



MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**İSTANBUL'UN FARKLI
HABİTATLARINDAN TOPLANAN
ÖKSÜRÜK OTU (*Tussilago farfara* L.)
POPULASYONLARININ GENETİK
ÇEŞİTLİLİKLERİNİN, AĞIR METAL VE
MİNERAL BESİN ELEMENT
MİKTARLARININ ARAŞTIRILMASI**

CANSU TETİK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Biyoloji Anabilim Dalı

DANIŞMAN

Dr. Öğretim Üyesi Zeki SEVEROĞLU

EŞ DANIŞMAN

Prof. Dr. İbrahim İlker ÖZYİĞİT

İSTANBUL, 2019



MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**İSTANBUL'UN FARKLI
HABİTATLARINDAN TOPLANAN
ÖKSÜRÜK OTU (*Tussilago farfara* L.)
POPULASYONLARININ GENETİK
ÇEŞİTLİLİKLERİNİN, AĞIR METAL VE
MİNERAL BESİN ELEMENT
MİKTARLARININ ARAŞTIRILMASI**

CANSU TETİK
(520116012)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Biyoloji Anabilim Dalı

DANIŞMAN
Dr. Öğretim Üyesi Zeki SEVEROĞLU

EŞ DANIŞMAN
Prof. Dr. İbrahim İlker ÖZYİĞİT

İSTANBUL, 2019

MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Öğrencisi Cansu TETİK'in "İstanbul'un Farklı Habitatlarından Toplanan öksürük otu (*Tussilago farfara* L.) Populasyonlarının Genetik Çeşitliliklerinin, Ağır Metal ve Mineral Besin Element Miktarlarının Araştırılması" başlıklı tez çalışması, 13.06.2019 tarihinde savunulmuş ve jüri üyeleri tarafından başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi Zeki SEVEROĞLU (Danışman)

Marmara Üniversitesi.....

Prof. Dr. İbrahim İlker ÖZYİĞİT (Eş Danışman)

Marmara Üniversitesi.....

Prof. Dr. Celal YARCI

(Üye)

Marmara Üniversitesi.....

Doç. Dr. Ertuğrul FİLİZ

(Üye)

Düzce Üniversitesi.....

Prof. Dr. Bahattin YALÇIN

(Üye)

Marmara Üniversitesi.....

ONAY

Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 26.06./2019.... tarih ve 20.9/13-03 sayılı kararı ile Cansu TETİK'in Biyoloji Anabilim Dalı Biyoloji Programında Yüksek Lisans derecesi alması onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Prof. Dr. Bülent EKİCİ

ÖNSÖZ / TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarımın yürütülmesi için olanak sağlayan ve yardımlarını esirgemeyen tez danışmanlarım sayın Dr. Öğretim Üyesi Zeki Severoğlu'na ve sayın Prof. Dr. İbrahim İlker Özyiğit'e teşekkürlerimi sunarım.

Analizlerin yapılmasında yardımcı olan Marmara Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü'nden Prof. Dr. Bahattin Yalçın'a ve bitki örneklerinin toplanmasında desteği olan Dr. Mustafa Keskin'e teşekkürlerimi sunarım.

Lisans ve yüksek lisans hayatım boyunca yanımda olan, tez çalışmalarımda çok emeği geçen dostum Gizem Lokumcu'ya, tez çalışmalarımda yardımcı olan arkadaşlarım Neşet Kaan Karahan'a, Bihter Uçar'a, Barış Gökalsın'a ve tez yazım sürecinde yardımcı olan Dr. Mehmet Emin Uras'a teşekkür ederim.

Yüksek lisans hayatım boyunca en büyük destekçim ve moral kaynağım Melih Erdoğan'ya tüm kalbimle teşekkür ederim.

Tüm hayatım boyunca her zaman yanımda olan, bu süreçte en büyük destekçilerim ve yardımcılarım annem Nazire Tetik'e ve babam İlhami Tetik'e tüm kalbimle teşekkür ederim.

Bu çalışma Marmara Üniversitesi BAPKO birimi tarafından bilimsel araştırma projesi olarak (FEN-C-YLP-120418-0167) desteklenmiş ve bazı verileri aşağıdaki kongrede poster sunum olarak sunulmuştur.

Cansu Tetik, İbrahim İlker Özyiğit, Zeki Severoğlu, Gizem Lokumcu, Neşet Kaan Karahan, Bihter Uçar, Bahattin Yalçın. İstanbul'un Farklı Habitatlarından Toplanan öksürük otu (*Tussilago farfara* L.) Bitkilerine Ait Populasyonların Mineral Element ve Ağır Metal Birikiminin Araştırılması. IMASCON Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi. Kocaeli, 26-28 Nisan, 2019

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ / TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
SEMBOLLER.....	vi
KISALTMALAR.....	viii
ŞEKİL LİSTESİ	x
TABLO LİSTESİ.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Asteraceae Familyası.....	3
1.2. <i>Tussilago farfara</i> L.	4
1.2.1. Sistematikteki yeri	5
1.2.2. Türkiye ve Dünya'daki dağılımı	5
1.2.3. Morfolojik özellikleri	6
1.2.4. Tıbbi kullanımı	8
1.3. Bitki Beslenmesi İçin Gerekli Olan Elementler	9
1.3.1. Makro elementler.....	10
1.3.1.1. Kalsiyum	10
1.3.1.2. Magnezyum	11
1.3.1.3. Potasyum.....	12
1.3.2. Mikro elementler	13
1.3.2.1. Bakır.....	13
1.3.2.2. Bor	14
1.3.2.3. Çinko.....	15
1.3.2.4. Demir	15
1.3.2.5. Manganez.....	16
1.4. Ağır Metaller	17
1.4.1. Ağır metal kaynakları	17
1.4.2. Ağır metallerin bitkiler ve insanlar üzerine etkileri.....	19
1.4.3. Kadmiyum	20

1.4.4. Kurşun	21
1.5. Daha Önceki Çalışmalar.....	21
1.6. Genetik Çeşitlilik.....	23
1.6.1. Belirteç tipleri	24
1.6.2. Moleküler belirteçler	25
1.6.2.1. Basit dizi tekrarları arası polimorfizm (ISSR)	26
2. MATERYAL ve YÖNTEM	29
2.1. Bitki Materyallerinin Toplanması	29
2.2. Nitrik Asit (HNO ₃) ile Yaş Yakma İşlemi	30
2.3. İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometresi (ICP-MS).....	35
2.4. DNA İzolasyonu.....	36
2.4.1. DNA izolasyonu için gerekli çözeltilerin hazırlanması.....	37
2.4.2. DNA izolasyon aşamaları	38
2.4.3. DNA konsantrasyonu ve kalitesinin belirlenmesi	40
2.5. PCR Uygulamaları	40
2.6. Agaroz Jel Elektroforezi.....	42
2.7. Veri Analizi	44
3. BULGULAR ve TARTIŞMA	45
3.1. Ağır Metal ve Mineral Besin Element Miktarları	45
3.2. Genetik Çeşitlilik.....	76
4. SONUÇLAR.....	83
KAYNAKLAR.....	87
ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

İSTANBUL’UN FARKLI HABİTATLARINDAN TOPLANAN ÖKSÜRÜK OTU (*Tussilago farfara* L.) POPULASYONLARININ GENETİK ÇEŞİTLİLİKLERİNİN, AĞIR METAL VE MİNERAL BESİN ELEMENT MİKTARLARININ ARAŞTIRILMASI

Bu çalışmada İstanbul’un farklı habitatlarından öksürük otu (*Tussilago farfara* L.) populasyonları toplanmıştır. Populasyonlardaki bireylerin çiçek ve yaprak kısımlarındaki ağır metal ve mineral besin element miktarları İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometresi (ICP-MS) cihazı kullanılarak analiz edilmiştir. Populasyonların genetik çeşitlilik ilişkileri ISSR moleküler belirteçleri kullanılarak belirlenmiştir. Tıbbi olarak kullanılan bitkinin tüketim güvenilirliğini ve populasyonlar arası genetik çeşitliliğini belirlemek amaçlanmıştır.

Ağır metal ve mineral besin elementleri analizi için bitki kısımları nitrik asit ile yaş yakma işlemi uygulanarak hazırlanmıştır. ICP-MS cihazı ile alüminyum (Al), antimon (Sb), arsenik (As), bakır (Cu), baryum (Ba), bor (B), çinko (Zn), demir (Fe), fosfor (P), kadmiyum (Cd), kalay (Sn), kalsiyum (Ca), kobalt (Co), krom (Cr), kurşun (Pb), magnezyum (Mg), manganez (Mn), mobilden (Mo), potasyum (K), selenyum (Se), sodyum (Na), stronsiyum (Sr), talyum (Tl), titanyum (Ti), uranyum (U), vanadyum (V) elementlerinin miktarları tespit edilmiştir. Genetik çeşitliliğin belirlenmesi için DNA izolasyonu CTAB metodu ile gerçekleştirilmiş, sonrasında standart moleküler yöntemler uygulanmıştır.

Sonuçlara göre bitki kısımlarında en fazla biriken ağır metal ve mineral besin element miktarları (en düşük ve en yüksek); Ca için 3567,230-13950,329 mg/kg, Cu için 6,169-43,167 µg/kg, Fe için 14,011-1257,518 µg/kg, K için 4029,041-12658,904 mg/kg, Mg için 822,711-1116,504 mg/kg, Mn için 6,206-26,244 µg/kg, P için 467,564-2483,519 µg/kg, Pb için 0,279-8,155 µg/kg ve Zn için 22,707-73,020 µg/kg. Genetik çeşitlilik sonuçlarına göre; polimorfik lokus sayısı 43 ve polimorfizm yüzdesi %63.24’tür.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF GENETIC DIVERSITY, HEAVY METAL AND MINERAL NUTRIENT QUANTITIES OF COLTSFOOT (*Tussilago farfara* L.) POPULATIONS COLLECTED FROM DIFFERENT HABITATS OF ISTANBUL

In this study, coltsfoot (*Tussilago farfara* L.) populations were collected from different habitats of Istanbul. The amount of heavy metal and mineral nutrients in the flower and leaf parts of the individuals in the populations were analyzed using Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS). Genetic diversity relationships of populations were determined by using ISSR molecular markers. It is aimed to determine the consumption reliability and genetic diversity among the populations of the plant used medicinally.

For mineral element and heavy metal analysis, plant parts were prepared by wet digestion with nitric acid process. The quantities of elements like aluminum (Al), antimony (Sb), arsenic (As), copper (Cu), barium (Ba), boron (B), zinc (Zn), iron (Fe), phosphorus (P), cadmium (Cd), tin (Sn), calcium (Ca), cobalt (Co), chromium (Cr), lead (Pb), magnesium (Mg), manganese (Mn), molybdenum (Mo), potassium (K), selenium (Se), sodium (Na), strontium (Sr), thallium (Tl), titanium (Ti), uranium (U), vanadium (V) were determined by ICP-MS. For the determination of genetic diversity, DNA isolation was performed by CTAB method and then standard molecular methods were applied.

According to the results, the most heavy metal and mineral nutrient amounts accumulated in the plant parts (lowest and highest) are; 3567,230-13950,329 mg/kg for Ca, 6,169-43,167 µg/kg for Cu, 14,011-1257,518 µg/kg for Fe, 4029,041-12658,904 mg/kg for K, 822,711-95 for Mg 1116,504 mg/kg, 6,206-26,244 µg/kg for Mn, 467,564-2483,519 µg/kg for P, 0.279-8,155 µg/kg for Pb and 22,707-73,020 µg/kg for Zn. According to the results of genetic diversity; the number of polymorphic loci is 43 and the percentage of polymorphism is 63.24%.

June, 2019

Cansu TETİK

SEMBOLLER

%	: Yüzde
µg	: Mikrogram
µl	: Mikrolitre
Al	: Alüminyum
As	: Arsenik
B	: Bor
Ba	: Baryum
bp	: Baz çifti
Ca	: Kalsiyum
Cd	: Kadmiyum
cm	: Santimetre
Co	: Kobalt
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
dk	: Dakika
Fe	: Demir
gr	: Gram
K	: Potasyum
kg	: Kilogram
L	: Litre
M	: Molar
Mg	: Magnezyum
mg	: Miligram
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
mM	: Milimolar
Mn	: Manganez
Mo	: Molibden
Na	: Sodyum
ng	: Nanogram

°C	: Santigrat derece
P	: Fosfor
Pb	: Kurşun
ppm	: Milyonda bir birim
rpm	: Dakikadaki devir sayısı
Sb	: Antimon
Se	: Selenyum
Sn	: Kalay
Sr	: Stronsiyum
Ti	: Titanyum
Tl	: Talyum
Tm	: Bağlanma sıcaklığı
U	: Uranyum
V	: Vanadyum
yy	: Yüzyıl
Zn	: Çinko

KISALTMALAR

ADP	: Adenozin difosfat
AFLP	: oğaltılmış Parça Uzunluğu Polimorfizmi
ATP	: Adenozin trifosfat
B(OH)₃	: Borik asit
C₄H₆O₄Ca	: Kalsiyum asetat
CH₃COOH	: Asetik asit
CTAB	: Setil trimetil amonyum bromür
DNA	: Deoksiribo nükleik asit
dNTP	: Deoksiribonükleosid trifosfat
EDTA	: Etilendiamin tetra asetik asit
ESTs	: İşaretili İfade Edilen Diziler
EtBr	: Etidyum bromür
H₂O₂	: Hidrojen peroksit
HNO₃	: Nitrik asit
ICP- MS	: İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometresi
ISSR	: Basit Dizi Tekrarları Arası Polimorfizm
L.	: Linnaeus
Lok	: Lokalite
MgCl₂	: Magnezyum klorür
NaCl	: Sodyum klorür
PAF	: Trombosit aktive edici faktör
PCoA	: Temel Koordinat Analizi
PCR	: Polimeraz Zincir Reaksiyonu
PVP	: Polivinilpirolidon
RAPD	: Rastgele oğaltılmış Polimorfik DNA
RFLP	: Restriksiyon Parça Uzunluk Polimorfizmi
RNA	: Ribo nükleik asit
SCAR	: Dizisi Karakterize Edilmiş oğaltılmış Bölgeler
SNP	: Tek Nükleotid Polimorfizmi
SSCP	: Tek Zincir Konformasyon Polimorfizmi

SSR	: Basit Dizilim DNA Tekrarları
STS	: Dizisi Etiketlenmiş Alanlar
Taq	: <i>Thermus aquaticus</i>
TBE	: Tris borate EDTA
Tris-HCl	: Tris (hidroksimetil) aminometan hidroklorür
TUBIVES	: Türkiye Bitkileri Veri Servisi
UPGMA	: Aritmetik Ortalama Kullanılarak Ağırlıksız Çift Grup Metodu
USDA ARS	: ABD Tarım Bakanlığı Tarımsal Araştırma Servisi
USDA GRIN	: ABD Tarım Bakanlığı Bitki Genetik Kaynaklar Sistemi
UV	: Ultra Viyole (Morötesi)
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 <i>Tussilago farfara</i> L.'nin Türkiye'deki dağılımı.....	6
Şekil 1.2 <i>Tussilago farfara</i> L. çiçek ve çiçek dalı görünümü.....	7
Şekil 1.3 <i>Tussilago farfara</i> L. tohum görünümü.....	7
Şekil 1.4 <i>Tussilago farfara</i> L. yaprak görünümü.....	8
Şekil 2.1 Bitkilerin toplandığı lokaliteler.....	30
Şekil 2.2 Bitki örneklerinin toplanması.....	30
Şekil 2.3 Yaş yakma işleminde kullanılan cihazlar (A) Elektro-mag etüv, model M6040P, (B) Shimadzu hassas terazi, model BL220H, (C) Nüve su banyosu, model NB9.....	31
Şekil 2.4 Örneklerin ayrı ayrı paketlenmesi ve etüvde kurutulması.....	32
Şekil 2.5 Örneklerin yaş yakma işlemine hazırlanması.....	32
Şekil 2.6 Örneklerin tartılması ve erlenmeyerlere konulması.....	33
Şekil 2.7 Örnekler nitrik asit (HNO ₃) eklenmesi.....	33
Şekil 2.8 Su banyosu işlemi.....	34
Şekil 2.9 Yaş yakma işlemi.....	34
Şekil 2.10 Süzme işlemi.....	35
Şekil 2.11 DNA izolasyonunda kullanılan cihazlar (A) ESCO, Lexicon II model -80 °C buzdolabı, (B) Sigma santrifüj cihazı, (C) Sigma soğutmalı santrifüj cihazı, (D) WiseMix vortex, VM-10 model, (E) OPTIZEN NanoQ spektrofotometre.....	37
Şekil 2.12 (A) Yaprak örneği, porselen havan ve tokmak, (B) Yaprakların tartılması, (C) Lizis solüsyonu ile yaprakların ezilmesi, (D) 1 ml örneğin mikrosantrifüj tüpüne konulması, (E) Su banyosunda inkübe edilmesi, (F) Kloroform eklenen örnekler, (G) Kloroform sonrası santrifüj, (H) Santrifüj sonrası oluşan iki faz.....	39
Şekil 2.13 (A) -20 °C'de bekletilen örnekler, (B) Etanol eklenerek santrifüjlenen örnekler, (C) Pellet halinde görünen DNA, (D) DNA'ların kurumaya bırakılması.....	40
Şekil 2.14 ESCO Aeris Termal Döngüleyici, model BG096.....	41
Şekil 2.15 Jel yükleme işlemi.....	43
Şekil 2.16 (A) Vilbert Lourmat Transillüminatör, Jel görüntüleme sistemi, (B) Cleaver Scientific omniPAC midi CS-300 V elektroforez cihazı.....	43
Şekil 3.1 Ortalama Al miktarı.....	46
Şekil 3.2 Ortalama Sb miktarı.....	47

Şekil 3.3 Ortalama As miktarı.....	48
Şekil 3.4 Ortalama Cu miktarı.....	49
Şekil 3.5 Ortalama Ba miktarı.....	50
Şekil 3.6 Ortalama B miktarı.....	52
Şekil 3.7 Ortalama Zn miktarı.....	53
Şekil 3.8 Ortalama Fe miktarı.....	54
Şekil 3.9 Ortalama P miktarı.....	55
Şekil 3.10 Ortalama Cd miktarı.....	56
Şekil 3.11 Ortalama Sn miktarı.....	57
Şekil 3.12 Ortalama Ca miktarı.....	59
Şekil 3.13 Ortalama Co miktarı.....	60
Şekil 3.14 Ortalama Cr miktarı.....	61
Şekil 3.15 Ortalama Pb miktarı.....	62
Şekil 3.16 Ortalama Mg miktarı.....	64
Şekil 3.17 Ortalama Mn miktarı.....	65
Şekil 3.18 Ortalama Mo miktarı.....	66
Şekil 3.19 Ortalama K miktarı.....	67
Şekil 3.20 Ortalama Se miktarı.....	68
Şekil 3.21 Ortalama Na miktarı.....	69
Şekil 3.22 Ortalama Sr miktarı.....	71
Şekil 3.23 Ortalama Tl miktarı.....	72
Şekil 3.24 Ortalama Ti miktarı.....	73
Şekil 3.25 Ortalama U miktarı.....	74
Şekil 3.26 Ortalama V miktarı.....	75
Şekil 3.27 ISSR UBC 812 primeri ile elde edilen bantların elektroforez işlemi sonrasında elde edilen agaroz jel görüntüsü	77
Şekil 3.28 ISSR verilerinden Nei (1978)'e göre UPGMA metodu ile elde edilen popülasyonlar arası genetik uzaklığa dayalı dendrogram.....	81
Şekil 3.29 ISSR verileri kullanılarak MVSP yazılımı ile elde edilen Temel Koordinat Analizi (PCoA) sonuçları	81

TABLO LİSTESİ

Tablo 1.1 <i>Tussilago farfara</i> L. 'nın sistematığı.....	5
Tablo 1.2 Bitkiler için gerekli makro besin elementleri.....	10
Tablo 1.3 Bitkiler için gerekli mikro besin elementlerinden bazıları.....	13
Tablo 2.1 Bitki örneklerinin toplandığı lokaliteler ve bazı bilgiler.....	29
Tablo 2.2 Kullanılan ISSR primerleri.....	41
Tablo 3.1 ISSR primerlerinin oluşturdukları bant sayıları ve büyüklükleri.....	76
Tablo 3.2 Tüm lokusları kapsayan ISSR bant verilerinin genetik çeşitlilik istatistik verileri.....	77
Tablo 3.3 ISSR bant verilerinin popülasyonlara göre genetik çeşitlilik istatistik verileri.....	78
Tablo 3.4 ISSR verilerinin Nei (1978)'e göre popülasyonlar arası genetik benzerlik (üst) ve genetik uzaklık (alt) değerleri.....	80

1. GİRİŞ

Bitkiler insanlar için her daim besin, ilaç ham maddesi ve çoğu alanda temel kaynak olmuştur (Campbell ve Reece, 2010). İlk çağlardan kalan bulgulara göre, insanlar bitkilerden öncelikle gıda kaynağı olarak ve hastalıklarını tedavi etmek amacıyla faydalanmıştır (Koçyiğit, 2005). Mezopotamya Uygarlığı, Hititler ve Mısır Uygarlığı'ndan kalma tabletler ve papirüslerde bitkisel tedavi yöntemlerinin yer aldığı görülmekte ve bitkilerin çok eskilerden beri tıbbi olarak kullanıldığı anlaşılmaktadır (Faydaoğlu ve Sürücüoğlu, 2011).

'Bitkilerle tedavi' anlamına gelen 'fitoterapi' bilim dalı haline gelmiş ve yerel halkın tedavilerinde kullandığı bitkiler bilimsel olarak değerlendirilmeye başlanmıştır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Dünya nüfusunun %80'inin bitkilerle tedavi yöntemlerini kullandığını belirtmiştir. Ayrıca gelişmiş ülkelerde reçeteli ilaçların %25'inin bitkisel kökenli olduğu bilinmektedir (Faydaoğlu ve Sürücüoğlu, 2011).

Bitkiler, insanların yaşamı boyunca ihtiyaç duyduğu karbonhidrat, protein ve yağların yani primer metabolitlerin temel kaynağıdır. Primer metabolitlerin yanında, sekonder metabolitler adı verilen birçok benzersiz molekül bitkiler tarafından üretilir. Alkaloidler, terpenler, taninler ve flavonoidler sekonder metabolitlere örnek olarak verilebilir (Faydaoğlu ve Sürücüoğlu, 2011). Sekonder metabolitler endüstride en temel ürünler olmakla birlikte tıp, kimya, gıda, sanayi ve kozmetik gibi birçok alanda kullanılırlar. Örneğin bitkilerden elde edilen atropin, mentol, morfin, kinin gibi bileşikler önemli ilaçların bileşenleridir (Rao ve Ravishankar, 2002; Campbell ve Reece, 2010).

Türkiye florası 174 familyaya ait 1251 cins ve 12.000'den fazla tür ile oldukça zengindir. Türkiye'de yetişen tıbbi bitkilerin sayısı 500 ve civarı olarak tahmin edilmekte, yaklaşık 200 tıbbi bitkinin ticari potansiyeli olduğu bilinmektedir (Kendir ve Güvenç, 2010).

Tussilago farfara L., diğer adıyla öksürük otu, Asteraceae familyası üyesi, dünyada tıbbi bitki olarak kullanılmakta olan, ülkemiz florasında da geniş yayılım gösteren bir bitkidir. Bitki içerdiği alkaloidler, flavonoidler, asitler ve diğer bileşenlerce zengindir (Barnes ve ark., 2007). Yüzyıllardır öksürük ve diğer solunum yolu hastalıkları gibi çeşitli hastalıkların tedavilerinde kullanılmakta, anti inflamatuvar, antibakteriyel, yatıştırıcı ve

balgam söktürücü etkilerinden yararlanılmaktadır (Cao ve ark., 2016). Ülkemizde yerel halk tarafından bilinen ve tüketilen bir bitki olup aktarlarda da satılmaktadır.

Bitkilerin yaşam döngüsünü tamamlayabilmesi için 16 tane mutlak gerekli besin elementi vardır. Bunlar; karbon (C), hidrojen (H), oksijen (O), azot (N), magnezyum (Mg), kükürt (S), fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), bor (B), klor (Cl), demir (Fe), manganez (Mn), bakır (Cu), çinko (Zn) ve molibden (Mo) dir. Bitkiler C, H ve O dışındaki besin elementlerini yetiştikleri topraktan alır (Campbell ve Reece, 2010; Graham ve ark., 2008). Bu besin elementlerinden bazıları (Cu, Fe, Mn, Mo ve Zn) bitkiler için faydalı ve gerekli olmalarının yanında, yüksek konsantrasyonlarda toksik (zararlı) olabilmektedirler. Endüstri faaliyetleri, gittikçe artan sanayileşme, araç emisyonu gibi antropojenik kaynaklardan çevreye cıva (Hg), kadmiyum (Cd), kurşun (Pb) ve talyum (Tl) gibi toksik ağır metaller yayılmakta ve bitkiler topraktan veya havadan aldıkları bu ağır metalleri bünyelerinde biriktirmektedir. Bu ağır metaller bitki bünyesi için gerekli olmayıp bitki ve insan sağlığı için tehlikeli sonuçlar doğurabilmektedir (Haktanır ve Arcaç, 1998). Ağır metaller bitki bünyesinde diğer besin elementlerinin seviyelerini ve birçok biyokimyasal olayı değiştirmektedir. Bitkiler, onlarla beslenen hayvan ve insanlara besin zinciri yoluyla zararlı maddeleri geçirebilmektedir. Ağır metaller insanlar için toksik, nörotoksik, mutajen ve kanserojen olabilir (Duruibe ve ark., 2007).

Bitkilerin primer ve sekonder metabolit içeriklerinin belirlenmesinin yanında son yıllarda ülkemizde ve Dünya’da tıbbi bitkilerin mineral element ve ağır metal içeriklerinin araştırılması da gittikçe artmaktadır (Gürel, 2014).

Genetik çeşitlilik, bir türün genlerindeki allellerin farklı DNA dizisine sahip olması ile ortaya çıkmaktadır. Populasyonlar arası genetik çeşitliliğin ortaya çıkmasında, bir genin populasyonlarda bulunma sıklığı ve kombinasyonları etkilidir. Genetik çeşitlilik türlerin değişen çevre koşullarına uyum sağlaması ve hayatta kalması için gereklidir (Hilooğlu, 2012). Tür içi, populasyon içi ve populasyonlar arası genetik çeşitliliğin belirlenmesinde birçok moleküler işaretleyici yöntemi kullanılmaktadır (Hilooğlu, 2012).

Birçok kullanım alanı olan, tıbbi ve ekonomik öneme sahip *T. farfara* bitkisi ile ilgili çalışmalar oldukça kısıtlıdır. Bu çalışmada, İstanbul’un farklı habitatlarından toplanan *T. farfara* populasyonlarının ağır metal ve mineral besin element (Al, As, B, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, P, Pb, Sb, Se, Sn, Sr, Ti, Tl, U, V, Zn) miktarlarının

belirlenerek, bitkinin tüketim güvenilirliğine ışık tutulması amaçlanmıştır. Ayrıca literatürde *T. farfara* tür içi genetik çeşitliliği çalışmalarının son derece kısıtlı olduğu görülmüştür. ISSR moleküler belirteçleri kullanılarak yapılan bu çalışma ile popülasyonlar arası genetik çeşitlilik seviyelerinin ortaya konması amaçlanmıştır.

1.1. Asteraceae Familyası

Asteraceae (diğer adıyla Compositae), Türkçe ismiyle “papatyagiller” familyası, yaklaşık 1911 cins ve 32913 türe sahip olan en büyük çiçekli bitki familyasıdır (Anonim, 1). Dünya üzerinde geniş bir dağılım gösteren familya, Antarktik bölge hariç, Amerika Birleşik Devleti’nin güneybatısı, Meksika, Brezilya’nın güneyi, Güney Afrika, Orta ve Güneybatı Asya ve Avustralya’da yaygın olarak bulunur. Asteraceae familyasının filogenetik açıdan coğrafik merkezinin Güney Amerika olduğu söylenmektedir (Bremer, 1994). Türkiye florasında tür sayısı bakımından ilk sırada yer alan Asteraceae familyasına ait toplam 1209 tür kaydedilmiştir. Bu türlerin 447’si endemiktir ve endemizm oranı %37’dir. 134 cinsi ile cins sayısı bakımından Türkiye florasının ikinci büyük familyasıdır (Davis ve ark., 1988; Özhatay ve Kùltür, 2006).

“Aster” kelimesi Eski Yunanca’da “yıldız” anlamına gelmektedir. Familya, yıldız şeklinde çiçekleri olan *Aster* türünden dolayı bu adı almıştır. Familyanın diğer ismi “kompozit (bileşim)” anlamına gelen “Compositae” dir. Familyadaki türlerin sahip olduğu karakteristik çiçek durumu bu isimle de anılmasını sağlamıştır (Anonim, 2).

Asteraceae, tek, iki veya çok yıllık otsu ya da çalimsı, nadiren ağaç şeklinde, dokuları latisiferli ya da latisifersiz türlere sahip bir familyadır. Yapraklar alternat bazen oppozit, nadiren dairesel, stipülsüz veya nadiren stipüllüdür. Yaprak ayası düz ve tam, dişli, loblu veya bileşiktir. Çiçekler familyanın karakteristik özelliklerinden olan “kapitulum” denilen çiçek durumundadır. Her kapitulum bir çiçek tablasından çıkan birçok sapsız küçük çiçek ve bunların fillari olarak adlandırılan brakteler ile sarılmasıyla oluşur. Kapitulumdaki tüm çiçekler iki eşeyli veya kenardaki çiçekler dişi ya da erkek, içtekiler iki eşeyli şekilde olabilir. Bazı türlerde kapitulumlar tek eşeylidir. Çiçekler iki eşeyli veya tek eşeyli, aktinomorf veya zigomorf simetrilidir. Çiçekler iki esas tipe ayrılır; tubular (tüpsü) ve ligulat (dilsı). Çanak yaprakları yaprak şeklinde değil, tüy veya pul şeklini alarak “papus” şeklinde gelişirler. Kaliks ovaryumun ucunda papus şeklindedir veya yoktur. Korolla 5 gamopetalden meydana gelir. Stamenler 5 adet, ovaryum alt durumlu,

2 karpelli ve tek tohum taslaklıdır. Meyve aken tipidir (Cronquist, 1955; Davis ve Grierson, 1975; Karamanoğlu, 1977).

Bu familyaya ait türlerin çiçek başları çok çeşitlidir. Bu çeşitlilik familyanın bitkileri arasında ciddi bir morfolojik çeşitlilik ortaya çıkarmaktadır (Bohm ve Stuessy, 2001).

Familya özellikle tıbbi bitkiler olarak kullanılan türleriyle ön plana çıkmaktadır. Birçok üyesi antilösemik, antimikrobiyal, anti inflamatuvar, antifungal, antibiyotik özellik taşımaktadır. Asteraceae familyası üyelerinden içerdikleri uçucu yağ, inülin, lateks, sabit yağ, seskiterpen, laktonlar, alkaloidler ve flavonoidler gibi bileşikler sayesinde birçok alanda faydalanılmaktadır. Familya bitkileri tıp, gıda, sanayi, kozmetik, eczacılık başta olmak üzere birçok alanda kullanılmaktadır (Baytop, 1991; Milan ve ark., 2006).

1.2. *Tussilago farfara* L.

Tussilago farfara L. rizom köklü, perennial (çok yıllık), 5-50 cm uzunluğunda otsu ve çiçekli bir bitkidir (Gleason ve Cronquist, 1991). Bitkinin cins ismi *tussilago*, Latince öksürük anlamına gelen *tussis* ve hareket etmek anlamına gelen *ago* kelimelerinin birleşmesi ile oluşmuştur. *Tussilago* Latince “öksürük önleyici” anlamına gelmektedir. “*farfara*” adının ise, yaprak şekillerinin benzerliğinden dolayı beyaz kavağın eski isimlerinden olan *farfarus*’tan geldiği iddia edilmektedir. Bitki, yapraklarından önce çiçeklerinin ortaya çıkmasından dolayı “babadan önce oğlu” anlamına gelen Latince “*filius ante patrem*” sözü ile de tanınır (Anonim, 3).

Bitkinin Türkçe en yaygın ismi “öksürük otu” dur. Farklı yörelerde “aslan pençesi”, “kavalak”, “kabalak”, “sulandık otu” ve “farfara otu” olarak da bilinir (Özer ve ark., 2001). Diğer dillerdeki yaygın isimleri ise; İngilizce “Coltsfoot”, “Coughwort”, “Foalfoot”, “Hallfoot”, “Horsefoot”, Fransızca “Tussilage”, Almanca “Huflattich”, Çince “Kuan Dong” dur (Anonim, 4).

Optimum pH isteği 6-8 (Özer ve ark., 2001) olan *T. farfara*, ormanlar ve ağaçlık alanlarda, sulak ve tarıma elverişli alanlarda, nehir ve göllerin kıyı şeritlerinde yaygın görülür. Nemli, killi, tınlı, kireçli birçok toprakta yetişir. Ayrıca yol kenarları ve demiryolu arazilerinde yaşar (Innes, 2011).

Bileşence zengin olan *T. farfara* içeriğindeki şöyle sıralanabilir:

- Asitler; kafeik asit, kaftarik asit, ferulik asit, gallik asit, p-hidroksibenzoik asit, tanik asit, malik asit, tartarik asit
- Alkaloitler; pirolizidin tip (senkirkin ve senesionin), tussilagin
- Karbonhidratlar; müsilaaj, çeşitli şekerler (ör; arabinoz, galaktoz, glikoz ve ksiloz) ve inülin
- Flavanoidler; flavonoller ve bunların glikozitleri
- Diğer bileşenler; Bitter (glikozit), kolin, parafin, fitosteroller, triterpen, tussilagon (seskiterpen) ve uçucu yağlar (Barnes ve ark., 2007).

1.2.1. Sistematikteki yeri

İstanbul'daki farklı lokalitelerden toplayarak incelediğimiz Asteraceae familyası üyesi *Tussilago farfara* L. türünün sistematikteki yeri Tablo 1.1'de verilmiştir.

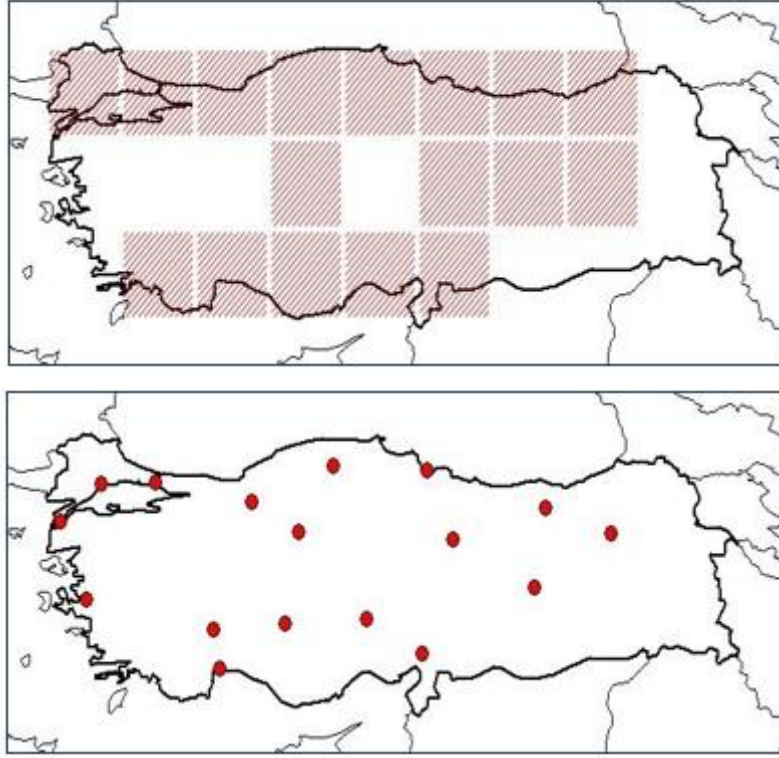
Tablo 1.1 *Tussilago farfara* L. 'nın sistematigi (TUBIVES, 2019)

Alem: Plantae
Alt Alem: Tracheobionta
Şube: Magnoliophyta
Sınıf: Magnoliopsida
Alt Sınıf: Asteridae
Takım: Asterales
Familya: Asteraceae
Cins: <i>Tussilago</i> L.
Tür: <i>Tussilago farfara</i> L.

1.2.2. Türkiye ve Dünya'daki dağılımı

USDA GRIN veritabanına (USDA ARS, 2019) göre; *T. farfara* Kuzey Afrika, Asya ve Avrupa'nın bazı bölgelerine özgüdür. Veritabanına göre, bitki yayılım gösterdiği Afrika, Amerika, Asya ve Avrupa'da birçok ülkede doğal olarak yetişmektedir.

Şekil 1.1'de görüldüğü gibi *T. farfara* Türkiye florasında A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, B4, B6, B7, B8, C2, C3, C4, C5, C6 karelerinde ve Osmaniye, Bolu, İstanbul, Kastamonu, Ankara, Antalya, Çanakkale, Elâzığ, Erzurum, Gümüşhane, Isparta, İzmir, Konya, Niğde, Samsun, Sivas, Tekirdağ şehirlerinde yaygın olarak görülmektedir.



Şekil 1.1 *Tussilago farfara* L.'nin Türkiye'deki dağılımı (TUBIVES,2019)

1.2.3. Morfolojik özellikleri

Bitkinin çiçek durumu kapitulumdur (Anonim, 5). Bir çiçek kafası verimsiz 3-80 diskli çiçek ve birkaç sıra verimli 150-500 ışın çiçeğinden oluşmaktadır (Bakker, 1960). Çiçek başları 2,54–3,18 cm genişliğindedir ve dalların üstünde tek başlarına bulunurlar (Gleason ve Cronquist, 1991; Magee ve Ahles, 2007). Çiçekler yapraklardan önce, bölgeden bölgeye değişmekle birlikte Şubat-Nisan aylarında ortaya çıkarlar (Özer ve ark., 2001). Çiçekli dallar tüyler ve pullu braktelerle kaplıdır. Birkaç çiçekli dal bir kök taçtan oluşur. Çiçekli dallar başlangıçta 5-15 cm uzunluğunda iken çiçekler olgunlaştığında 30-51 cm uzunluğuna erişmiş olurlar (Cardina ve ark., 2003).



Şekil 1.2 *Tussilago farfara* L. çiçek ve çiçek dalı görünümü

Tohumları küçük beyaz papus şeklinde ve aken tipidir (Harris ve Harris, 2001). Meyveler tek tohumlu, 2,5-4 mm uzunluğunda, 0,3-0,5 mm genişliğinde, uzun ve silindirik formdadır. Papus'u 10-15 mm uzunluğunda ve narindir (Özer ve ark., 2001).



Şekil 1.3 *Tussilago farfara* L. tohum görünümü

Yapraklar çiçeklerin olgunlaşmasından sonra ortaya çıkarlar. Yaprak tipi basit yaprak, şekli kordat (kalp şeklinde), yaprak kenarı şekli biserrate ve yaprak damarlanma şekli palmattır. Yapraklar 5-20 cm büyüklüğündedir ve uzun sapları vardır (Cardina ve ark., 2003; Gleason ve Cronquist, 1991).



Şekil 1.4. *Tussilago farfara* L. yaprak görünümü

Genç yapraklar ağsı tüylerle kaplıdır. Bitki uzun ve sürünücü rizom köklere sahiptir (Griffiths, 1994; Chen ve Nordenstam, 2011). Rizomlar dallanııcıdır ve saçak kökleri vardır (Barkley, 2006). Bitkinin yayılan rizomlarıyla yaptığı vejetatif büyüme tanımlanmıştır (Namura-Ochalska, 1993).

1.2.4. Tıbbi kullanımı

T. farfara Geleneksel Çin Tıbbı'nda yüzyıllardır tıbbi bitki olarak kullanılmaktadır. Avrupa'da göğüs hastalıklarını tedavi etmek için kullanılan en yaygın bitkilerdendir. Çin'de çiçekli gövdelerinin, Avrupa'da yapraklarının kullanımı yaygındır. Çiçekli gövde ve yaprakları başlıca kullanılan aksamlarıdır (Chevallier, 1996).

T. farfara yaygın olarak öksürük ve diğer solunum yolu hastalıklarının giderilmesinde, balgam söktürücü ve anti inflamatuvar (iltihap söktürücü) olarak kullanılır (Cao ve ark., 2016). Özellikle bronşit, larenjit, boğmaca, grip, akciğer tıkanıklığı ve astıma karşı kullanılır. İçeriğindeki müsilajın yatıştırıcı etkisinden dolayı boğaz ağrılarını dindirmek için de kullanılmaktadır. Bitkinin anti bakteriyel ve anti inflamatuvar etkisinden dolayı yaprakları lapa haline getirilerek yaralar, yanıklar, yaralanmalar ve göz iltihabı gibi birçok tedavi için kullanılır (Nedelcheva ve ark., 2015). Çiçek lapaları ise egzama, ülser, ısırik ve iltihaplanma gibi cilt rahatsızlıklarında kullanılmaktadır (Chiej, 1984; Bown, 1995).

Hwang ve ark. (1987), yaptıkları çalışmada *T. farfara* tomurcuklarından L-652,469 adı verilen bir bileşik izole etmişlerdir. Bu bileşiğin trombosit aktive edici faktör (PAF) antagonisti ve bir kalsiyum kanalı engelleyicisi olduğu bulunmuştur. PAF kronik astımda

yer alan bir bileşendir ve PAF antagonistleri (zıt etki yapan madde) astım hastalığının tedavisi için klinik olarak değerlendirilmektedir. Öksürük otundan PAF antagonistlerinin izole edilmesi, solunum yolu hastalıklarının geleneksel tedavisinde bu bitkinin kullanımının uygun olabileceğinin doğruladığını ifade edilmiştir (Hwang ve ark., 1987).

Li ve Wang (1988), yaptıkları çalışmada *T. farfara* özütünden izole edilen tussilagone isimli maddenin güçlü solunum ve kardiyovasküler uyarıcı etkileri olduğunu tespit etmişlerdir. Bitkinin yapraklarında da müsilaj ve acı bileşiklerin bulunduğunu belirtmişlerdir (Li ve Wang, 1988). Başka bir çalışmada, bronşiyal astım hastası olan hastaların öksürük otu ile tedavisinden sonra %75'inin bir miktar iyileşme gösterdiği gözlemlenmiştir (Chevallier, 1996).

Bitki kullanım amacına uygun olarak kurutulmuş, tentür, ekstrakt veya şurup halinde tüketilebilir (Barnes, 2007). Genellikle çiçek ve yaprakları toplanıp kurutulduktan sonra, kaynar suda demlenerek çay halinde tüketilir. Balla tatlandırılarak tüketilmesi yaygındır. Çiğ veya pişmiş yaprakları yemek olarak veya salatalara konularak tüketilmektedir. Ayrıca ülkemizde turşu şeklinde yemeklerin yanında tüketildiği de bilinmektedir (Ceylan, 2013).

Bitkinin içeriğindeki pirolizidin alkaloidleri karaciğer için toksiktir ancak bitki haşlandığında, alkaloidler büyük oranda etkisiz hale gelirler. Bitkinin kullanımında dikkatli olunması önerilir. Çiçekler profesyonel gözetim altında kullanılmalı ve yapraklar 4-6 haftadan uzun süre sürekli olarak kullanılmamalıdır. Öksürük otunun, meyankökü, kekik ve yabani kiraz ile kullanıldığında daha etkili olduğu bilinmektedir (Chevallier, 1996).

1.3. Bitki Beslenmesi İçin Gerekli Olan Elementler

“Bitki besin elementleri”, bitkilerin gelişimlerini devam ettirebilmeleri için gerekli elementlerdir. Bitkilerde mevcut 50'den fazla element tanımlanmıştır fakat bunların tümü mutlak gerekli değildir. Bitkilerin yaşam döngüsünü tamamlayabilmesi için 16 tane mutlak gerekli besin elementi vardır. Bunlar; karbon (C), hidrojen (H), oksijen (O), azot (N), magnezyum (Mg), kükürt (S), fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), bor (B), klor (Cl), demir (Fe), manganez (Mn), bakır (Cu), çinko (Zn) ve molibden (Mo) dir (Campbell ve Reece, 2010; Graham ve ark., 2008). Mutlak gerekli besin elementleri, yeri

doldurulamayan, gereken miktarlarda bulunmadığında bitki yaşamının son bulduğu elementlerdir (Bolat ve Kara, 2017).

Makro ve mikro elementler, klorofil sentezi, fotosentez, redoks reaksiyonları ve azot fiksasyonu gibi bitkilerin birçok fizyolojik ve biyokimyasal reaksiyonlarında önemli rollere sahiptir (Singh ve ark., 2016).

Bitkiler C, H ve O'ı havadan ve sudan alırlar. Bu 3 elementin mineral olmayan besin elementleri olduğu düşünülmektedir (Bolat ve Kara, 2017). Bitkiler diğer 13 elementi ise kökleri vasıtasıyla topraktan alır (Campbell ve Reece, 2010).

1.3.1. Makro elementler

Mutlak gerekli elementlerden 9 tanesi (H, C, O, N, Mg, P, S, K, Ca) bitkiler tarafından daha fazla miktarda ihtiyaç duyulur ve makro besin elementleri olarak adlandırılır.

Tablo 1.2 Bitkiler için gerekli makro besin elementleri (Graham ve ark., 2008; Campbell ve Reece, 2010)

Makro besin elementleri	Atom numarası	Nereden alındığı	Bitkiler tarafından kullanılabilir formu
Hidrojen (H)	1	Su	H ₂ O ⁺
Karbon (C)	6	Hava	CO ₂
Oksijen (O)	8	Su ve hava	CO ₂
Azot (N)	7	Toprak	NO ₃ ²⁻ , NH ₄ ¹⁺
Magnezyum (Mg)	12	Toprak	Mg ²⁺
Fosfor (P)	15	Toprak	H ₂ PO ₄ ⁻ , HPO ₄ ²⁻
Kükürt (S)	16	Toprak	SO ₄ ²⁻
Potasyum (K)	19	Toprak	K ⁺
Kalsiyum (Ca)	20	Toprak	Ca ²⁺

Aşağıda bu çalışmada analiz edilmiş olan makro elementler hakkında çeşitli bilgiler verilmiştir.

1.3.1.1. Kalsiyum

Kalsiyum, bitki büyümesi ve gelişmesi için mutlak gerekli makro besin elementlerinden biri olup, %3,6 oranında, yer kabuğunda en fazla bulunan beşinci elementtir. Yer kabuğunda serbest halde bulunmaz, sülfat, silikat, karbonat ve fosfat bileşikleri halinde bulunur. Ca bitkilerde daha çok pektatlar şeklinde ve hücre duvarında yer almaktadır. Esas görevi hücre duvarlarının ve bitki dokularının güçlendirilmesi ve korunmasıdır.

Ayrıca meyve oluşumu, gelişimi ve kalitesi üzerinde, hücre büyüme ve gelişmesinde, dokuların stabilizasyonunda ve hücre içi haberleşmede görevlidir (Marschner, 1995; Kaçar ve Katkat, 2007).

Ca, bitki kökleri tarafından toprak çözeltisinden Ca^{+2} iyonu şeklinde alınır ve ksilem aracılığıyla sürgünlere iletilir (White ve Broadley, 2003). Kökün iyi gelişmesi ve kök tüyleri, başta Ca olmak üzere mineral elementlerin alımında kolaylık sağlamaktadır. İyi gelişmemiş bir kök Ca alımını engeller ve eksikliğine neden olur. Kalsiyumun bitkiler tarafından alımı ve taşınmasındaki bir diğer faktör sudur. Yalnızca suyun olduğu ortamlarda kalsiyumun kök etki alanına ulaşması gerçekleşir ve kökler tarafından alınan Ca, yine su etkisi ile bitki bünyesinde taşınır. Dolayısıyla su hareketinin olmadığı ve transpirasyonun az olduğu koşullarda, bitkilerde Ca eksikliği meydana gelmektedir (Kaçar ve Katkat, 2007).

Ca eksikliğinde bitki dokularında poligalakturonaz birikir ve Ca-pektatların parçalanmasına neden olur. Böylelikle hücre duvarları parçalanır ve dokular zarar görür. Etkiler daha çok yaprak ayasında ve gövdenin üst kısımlarında görülmektedir (Budak ve Erdal, 2016).

Ca miktarı az olan topraklarda elde edilen ürün miktarı ve ürünlerdeki protein içeriği çok düşüktür. Bitkilerde Ca eksikliği, meristem dokuların büyümesini, tomurcukların ve köklerin büyüme uçlarındaki gelişmeyi engelleyerek bitkinin gelişimini durdurur. Genç yapraklarda şekil ve renk bozuklukları görülür. Yapraklarda siyah ve kahverengi nekrotik lekeler oluşur, kırılgan bir yapıya dönüşür ve sonunda yaprak ölümü gerçekleşir (Bolat ve Kara, 2017).

Topraklarda fazla Ca bulunması durumunda bitkiler tarafından diğer besin elementlerinden bazılarının alınımı engellenmektedir (Bolat ve Kara, 2017).

1.3.1.2. Magnezyum

Magnezyum yer kabuğunda en çok bulunan sekizinci elementtir ve bitkilerin hayatını devam ettirmesi için gerekli makro besin elementlerinden biridir (Tripathi ve ark., 2014).

Magnezyumun temel görevi, klorofilin merkezinde yer alması ve fotosentezdeki rolüdür. Mg bitkinin ışık enerjisi emilimini, bu enerjinin depolanmasını ve gerekli işlemlerde kullanılmasını sağlar. Bitkide protein sentezi reaksiyonlarının gerçekleşmesi, RNA

oluşumu, solunum enzimlerinin aktivasyonu, fosfolipit sentezi ve karbonhidrat metabolizmasında görev alır. Enzim ve ADP molekülü arasında köprü kuran Mg elementi ATP sentezinde mutlak gereklidir (Wilkinson ve ark., 1990).

Mg bitki kökleri tarafından toprak çözeltisinden Mg^{+2} iyonları şeklinde alınır ve bitki bünyesinde taşınır. Bitkilerin yaprak ve tohumlarında diğer kısımlara göre daha fazla miktarda bulunduğu bilinmektedir. Mobil bir element olan Mg, eksikliğinde yaşlı yapraklardan genç yapraklara taşınır ve eksiklik belirtileri ilk önce yaşlı yapraklarda görülür. Görülen belirtiler genellikle kloroz ve nekrozdur. Mg eksikliğinde fotosentez ve protein sentezi azalır, azot birikimi görülür (Wilkinson ve ark., 1990).

Magnezyum ısı iletkenliğinin ve boyutsal kararlılığının yüksek olması, iyi işlenebilmesi ve kolay geri dönüştürülebilmesi gibi özelliklere sahiptir. Bu özellikleri dolayısıyla otomotiv, havacılık, bilgisayar ve telefonlar gibi birçok alanda kullanılmaktadır (Öztürk ve Kaçar, 2012).

1.3.1.3. Potasyum

Alkali metal olan potasyum, bitki beslenmesi ve gelişmesi için gerekli makro besin elementlerinden biridir. Bitkilerde osmotik basınç denetimi, anyon/kasyon dengesi, enzim aktivasyonu ve membran taşıma süreçleri gibi birçok fizyolojik olayda görev alır (Clarkson ve Hanson, 1980). Bitkilerde yeterli miktarda K bulunması, bitkinin su dengesinin sağlanmasını, tuz ve kuraklık gibi faktörlere dayanıklılığını artırır (Wang ve Wu, 2017).

Bitkiler tarafından topraktan kökleri ile K^{+1} iyonu şeklinde alınır. Azottan sonra en fazla alınan ikinci elementtir. Bitki bünyesinde K^{+1} taşınımı çok sayıda ki K^{+1} kanalları ve taşıyıcıları ile kolay bir şekilde gerçekleşir (Wang ve Wu, 2017).

K, tohumların olgunlaşması, kök sisteminin gelişimi, bitkilerin hastalıklara karşı direncinin artırılması, stoma mekanizmasının ve turgorun düzenlenmesi, klorofil oluşumu gibi birçok süreçte görev almaktadır (Bolat ve Kara, 2017).

K, mobil (hareketli) bir elementtir. Yaşlı yapraklardan genç yapraklara taşınır. K eksikliğinde öncelikle yaşlı yapraklar etkilenir. Bitki büyümesinin durması, kloroz ve nekrozlar eksikliğin ilk semptomlarıdır. Eksiklik devam ettikçe nekroz tüm yaprağa yayılır (Taiz ve Zeiger, 2002). Turgor basıncının düşmesi, kuraklığa direncin azalması,

ksilem ve floem dokularının oluşumunun engellenmesi görülen diğer belirtilerdir (Bolat ve Kara, 2017).

1.3.2. Mikro elementler

Mutlak gerekli 7 elemente (B, Cl, Mn, Fe, Cu, Zn, Mo) bitkiler tarafından çok az miktarda ihtiyaç duyulmalarından dolayı mikro besin elementleri veya eser elementler adı verilmiştir. Makro elementlere göre bitki bünyesinde daha düşük konsantrasyonlarda bulunurlar. Bitkilerde başlıca enzim kofaktörleri olarak işlev görürler.

Tablo 1.3 Bitkiler için gerekli mikro besin elementlerinden bazıları (Graham ve ark., 2008; Campbell ve Reece, 2010)

Mikro besin elementleri	Atom numarası	Nereden alındığı	Bitkiler tarafından kullanılabilir formu
Bor (B)	5	Toprak	$H_2BO_3^-$
Klor (Cl)	17	Toprak	Cl^-
Manganez (Mn)	25	Toprak	Mn^{2+}
Demir (Fe)	26	Toprak	Fe^{3+} , Fe^{2+}
Bakır (Cu)	29	Toprak	Cu^+ , Cu^{2+}
Çinko (Zn)	30	Toprak	Zn^{+2}
Molibden (Mo)	42	Toprak	MoO_4^{2-}

Aşağıda bu çalışmada analiz edilen bazı mikro elementler hakkında bilgiler verilmiştir.

1.3.2.1. Bakır

Bakır klorofil üretimi, protein sentezi ve solunum için bitkilerin ihtiyaç duyduğu bir mikro besin elementidir. Ancak Cu fazlalığı bitkiler ve insanlar için toksik etkili olabilir. Cu fazlalığı veya eksikliği, bitki büyüme ve gelişmesini engeller. Cu, karbon ve azot metabolizması, elektron taşınması, oksidatif reaksiyonlar, solunum, hücre duvarı metabolizması gibi birçok işlemde görevlidir ve düzenleyici proteinlerin yapısında bulunur (Yruela, 2005; Hänsch ve Mendel, 2009). Organik moleküller ve vitaminlerle bileşik yapması, enzimlerin yapısına katılması, ksilem borularının geçirgenliğini artırması, DNA ve RNA üretimini kontrol etmesi ve direnç mekanizmasında rol oynaması bakırın bilinen diğer görevleridir (Okcu ve ark., 2009).

Toprakta doğal olarak bulunan Cu miktarı, madencilik, döküm, imalat, tarım, kömür ve maden yatakları, atıkların yakılması, pestisitler ve emisyonlar gibi çeşitli kaynaklarla artmakta ve toksik seviyelere ulaşmaktadır (Yruela, 2005; Asri ve Sönmez, 2006).

Cu, toprak parçacıklarına kuvvetli bir şekilde bağlı bulunur ve hareketsizdir. Gelişen bitki türlerinin ve mineral ayrışma şiddetinin etkisi ile bakırın, toprağın üst katmanlarında daha yüksek miktarda biriktiği düşünülmektedir (Altay, 2006).

Cu yüksek elektrik geçirgenliğine ve işlenebilme özelliğine sahip bir element olarak endüstrinin birçok alanında, boya, cam ve otomotiv sanayisinde, elektrik kablosu ve ev aletleri üretiminde, antiseptik özelliğinden dolayı kapı kollarının yapımında kullanılmaktadır. Fitoplanktonların büyümesini engelleyici özelliği sebebiyle, su artımında ve havuzlarda da kullanılmaktadır (Turan, 2014).

1.3.2.2. Bor

Bor metal-ametal arası özelliklere sahip, birçok bitkinin beslenmesi ve gelişmesinde değişen miktarlarda gerekli mikro besin elementidir. B, doğada bileşik halinde bulunur. Toprakta ağırlıklı olarak borik asit ($B(OH)_3$) formunda bulunur ve bitkilerin elementi bu formda aldıkları düşünülmektedir. Yüksek yağışlarla yıkanarak süzülmediğinden bitkilerde eksikliği görülebilmekle birlikte, düşük yağış koşullarında yeterince süzülmediğinde ise toksik etki yaratacak seviyelerde birikebilmektedir (Camacho-Cristóbal ve ark., 2008).

B, bitkilerde hücre duvarının dayanıklılığı, membran bütünlüğünün sağlanması, polen tüpü büyümesi ve polenlerin çimlenmesi, üreme organlarının oluşumu, fenol metabolizması, nükleik asit sentezi, karbonhidrat ve şeker taşınması gibi birçok olayda önemli bir role sahiptir (Marschner, 1995).

Kumlu, asitli ve kireçli, organik madde miktarı düşük, fazla yağış alan topraklarda ve bu topraklarda yetişen bitkilerde B eksikliği görülebilmektedir (Güneş ve ark., 2017).

B az hareketli bir element olduğundan, bitki bünyesinde yaşlı kısımlardan genç kısımlara hareket edemez ve eksikliği ilk olarak genç kısımlarda görülür. Genç yapraklar büzülüp kalınlaşır, koyu mavi, yeşil rengini alır, bitki çalılışmış bir görünüm kazanır. Eksiklik ilerledikçe terminal (uç) büyüme noktalarının ölümü gerçekleşir, bitki büyümesi tamamen durur, tomurcuk, çiçek ve meyve oluşumu kısıtlanır (Pilbeam ve Kirkby, 1983; Barut ve ark., 2018).

B fazlalığı, kurak ve yarı kurak topraklarda ortaya çıkar, bitki büyümesini sınırlandırır. Madencilik, gübreleme ve sulama gibi faaliyetlerin sonucunda B artışı görülebilir (Nable ve ark., 1997).

Dünyada B minerali ve bileşikleri; cam sanayi, seramik sanayi, sabun ve deterjanlar, tarım, metalurji, tekstil sanayisi gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Kanser tedavisinde, yakıt üretiminde ve nükleer faaliyetlerde de faydalanılmaktadır (Demir, 2006).

1.3.2.3. Çinko

Mikro besin elementlerinden biri olan çinko, bitki büyümesi için düşük konsantrasyonlarda gerekli ve yüksek konsantrasyonlarda toksik etkilidir. Bir metalloenzim bileşeni ve birçok enzimin kofaktörü olduğu bilinir. Azot metabolizmasının düzenlenmesinde, karbonhidrat metabolizmasında, nükleik asit ve protein sentezinde görevlidir (Rout ve Das, 2003).

Zn toksisitesinin tipik belirtisi büyümenin durmasıdır. Zn fazlalığı sonucunda kök ve sürgünlerin büyümesi durur, tohum üretimi azalır ve membran stabilitesi bozulur. Yaprak uçlarında kıvrılma ve kloroz oluşur, klorofil sentezinin azaldığı görülür (Rout ve Das, 2003).

Bitkiler çinkoyu Zn^{+2} iyonu halinde topraktan alır. Toprak pH'ı topraktaki Zn konsantrasyonunu etkiler. Kireçli topraklarda asitli topraklara göre daha düşük miktarlarda Zn bulunur. Topraktaki organik maddenin yoğunluğu arttıkça Zn difüzyonu oranı artmakta ve bitkiler daha fazla miktarda Zn almaktadır (Marschner, 1993).

Mürekkep, boya, kozmetik, lastik gibi birçok malzemenin üretiminde, farklı sanayilerde, endüstride metal kaplama ve alaşımlarda kullanılmaktadır. Endüstri atıkları, kanalizasyon suları ve asit yağmurları ile çevreye yayılmaktadır (Asri ve Sönmez, 2006).

1.3.2.4. Demir

Demir bitki mikro besin elementlerinden biridir ve klorofil oluşumunda gerekli temel elementtir. Bitkilerde Fe miktarının büyük çoğunluğunun klorofillerde bulunduğu bilinmektedir (Pushnik ve Miller, 1989). Doğada en çok bulunan elementlerden biri olan Fe, yer kabuğunda %5 oranında bulunmaktadır. Doğada çeşitli bileşikler halinde, daha çok ferröz (Fe^{+2}) ve ferrik (Fe^{+3}) iyonları halinde bulunur. Bitkiler demiri Fe^{+2} iyonu şeklinde kökleriyle topraktan almaktadır (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007). İnsanlar ve hayvanlar ise demiri bitkiler yoluyla almaktadır.

Bitkiler demire düşük miktarda ihtiyaç duysa da birçok yaşamsal işleme katılan bir elementtir. Klorofil sentezinde görev alır ve kataliz enzimlerinin yapısına katılır. Sitokromlar gibi heme proteinlerinde prostetik grubunu Fe oluşturur (Hochmuth, 2011).

Fe yaşlı yapraklardan genç yapraklara taşınmadığından eksikliği ilk olarak genç yapraklarda görülür. Fe eksikliğinin en belirgin özelliği, klorofil sentezinde görev almasından dolayı klorozdur. Fe ile birçok element arasında antagonistik ilişki vardır. Mn, Ni ve Co elementlerinin fazlalığında Fe miktarı azalır, Fe fazlalığında ise tersi durum meydana gelir. Si, Se, K ve Ca elementleri ile de antagonistik ilişki sergiler (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007);

Demir tüm metaller arasında en çok kullanılan metaldir ve en çok bilinen alaşımı çeliktir. Düşük fiyatlı ve yüksek dirençli olmasından dolayı, otomotiv, gemi ve bina yapımında kullanılmaktadır (Turan, 2014).

1.3.2.5. Manganez

Geçiş metallerinden olan manganez, bitki beslenmesi ve gelişmesi için gerekli mikro besin elementlerinden biridir. Mn enzim kofaktörü olarak rol oynar ve magnezyum ile benzer görevlere sahiptir. Solunum, amino asit ve lignin sentezi, hormon aktivasyonu gibi süreçlerde rol alır (Burnell, 1988). Ayrıca bitkinin oksidatif strese karşı savunmasında görevlidir (Millaleo ve ark., 2010).

Doğada çoğunlukla Fe ve diğer elementler ile bileşik halinde bulunmaktadır. Toprakta ise oksitler ve hidroksitler halinde bulunmaktadır. Bitkiler manganezi Mn^{+2} formunda kökleri ile alırlar. Kökler tarafından alınan Mn^{+2} ksilemde taşıma, ksilemden floeme transfer ve floem içinde yer değiştirmeler ile bitki bünyesinde farklı kısımlara dağıtılır. Köklerden çok sürgünlerde birikme potansiyeli gösterir (Millaleo ve ark., 2010).

Mn bitki beslenmesi ve gelişmesi için düşük miktarlarda gerekli olup, aşırı miktarlarda bulunduğu toksiktir. Mn toksisitesinin semptomları genellikle fotosentezin bozulması, bitki büyümesinin durması, yapraklarda kloroz ve nekrotik lekeler oluşmasıdır. Toprakta Mn fazlalığı, Ca, Mg, Fe, P ve diğer mineral elementlerin alımına, taşınmasına ve kullanılmasına engel olabilir. Ca, Mg, K, Fe ve Si gibi elementlerin az miktarda bulunması ise Mn toksisitesine yol açar. Bitki bünyesindeki Mn fazlalığı

enzimlerin ve hormonların aktivitelerini değiştirebilir (El-Jaoual ve Cox, 1998; Millaleo ve ark., 2010).

1.4. Ağır Metaller

Literatürde birçok tanımı olan “ağır metaller” terimi, “yoğunluğu 5 g/cm³’den daha yüksek ve atom numarası 20’den büyük olan metaller” için kullanılmaktadır. Ağır metaller grubundaki metaller için iz elementler ve eser elementler terimleri de kullanılır (Lajayer ve ark., 2017). Başlıca bakır (Cu), cıva (Hg), inko (Zn), demir (Fe), kadmiyum (Cd), kurşun (Pb), kobalt (Co), krom (Cr) ve nikel (Ni) olmak üzere 60’tan fazla metal ağır metal olarak değerlendirilir. Bu elementler doğada genellikle karbonat, oksit, silikat ve sülfür bileşikleri olarak ve silikatlar içinde bulunur (Kahvecioğlu ve ark., 2003).

Fe, Cu, Mn, Mo, Ni, V ve Zn bitkiler için faydalı ve gerekli besin elementlerindendir ancak yüksek konsantrasyonlarda bulunduklarında toksik (zararlı) olabilirler. As, Cd, Hg, Pb ve Tl ise gerekli değildir ve düşük konsantrasyonlarda bile toksik etki gösterebilir (Haktanır ve Arcak, 1998). Oluşum sıklıkları, toksisiteleri ve insanların maruz kalma potansiyellerine bakıldığında en zehirli metaller As, Cd, Hg ve Pb olarak belirtilmiştir (Shahid ve ark., 2015).

Ağır metallerin bitkiler tarafından alınması ve besin zinciri boyunca birikmesi ve aktarımı, insanlar ve hayvanlar için potansiyel bir tehlikedir. Bitki kökleri tarafından emilim, ağır metallerin besin zincirine girişinin temel yollarından biridir. Bitkilerde ağır metal birikimi bitki türüne, bitkilerin metalleri absorbe etme yeteneğine, bitkinin alım gücüne ve metallerin topraktan bitkiye transfer faktörlerine bağlıdır (Singh ve Kalamdhad, 2011).

1.4.1. Ağır metal kaynakları

Yer kabuğunda birçok ağır metal doğal olarak farklı seviyelerde bulunur. Antropojenik aktivitelerle ağır metallerin çevreye aşırı salınımı nedeniyle kirlilik ortaya çıkmaktadır. Endüstri faaliyetleri, metal ve maden sanayi, atıklar, fosil yakıtların yakılması gibi birçok kaynaktan çevreye ağır metal yayılımı gerçekleşir (Markert, 1993). İlaçlama ve gübre kullanımı, belediye ve kompost (suni gübre) atıkları da önemli kaynaklardır (Singh ve ark., 2016).

Toprakların atık sular ile sulanmasıyla toprak yüzeyinde Cd, Cr, Mn, Ni, Pb ve Zn gibi ağır metaller birikir. Sürekli atık su ile sulama nedeniyle toprağın ağır metalleri tutma kapasitesi azalır, toprak ağır metalleri yer altı sularına ve toprak çözeltisine bırakır. Salınan ağır metaller bitkiler tarafından alınır (Sharma ve ark., 2007).

Havadaki ağır metallerin artışına neden olan en önemli kaynak araç emisyonudur. Cu, Fe ve Zn gibi ağır metaller, motorlu taşıtlardaki birçok parçanın temel bileşenidir ve mekanik aşınma ile havaya salınırlar (Jaradat ve ark., 2005). Kurşunlu benzin kullanımı ve otomobillerin egzoz gazlarından yayılan Pb, ciddi bir çevre kirliliği kaynağıdır (Sharma ve Dubey, 2005).

Havaya salınan ağır metaller, karasal ortamda birikir ve buradan bitkiler ve besin zinciri yoluyla insanlar ve hayvanlara ulaşırlar. Aynı zamanda insanlar ve hayvanlar tarafından havadan solunarak veya atık suların içme sularına karışması ile alınır (Kahvecioğlu ve ark., 2003).

Aşağıda ekosisteme karışan ağır metal kaynakları gösterilmiştir (Markert, 1993).

1. Biyosferdeki Partikül ve Dumanlar

- Taşıtlar (Cd, Mo ve Pb)
- Fosil yakıtlar (As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Tl, U,V ve Zn)
- Şehir ve Fabrikalar (Cd, Cu, Hg, Pb, Sn ve V)

2. Endüstri

- Plastikler (Cd, Co, Cr ve Hg)
- Tekstil (Sn ve Zn)
- Ağaç İşletmeciliği (As, Cu ve Cr)
- Rafineri (Cr, Pb ve Ni)
- Ev aletleri üretimi (Cd, Cu, Ni, Sb ve Zn)

3. Tarım

- Sulama (Cd, Pb ve Zn)
- Kimyasal ve Hayvansal Gübreler (As, Cd, Cu, Mn, U, V ve Zn)
- Kireçler (As ve Pb)
- Metal Aşınması (Fe, Pb ve Zn)

4. Metal ve Maden Sanayi

- Demir ve Çelik Endüstrisi (Cd, Cu, Cr, Ni ve Zn)
- Metal İşletmeciliği (As, Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb ve Zn)
- Metallerin Eritilmesi (As, Cd, Hg, Pb ve Sb)

5. Atıklar

- Lağım (Cd, Cu, Cr, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, V ve Zn)
- Kazma ve Delmeler (As, Cd, Fe ve Pb)
- Küller (Cu ve Pb)

1.4.2. Ağır metallerin bitkiler ve insanlar üzerine etkileri

Ağır metaller biyolojik süreçlere katılma derecelerine göre; yaşamsal (esansiyel) olan ve yaşamsal olmayan (non-esansiyel) olarak ikiye ayrılmıştır. Yaşamsal sınıfında yer alan metallere bitki ve insanlar belirli miktarda ihtiyaç duyar. Bu metallerin görevli oldukları biyokimyasal reaksiyonlar vardır ve belirli bir konsantrasyondan sonra toksik etki gösterirler (örn; Fe, Cu, Zn, Ni). Yaşamsal olmayan metallerin (örn; Hg, Cd, Pb) ise bilinen önemli görevleri yoktur ve çok düşük miktarlarda bile bitki ve insanlar için toksik etkiler göstererek çeşitli sağlık problemlerinin ortaya çıkmasına neden olabilirler (Kahvecioğlu ve ark., 2003; Özbolat ve Tuli, 2016).

Ağır metaller bitkiler için toksik etkilidir. Bitkilerde kloroz, büyümenin gerilemesi, ürün veriminin düşmesi, besin elementleri alımının düşmesi, metabolizma bozuklukları ve azot bağlama kapasitesinin düşmesi gibi olumsuzluklara neden olurlar (Singh ve Kalamdhad, 2011). Ayrıca hidrojen peroksit (H_2O_2) birikimine, lipid peroksidasyonuna ve bitkinin oksidatif strese girmesine yol açarlar (Ezeabara ve ark., 2014).

Biyolojik olarak parçalanamayan ağır metaller insan vücudunda beyin, kemik, böbrek ve karaciğer gibi organlarda birikerek ciddi sağlık sorunlarına yol açmaktadır (Ezeabara ve ark., 2014).

Ağır metallerce kirlenmiş bitkilerin tüketimi ile ağır metallerin tolere edilebilir sınırların üzerinde alınması durumunda, vücutta biyotoksik etkileri görülür. Metallerin türüne ve konsantrasyonuna bağlı olarak yarattığı zararlı etkiler çok çeşitlidir. Cd, Pb, As, Hg, Zn ve Cu zehirlenmesinin gösterdiği ortak belirtiler; depresyon gibi psikolojik rahatsızlıklar, gastrointestinal bozukluklar, çarpıntı, felç, zatürre, ishal ve kusma olarak sayılabilir. Ağır

metaller doğal gereği toksik, nörotoksik, mutajen ve kanserojen olabilir (Duruibe ve ark., 2007).

Aşağıda ölçümü yapılan ağır metallere Cd ve Pb hakkında bilgiler verilmiştir.

1.4.3. Kadmiyum

Kadmiyum geçiş metallere, biyolojik süreçler için gerekli olmayan, bitkiler, insanlar ve hayvanlar için toksik etkili bir elementtir. Normal şartlarda bitkiler topraktan çok düşük miktarda Cd alırlar.

Bitkiler kadmiyumun %90'ını topraktan, %10'unu atmosferden almaktadır. Sanayi bölgelerinde ve yoğun trafik olan yolların yakınında yetişen bitkilerde bulunan kadmiyumun %40'dan fazlası havadan alınmaktadır. Bitki kuru ağırlığında Cd konsantrasyonu 0,5 mg/kg'ın altındadır (Asri ve ark., 2014).

Cd bitkilerde klorofil biyosentezinin bozulmasına, stomaların kapanmasına, transpirasyon ile su kaybının azalmasına neden olmaktadır. Cd bulunduğu konsantrasyona bağlı olarak CO₂ asimilasyonunu azaltarak fotosentez oranını azaltmakta ve hatta engellemektedir. Cd fazlalığında, nitrat redüktaz ve nitrit redüktazın aktiviteleri azalmakta ve bunun sonucunda bitkilerin nitrat asimilasyonu azalmaktadır (Asri ve ark., 2014).

Cd ticari olarak Zn endüstrisinin yan ürünü olarak üretilmektedir. Otomobil endüstrisinde elektroliz yöntemiyle kaplama, alaşım hazırlama, plastik sanayi, madencilik, boya pigmentleri ve kadmiyum içeren piller gibi birçok antropojenik kaynak çevreye Cd yayılımı sağlar. Ev aletleri, endüstriyel aletler, taşıt parçaları ve her türlü bağlantı elemanı (çivi, vida, cıvata) genellikle Cd ile kaplanır. Fotoğrafçılık, ışıklı kadranslar ve fungusitlerde de Cd kullanılmaktadır (Adriano, 2001; Kirkham, 2006).

Kadmiyumun insanlara ulaşımını sağlayan diğer önemli kaynaklar; sigara dumanı, fabrika dumanı, kahve, çay, rafine edilmiş yiyecekler, kömür yakılması, bazı deniz ürünleri, su boruları ve gübrelerdir (Kahvecioğlu ve ark., 2003).

Antropojenik kaynaklardan toprağa ulaşan kadmiyumun %54-58'i fosforlu gübrelerden, %39-41'i atmosferden, %2-5'i ise atık çamur ve çiftlik gübresi uygulamalarından kaynaklanmaktadır (Asri ve ark., 2014). Cd içeren tozların havadan çökerek karasal

ortamda birikmesi Cd oranını arttırmaktadır. Yoğun trafik olan yol kenarlarındaki topraklarda toz çökmesi ile yılda m²'ye 0,2-1 mg Cd biriktiği belirtilmiştir (Asri ve Sönmez, 2006).

Kadmiyumun düşük seviyelerde sürekli alınması durumunda böbreklerde biriktiği, böbrek, akciğer ve kemik hastalıklarına neden olduğu, yüksek seviyelerde ise mide ağrılarına, kusma ve ishale yol açtığı bilinmektedir (Musa ve Abdullahi, 2013).

1.4.4. Kurşun

Kurşun, bitkiler için gerekli olmayan güçlü çevre kirleticilerden ve yaygın bulunan ağır metallerden biridir. Pb kirliliğine neden olan temel kaynaklar egzoz dumanı, benzin, fabrika bacaları, endüstri, aküler, kurşun cevherlerinin madenciliği, metalurji, pestisitler ve gübrelerdir. Benzinin yapısında tetraetil ve tetrametil kurşun vardır. Egzoz dumanı, atmosferdeki Pb kirliliğinin büyük çoğunluğunu oluşturur. Pb ve diğer metalleri içeren atık su çamurlarının tarımsal arazilerde kullanılması toprakta Pb birikimine neden olmaktadır (Sharma ve Dubey, 2005).

Bitkiler kurşunu temel olarak kökleri ile topraktan, küçük bir miktarda da havadan almaktadır. Köklerde daha yoğun birikmekte ve bir kısmı sürgünlere taşınmaktadır. Pb bitkide enzim aktivitesini inhibe etmekte, hormonal dengeyi bozmakta ve membran yapısını değiştirmektedir. Kök yapısında minerallerin alınımını engellemekte ve bu nedenle K, Ca, Mg, Fe, Zn gibi minerallerin dengesizliğine neden olmaktadır. Pb yüksek konsantrasyonlarda klorofil sentezini azaltarak fotosentez oranını düşürmekte ve solunumu engelleyerek ATP sentezini azaltmaktadır. Bazı bitkilerde Pb fazlalığı sonucu bodur büyüme ve kloroz görülmektedir (Sharma ve Dubey, 2005).

Toprakta 15-40 ppm konstanrasyonunda bulunan Pb, 300 ppm üzerine çıktığında insan sağlığı için tehlikelidir (Asri ve Sönmez, 2006). Kurşun zehirlenmesi hemoglobin sentezini inhibe eder, merkezi sinir sistemi ve kardiyovasküler sisteme zarar verir, anemi hastalığına ve gastrointestinal bozukluklara neden olur (Singh ve Kalamdhad, 2011).

1.5. Daha Önceki Çalışmalar

Robinson ve ark. (2008), İsviçre'de kullanılmayan bir askeri atış poligonu yanındaki topraklarda yetişen, aralarında *T. farfara*'nın da olduğu 10 farklı türdeki bitki

yapraklarında ve topraklarında iz element ölçümü yapmıştır. Kullanılmayan bir askeri atış poligonu yakınındaki bitki örtüsünde yetişen bitkilerde iz element birikimini belirlemeyi amaçlamışlardır. Atış alanına 300 m uzaklıktan bitki ve toprak örnekleri toplanmıştır. X-Işını Floresans Spektrometresi ile elementlerin miktarları belirlenmiştir. Analiz sonucunda *T. farfara* yapraklarında 1000 mg/kg'dan fazla Pb biriktiği, toprak ve yapraklarında ölçülen Pb, Sb, Cu ve Ni element miktarlarının diğer bitkilere göre daha yüksek olduğu, topraktaki iz elementleri bünyesinde daha çok biriktirdiği görülmüştür (Robinson ve ark., 2008).

Faiku ve ark. (2012), Kosova'nın güney kesiminde yetişen *T. farfara* bitkilerinde protein, mineral, esansiyel yağ ve lipit oranlarını belirlemişlerdir. Bitkilerdeki 7 mineral (K, Ca, Mg, Fe, Cu, Na, Zn) içeriği Atomik Absorbsiyon Spektrometresi ile belirlenmiştir. Sonuçlara göre bitkilerin; %0,912 Fe, %0,463 Ca, %0,295 K, %0,228 Mg, %0,081 Cu, %0,057 Na, %0,035 Zn içerdiği görülmüştür. Bitkilerde Fe elementinin diğer elementlere göre daha yüksek miktarlarda bulunduğu belirtilmiştir (Faiku ve ark., 2012).

Ceylan (2013), Düzce ve çevresinde yayılış gösteren, aralarında *T. farfara*'nın da bulunduğu 12 yabancı gıda bitkisinin halk tarafından tüketim biçimleri ve bu bitkilerin içeriklerini araştırmıştır. *T. farfara* bitkisinin kullanım biçimi olarak, taze sürgünlerinin toplanarak, normal turşu kurma teknikleri ile turşusunun kurulduğu ve kavrularak sıcak veya soğuk şekilde tüketildiği belirtilmiştir. Bitki örneklerine yaş yakma işlemi uygulanmış, sonrasında Na ve K miktarları Flame Emisyon Spektrofotometri cihazı ile, Mg, Ca, Cu, Zn, Fe, Mn miktarları ise Atomik Absorbsiyon Spektrofotometri cihazı ile belirlenmiştir. Ölçümler sonucu *T. farfara* yapraklarındaki mineral miktarları; Ca miktarı 184,50 mg.100 g⁻¹, Cu miktarı 0,12 mg.100 g⁻¹, Fe miktarı 1,25 mg.100 g⁻¹, K miktarı 525,5 mg.100 g⁻¹, Mg miktarı 55,20 mg.100 g⁻¹, Mn miktarı 0,215 mg.100 g⁻¹, Na miktarı 8,30 mg.100 g⁻¹, P miktarı 53,71 mg.100 g⁻¹, Zn miktarı 0,28 mg.100 g⁻¹ olarak belirlenmiştir (Ceylan, 2013).

Turan (2014), İstanbul aktarlarından bitkisel tedavilerde kullanılan aralarında *T. farfara*'nın da bulunduğu 46 adet bitki almış, bitkilerin yapraklarındaki ağır metal ve mineral besin elementlerinin miktarlarını İndüktif Eşleşmiş Plazma-Optik Emisyon Spektrometresi cihazı ile analiz etmiştir. Analizler sonucunda *T. farfara* yapraklarındaki element miktarları; B miktarı 27,044 mg/kg, Ca miktarı 8136,730 mg/kg, Cd miktarı

0,241 mg/kg, Cr miktarı 2,784 mg/kg, Cu miktarı 2,773 mg/kg, Fe miktarı 728,432 mg/kg, K miktarı 15453,120 mg/kg, Mg miktarı 1959,210 mg/kg, Mn miktarı 37,909 mg/kg, Na miktarı 388,531 mg/kg, Ni miktarı 5,421 mg/kg, Pb miktarı 0,009 mg/kg, Zn miktarı 16,372 mg/kg olarak ölçülmüştür. Bitkiler arasında Pb miktarının en düşük, Ni ve K miktarlarının en yüksek *T. farfara* bitkisinin yapraklarında olduğu görülmüştür. Çalışma sonucunda hiçbir bitkide elementlerin toksik değerlerine rastlanmadığı belirtilmiştir (Turan, 2014).

1.6. Genetik Çeşitlilik

Biyolojik çeşitlilik; genetik çeşitlilik, tür çeşitliliği ve ekosistem çeşitliliği olmak üzere 3 sınıfa ayrılabilir. Genetik çeşitlilik, “tür içi ve türler arasında veya populasyon içi ve populasyonlar arasındaki kalıtsal bilgilerin zenginliği” şeklinde ifade edilebilir. Tür çeşitliliği, bir ekosistemdeki türlerin çeşitliliğini ve bolluğunu ifade etmektedir. Ekosistem çeşitliliği, bir bölgedeki farklı habitatları ifade etmektedir (Törün, 2013; Nabi, 2014).

Genetik çeşitlilik, bir türün sahip olduğu bir gendeki allellerin farklı DNA dizisine sahip olması ile ortaya çıkar. Örneğin; bitkide çiçek rengini belirleyen gen aynıdır. Fakat gen farklı allellere sahip olduğundan farklı renkte çiçekler oluşur (pembe, beyaz, mor allel gibi). Bir genin farklı populasyonlarda bulunma sıklığı ve kombinasyonları, populasyonlar arası genetik çeşitliliği ortaya çıkarmaktadır (Hilooğlu, 2012).

Genetik çeşitliliğin oluşmasında mutasyonlar, seleksiyon, migrasyon (göç) ve rekombinasyonlar etkilidir. “Polimorfizm”, DNA dizisindeki translokasyonlar, parça eksilmesi ya da eklenmesi ile meydana gelir. Bir popülasyondaki türler arasında fenotipik farklılıklardan bazıları kalıtsaldır ve bu farklılıklara sahip bireylerin hayatta kalma oranları daha yüksektir. Bu durum “seleksiyon” olarak adlandırılır. Varyasyonun temel kaynağı olan “mutasyon”, DNA dizisindeki kalıcı değişiklik olarak tanımlanabilir. “Migrasyon (göç)”, herhangi bir genin allellerinin bir diğerine aktarılması (gen akışı) dır. “Rekombinasyon”, iki ayrı DNA molekülünün birleşerek yeni bir DNA molekülü oluşturmasıdır (Aygün, 2006).

Genetik çeşitlilik populasyonların değişen çevre şartlarına uyum sağlaması ve hayatta kalması için gereklidir. DNA dizisinde meydana gelen değişikliklerin, türlerin hayatta

kalabilmelerini sağladığı ve bir türde genetik çeşitlilik düştükçe hayatta kalma olasılığının düştüğü bilinmektedir (Hilooğlu, 2012).

Bir popülasyondaki genetik varyasyon, gen ve allel çeşitliliğine bağlıdır. Bir popülasyona yeni bir allelin katılması hayatta kalmayı kolaylaştırabilir, zorlaştırabilir ya da hiç etkilemeyebilir. Habitat şartları ve popülasyon nüfusu genetik çeşitliliği önemli seviyede etkilemektedir. Düşük genetik çeşitlilik gösteren popülasyonların çevre koşullarına dayanıklılığının azalması ve diğer türlerle rekabetinin zayıflaması söz konusudur (Pluess ve Stöcklin, 2004).

1.6.1. Belirteç tipleri

Tür içi, popülasyon içi ve popülasyonlar arası genetik çeşitliliğin belirlenmesinde belirteçlerden yararlanılmaktadır. Belirteçler; morfolojik belirteçler, biyokimyasal belirteçler ve moleküler belirteçler olarak ayrılabilir. Morfolojik belirteç, bitki popülasyonu içinde bir bitkiyi ya da grubu diğerlerinden farklı kılan özelliktir. Yaprak şekli ve çiçek rengi gibi görsel olarak değerlendirilebilen özelliklerdir. Popülasyon genetiği çalışmalarında kullanılan ilk yöntemdir. Ancak bu belirteçler uzak akraba olan türler arasında geçerli olsa da yakın akraba olan türler arasında güvenilir sonuçlar verememektedir. Morfolojik özelliklerin az sayıda olması ve çevre koşullarından etkilenmesi nedeni ile diğer tekniklere göre daha az çalışmada kullanılmıştır (Gülşen ve Mutlu, 2005).

Biyokimyasal belirteçlerden en yaygın olanlar izoenzim ve tohum kabuğu proteinleri olmakla birlikte yapraklarda bulunan kimyasallar ve sekonder metabolitler de bu gruba girmektedir. İzoenzimler farklı yüklere sahip protein molekülleridir. Elektrik ortamında farklı hız ve yüklerde hareket etmelerinden faydalanılarak birbirlerinden ayırt edilirler. Bitkinin homozigot veya heterozigot olması, enzimi oluşturan alt ünitelerin sayısı ve enzimin lokus sayısı, elektroforetik ortamda elde edilen bant sayısını belirler. Her bant bir gen (protein) ürününü temsil eder ve homozigot veya heterozigot bireylerin ayırt edilmesini sağlayan kodominant bir belirteçtir. Biyokimyasal belirteçler düşük maliyetli ve kolay uygulanabilir olduklarından genotipin belirlenmesi, genom haritası çalışmaları ve taksonomik çalışmalarda kullanılmıştır. Bu tekniğin dezavantajları ise lokus sayısının azlığı ve enzimlerin translasyon sonrası yapısal değişikliklere uğramasıdır (Gülşen ve Mutlu, 2005; Türkeli, 2010).

1.6.2. Moleküler belirteçler

Morfolojik ve biyokimyasal belirteçlerin yetersizliği ve dezavantajları sonucunda moleküler belirteç yöntemleri geliştirilmeye ve daha çok ilgi çekmeye başlamıştır. James D. Watson ve Francis Crick tarafından 1953 yılında DNA'nın çift sarmallı yapısının keşfedilmesi (Watson ve Crick, 1953), Kary B. Mullis tarafından 1987 yılında polimeraz zincir reaksiyonunun (PCR) icat edilmesi (Mullis, 1987) moleküler belirteçlerin geliştirilmesindeki en önemli olaylardır.

Moleküler belirteçler DNA temelli belirteçler olarak bilinmektedir. Moleküler belirteçler, DNA'da istenilen bölgenin işaretlenmesini sağlayan bir gen ya da DNA parçasıdır. Moleküler belirteçlerin kaynağı üretildikleri bitkilerin hücrelerindeki DNA'lardır. Populasyonu oluşturan bireyler arası çeşitlilik ve popülasyondaki bitki genotipleri arasındaki ilişkilerin tespit edilmesinde %100'e yakın doğru sonuçlar verdiği düşünülmektedir (Altun, 2006). DNA bazlı belirteçler fizyoloji, embriyoloji, taksonomi ve genetik mühendisliği gibi alanlarda başlıca faydalanan araçlardır (Kesawat ve Das, 2009). Moleküler belirteçler bireyler arasındaki gen diziliminin farklarını ortaya çıkarır. Sistematik çalışmalar, genetik haritalama, genetik varyasyonun araştırılması, popülasyon bireylerinin akrabalık ilişkilerinin belirlenmesi, bitki ıslah çalışmaları, evrimsel analiz, genetik kaynakların belirlenmesi ve korunması gibi birçok alanda moleküler belirteçlerden yararlanılmaktadır.

İdeal bir belirteçte aranan özellikler (Filiz ve Koç, 2011; Aksu ve Şahin-Çevik, 2015);

- Yüksek polimorfizm göstermesi,
- Tüm genomda kullanılması,
- Farklılıkların tespitinde yeterli olması,
- Az miktarda DNA gerektirmesi,
- Kodominant (eş baskınlık) olması,
- Analizinin basit, hızlı ve ucuz olması,
- Sonuçların tekrarlanabilir olması,
- Birçok bilgi içermesidir.

Moleküler belirteçlerin avantajları (Gülşen ve Mutlu, 2005);

- Çevresel faktörlerden etkilenmemesi,

- Çekirdek, kloroplast, mitokondri gibi organel genomlarının ayrı ayrı çalışılabilmesi,
- Bitkilerin gelişimlerinin tüm aşamalarında kullanılabilmesi,
- Bitkilerin genetik orjininin belirlenebilmesi,
- Genetik farklılıkları daha fazla yansıttıkları için daha az pleiotrofik (tek bir genin birden fazla özelliği etkilemesi) olması,
- Sınırsız sayıda moleküler belirteç elde edilebilmesidir.

Moleküler belirteçler kullanım amaçlarına uygun olarak 3 şekilde sınıflandırılabilirler: 1. Geçiş türüne göre (biparental çekirdek kalıtımı, maternal çekirdek kalıtımı, maternal organel kalıtımı, paternal organel kalıtımı), 2. Gen hareketine göre (dominant ve kodominant belirteçler), 3. Analiz yöntemine göre (Hibridizasyona dayalı/PCR temelli olmayan ve PCR temelli belirteçler) (Kesawat ve Das, 2009).

Moleküler belirteçler analiz yöntemine göre DNA Hibridizasyonuna Dayalı ve PCR Tekniğine Dayalı belirteçler olarak iki sınıfa ayrılmışlardır. DNA hibridizasyonuna dayalı belirteçlere Restriksiyon Parça Uzunluk Polimorfizmi (RFLP) örnektir. PCR tekniğine dayalı belirteçlere ise; Rastgele Çoğaltılmış Polimorfik DNA (RAPD), Basit Dizilim DNA Tekrarları (SSR), Çoğaltılmış Parça Uzunluğu Polimorfizmi (AFLP), Basit Dizi Tekrarları Arası Polimorfizm (ISSR), Tek Zincir Konformasyon Polimorfizmi (SSCP), Dizisi Karakterize Edilmiş Çoğaltılmış Bölgeler (SCAR), Mikrosatellitler, Tek Nükleotid Polimorfizmi (SNP), Dizisi Etiketlenmiş Alanlar (STS), İşaretli İfade Edilen Diziler (ESTs) gibi teknikler örnektir.

Aşağıda çalışmamızda kullanılan ISSR moleküler belirteci hakkında bilgi verilmiştir.

1.6.2.1. Basit dizi tekrarları arası polimorfizm (ISSR)

ISSR tekrarlanan DNA zincirlerinin (primer) kullanılarak, iki mikrosatellit arası bölgenin çoğaltılmasını ve PCR ürünlerinin elektroforez ile büyüklüklerine göre ayrılarak agaroz jel üzerinde tespit edilmesini sağlayan bir tekniktir. Primer olarak dinükleotit, trinükleotit, tetranükleotit veya pentanükleotit kullanılabilir (Zietkiewicz ve ark., 1994).

Primerlerle genomik lokuslar farklı bant büyüklüklerinde çoğaltılabilir. Primerler genellikle 3' veya 5' uçlarının sonlarındaki mikrosatellit bölgelerine yapışırlar. Primerlerdeki guanin-sitozin oranının fazla olmasından dolayı bağlanma sıcaklığı da yüksektir ve bu durum kararlı bağlanmayı sağlamaktadır. Her primerin DNA'ya

bağlanma sıcaklığı baz dizisine bağlıdır. PCR sonucu çoğaltılan ürünler 200-2000 baz çifti uzunluğunda elde edilmektedir. Dominant belirteç olması, primerlerin bağlanma sıcaklıklarının farklı olması ve benzer büyüklükteki bantların ayırt edilememesi gibi dezavantajlara sahiptir. Dizi bilgisi gerekmeksizin primer dizayn edilebilmesi, yüksek polimorfizm göstermesi ve düşük maliyetli olması tekniğin avantajlarından. Genetik benzerlik, genetik haritalama ve sistematik çalışmalarında kullanımı yaygındır (Zietkiewicz ve ark., 1994; Filiz ve Koç, 2011).





2. MATERİYAL ve YÖNTEM

2.1. Bitki Materyallerinin Toplanması

Arazi çalışmasında kullanılan araç ve gereçler; bahçıvan eldiveni, bahçe makası, %20'lik etil alkol, saklama poşetleri, alüminyum folyo, not defteri, pusula ve taşınabilir dondurucudur. Çalışmada kullanılan bitki örnekleri doğal populasyonlarından toplanmıştır. Arazi çalışmasında populasyonlardaki 6'şar bireyden çiçek ve yaprak örnekleri alınmıştır. *T. farfara* çiçek ve yaprakları farklı zamanlarda gelişen bir bitki olduğu için çiçek örnekleri Mart ayında, yaprak örnekleri ise Mayıs ayında toplanmıştır. Ağır metal ve mineral besin elementleri analizi için toplanan çiçekler ve yapraklar kilitli poşetlere etiketlenerek konulmuştur. Genetik analizler için toplanan yaprak örnekleri ise alüminyum folyoya sarılarak poşetlenmiş, taşınabilir dondurucuda muhafaza edilmiş ve aynı gün içerisinde -80 °C'deki derin dondurucuya aktarılmıştır. Bitki örneklerinin toplandığı lokaliteler, populasyonlardaki toplam birey sayısı ve bazı bilgiler Tablo 2.1'de verilmiştir.

Tablo 2.1 Bitki örneklerinin toplandığı lokaliteler ve bazı bilgiler

	Lokalite	Koordinat	Rakım	Toplam Birey Sayısı	Tarih Çiçek Yaprak
LOK1	Kartal Aydos Ormanı	40°55'21"K 29°13'59"D	310 m	15-20	Mart Mayıs
LOK2	Pendik Aydos Caddesi	40°55'4"K 29°15'30"D	220 m	30-35	Mart Mayıs
LOK3	Pendik Selçuklu Caddesi	40°55'21"K 29°17'30"D	140 m	30-35	Mart Mayıs
LOK4	Sancaktepe Paşaköy Mahallesi	41°3'8"K 29°17'20"D	220 m	25-30	Mart Mayıs
LOK5	Çekmeköy Ömerli Mahallesi	41°3'46 "K 29°18'12"D	200 m	100-150	Mart Mayıs
LOK6	Şile Üvezli Mahallesi	41°8'4"K 29°26'24"D	190 m	150-200	Mart Mayıs



Şekil 2.1 Bitkilerin toplandığı lokaliteler

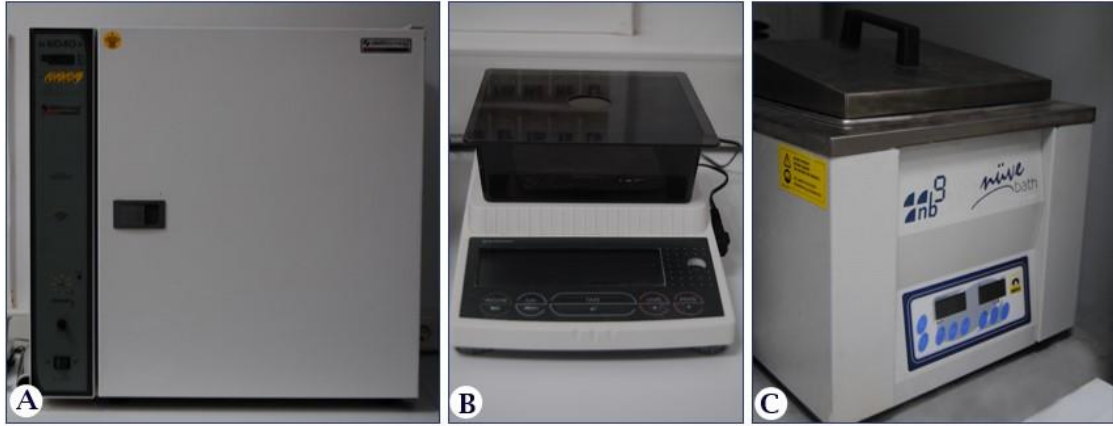


Şekil 2.2 Bitki örneklerinin toplanması

2.2. Nitrik Asit (HNO_3) ile Yaş Yakma İşlemi

Mineral element ve ağır metal analizi için yapılan “Nitrik Asit (HNO_3) ile Yaş Yakma” işleminde kullanılan malzemeler şunlardır:

- Gaz maskesi
- Laboratuvar gözlüğü
- Tahta maşa
- Distile su ve puar
- Whatman marka 110 mm çaplı filtre kâğıdı
- Makas ve spatül
- 50 ml'lik santrifüj tüpü
- 100 ml'lik erlenmeyer
- Küçük huni
- Cam kalemi
- 10 ml'lik cam pipet
- Porselen havan ve tokmak
- Nitrik asit (HNO_3) %65 Merck



Şekil 2.3 Yaş yakma işleminde kullanılan cihazlar (A) Elektro-mag etüv, model M6040P, (B) Shimadzu hassas terazi, model BL220H, (C) Nüve su banyosu, model NB9

İstanbul'un altı farklı lokalitesinden topladığımız toplam 36 *T. farfara* bireyinin ağır metal ve mineral besin element analizi için ayrılan çiçek ve yaprakları ayrı ayrı zarflanarak 80 °C'lik etüvde 48 saat kurutuldu. Her bireyin yaprak örneklerinin iki tanesi distile su ile yıkanıp üzerindeki toprak ve diğer maddelerden arındırılarak, iki tanesi ise yıkanmadan kullanıldı.



Şekil 2.4 Örneklerin ayrı ayrı paketlenmesi ve etüvde kurutulması

Kurutma işleminden sonra örnekler, porselen havanlarda dövülerek olabildiğince ufaltılmış hale getirildi. Havan ve tokmaklar her örnek sonrasında %20'lik etil alkol ve distile su ile sterilize edildi.



Şekil 2.5 Örneklerin yaş yakma işlemine hazırlanması

Toz haline getirilmiş yaprak örnekleri hassas terazide 0,250 gr, çiçek örnekleri ise 0,200 gr tartıldı ve tartımlar not alındı. Tartılan örneklerin her biri, önceden distile sudan geçirilmiş steril erlenmeyerlere konuldu.



Şekil 2.6 Örneklerin tartılması ve erlenmeyerlere konulması

Her erlenmeyerin içine örnekler konulduktan sonra, üzerlerine cam pipet ile 10 ml %65'lik HNO_3 ilave edildi. Asit ilave edilen erlenmeyerlere, basınç oluşturmaması ve aşırı duman çıkışını önlemek için cam huniler konuldu.



Şekil 2.7 Örnekler nitrik asit (HNO_3) eklenmesi

Tüm erlenmeyerler sıcaklığı $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ olan su banyosuna konuldu. Su banyosunda 1,5 saat, erlenmeyerlerin içlerinde gözle görülür parçacıklar kalmayana kadar bekletildi ve ısıtıcı üzerine konuldu.



Şekil 2.8 Su banyosu işlemi

Çeker ocak içinde sıcaklığı 100 °C'ye çıkarılan ısıtıcıda sırasıyla içlerindeki sıvı tamamıyla uçana kadar buharlaştırıldı. Her erlenmeyerin içinde 1,5-2 ml sıvı kaldığı gözlemlendiğinde ısıtıcı üzerindeki işlem bitirildi.



Şekil 2.9 Yaş yakma işlemi

Örnekler 10 dakika soğumaya bırakıldı ve sonrasında erlenlerin içi distile su ile yıkanıp 50 ml'lik santrifüj tüplerine 50 ml oluncaya kadar süzülerek aktarıldı. Aktarma ve süzme işlemi yapılırken Whatman marka 110 mm filtre kâğıdı kullanıldı. Santrifüj tüpleri içindeki örnekler ICP-MS cihazında okunmaya hazır hale getirildi.



Şekil 2.10 Süzme işlemi

2.3. İndüktif Eşleşmiş Plazma Kütle Spektrometresi (ICP-MS)

İndüktif eşleşmiş plazma (ICP), 1960 yılında Thomas B. Reed tarafından geliştirilmiştir (Reed, 1961). ICP-MS tekniğinin temel prensibi atom kütlelerine dayanan elementel analizdir. Bir element farklı atom kütlelerine sahip atom ve izotoplara sahip olsa da elementin izotop bileşimleri belirlenerek çalışılabilir. ICP-MS tekniği kısa sürede multi-element analizi yapabilme gücüne sahiptir. En güçlü multi-element analitik tekniği olarak kabul edilir (Bakkal, 2014).

İndüktif eşleşmiş plazma (ICP) ve kütle spektrometresi (MS) olarak iki ana üniteden oluşur. Analiz edilecek örnekler yüksek sıcaklıktaki bir plazmaya gönderilerek moleküler bağların kırılması ve atomların iyonlaştırılması sağlanır. Plazma olarak genellikle argon gazı kullanılır. Numune, solüsyon halinde giriş sistemi ile nebulizöre (sisleştirici) ve sprej odacığına sunulur. Burada hızlı argon akışı ile numunenin sisleştirilmesi sağlanır. Argon plazmasına çok küçük damlacıklar taşınır. 6000 K sıcaklıklarda olan plazma, numuneyi buharlaştırır ve iyonize eder. İyon akışı örnekleyici (sampler) ve süzücü (skimmer) koniler vasıtasıyla yüksek vakumlu ortama gönderilir. Daha sonra iyon akımı, iyon lensleri ile dört kutuplu (kuadrupol) kütle filtresine yönlendirilir. İyonlar MS'e de kütle/yük oranına göre ayrılarak dedektör tarafından ölçülürler. Elementlerin konsantrasyonlarının belirlenmesi 1-2 dk gibi bir sürede gerçekleşir (Anonim 6).

ICP-MS cihazındaki temel bileşenler; örnek giriş sistemi, plazma, ara birim (interface), iyon lens sistemi, dört kutuplu kütle spektrometresi, dedektör ve vakum sistemidir.

Örnek Giriş Sistemi: Peristaltik pompa, nebulizör ve sprej odacığı bölümlerini içerir. Sıvı örnekleri aerosollere dönüştürüp küçük damlacıkların plazmaya geçmesini, büyük

damlacıkların atılmasını sağlayan kısımdır. Sıvı örnekler nebulizör aracılığıyla argon gazı kullanılarak sisleştirilir. Aerosol haline gelen örnekler enjektör yardımıyla plazmaya ulaştırılır.

Plazma: Hamlaç adı da verilmektedir. Pozitif yüklü iyonların elde edildiği kısımdır. Aralarından argon gazı geçen üç kuvars borudan oluşmaktadır. Argon gazı 10000 K'e kadar yükselir. Aerosol örnekler önce kurur daha sonra iyonize olur ve pozitif yüklü iyonlar elde edilir.

Ara birim: ICP iyon kaynağı ve kütle spektrometresi arasındaki bağlantıyı kurmaktadır. Bu kısımda bulunan örnekleyici ve süzücü koniler pozitif yüklü iyonların geçmesini sağlar. İyonize olmamış türler ve fotonlar tutularak dedektöre geçmesi önlenir. Vakum sistemi de iyon lensleri, kuadropol ve dedektör için gerekli vakumu sağlar.

İyon Lens Sistemi: İyonlara odaklanır ve matriks kısmının kuadropole ulaşmasını engeller.

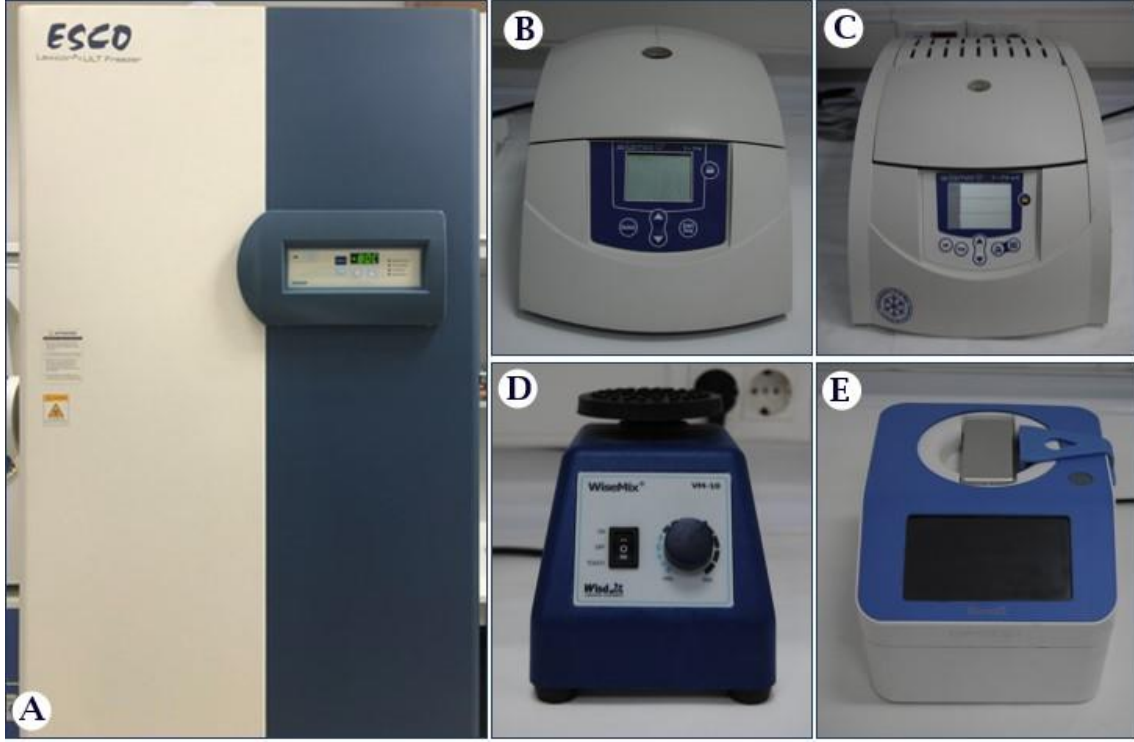
Kütle Spektrometresi: İyonlar kütle/yük oranlarına göre bu kısımda ayrılırlar. Geniş kütle aralığı, kullanımının kolay olması ve sağlamlığı gibi avantajları nedeniyle genellikle kuadropol kütle filtresi kullanılır. Uygun olarak ayarlanan voltaj ve radyo frekansına göre ayırım işlemi gerçekleşir.

Dedektör: Kuadropolden geçen iyonlar, dinod denilen dedektörün aktif yüzeyine çarparlar ve ölçülebilir sinyal oluştururlar. Dinod, iyon çarpmasına karşılık elektron yayar.

ICP-MS cihazı ile analizi yapılabilen elementler; Al, Sn, Au, Ag, As, Ba, Bi, Cs, Se, Fe, B, Ca, Co, Mn, Cd, Zn, Cu, Be, Ge, Br, Ni, Cr, Pb, Sb, Na, Mg, Y, Hg, Ga, Hf, Mo, Nb, Rb, Sc, Sr, Ta, Ti, V, W, Zr, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, La, P, Tl, K, Li, Ru, Rh, Pd, In, Te, I, Re, Os, Ir, Pt, Ce, Pr, Nd, Er, Tm, Yb, Lu, U, Th olarak sıralanabilir (Bakkal, 2014).

2.4. DNA İzolasyonu

Doğal habitatlarından toplanıp -80 °C'de muhafaza edilen yapraklar izolasyon için kullanılmıştır. İzolasyon metodu olarak Doyle (1987) ve Doyle (1990)'un CTAB (Setil trimetil amonyum bromür) protokolü belirli değişikliklerle uygulanmıştır.



Şekil 2.11 DNA izolasyonunda kullanılan cihazlar (A) ESCO, Lexicon II model -80 °C buzdolabı, (B) Sigma santrifüj cihazı, (C) Sigma soğutmalı santrifüj cihazı, (D) WiseMix vortex, VM-10 model, (E) OPTIZEN NanoQ spektrofotometre

2.4.1. DNA izolasyonu için gerekli çözeltilerin hazırlanması

- 250 ml Stok CTAB çözeltisi hazırlanışı:
 - 0,5 M EDTA (pH:8,0); 4,653 gr toz halindeki EDTA 25 ml RNase free water ile tamamlanmıştır ve manyetik karıştırıcı kullanılarak çözdürülmesi ile hazırlanmıştır. pH metre ile ölçüm yapılarak pH 8,0'e ayarlanmıştır.
 - 1 M TRIS-HCl (pH:8,0); 3,94 gr toz halindeki TRIS-HCl 25 ml RNase free water ile tamamlanmıştır ve manyetik karıştırıcı kullanılarak çözdürülmesi ile hazırlanmıştır. pH metre ile ölçüm yapılarak pH 8,0'e ayarlanmıştır.
 - Stok 5 M NaCl; toz halindeki 73,05 gr NaCl 250 ml distile su ile tamamlanarak hazırlanmıştır.
 - Bu çözeltilerden 10 ml 0,5 M EDTA (pH:8,0), 25 ml 1 M TRIS-HCl (pH:8,0) ve 70 ml 5 M NaCl alınarak üzerine 5,5 gr CTAB eklenmiş ve RNase free water ile 250 ml'ye tamamlanmıştır. Böylelikle 250 ml Stok CTAB çözeltisi hazırlanmıştır.

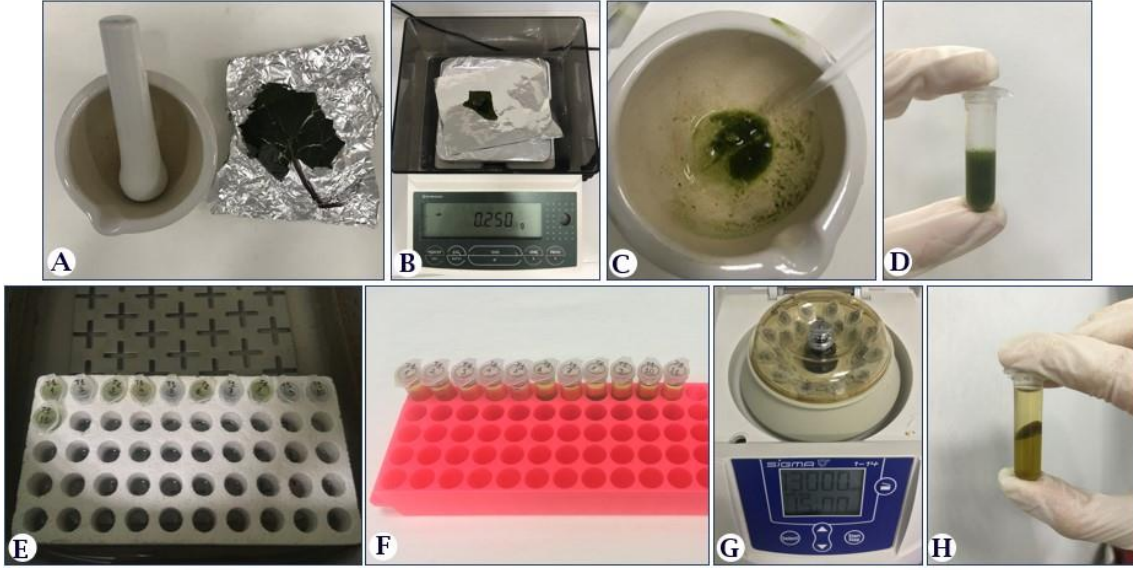
- DNA izolasyonu için kullanılan CTAB protokolüne göre izolasyonu yapılan her birey başına 2 ml Stok CTAB çözeltisi ve 0,08 gr PVP olacak şekilde karıştırılıp 65 °C’de yaklaşık 1 saat çözünmesi beklenmiştir ve lizis solüsyonu hazırlanmıştır.
- %96’lık İzopropanol çözeltisi hazırlanırken 960 ml izopropanol distile su ile 1 L’ye tamamlanmıştır.
- 24:1 Kloroform: Oktanol; 24 birim kloroform ve 1 birim oktanol karıştırılarak hazırlanmıştır.
- %75’lik Etanol çözeltisi hazırlanırken 750 ml etanol distile su ile 1 L’ye tamamlanmıştır.

2.4.2. DNA izolasyon aşamaları

-80 °C’de muhafaza edilen taze yaprak materyallerinden 0,250 gr tartıldı. Fiziksel olarak hücre duvarının kırılması için sıvı azot içinde havan ve tokmak yardımıyla ezildi. Her birey başına 2 ml olacak şekilde lizis solüsyonu (CTAB + PVP) iki aşamada (birer ml şeklinde) eklenip ezmeye devam edilerek homojenize edildi. Homojenize edilen materyalden 1 ml mikro santrifüj tüpüne aktarıldı.

65 °C’de 90 dk sıcak su banyosunda inkübe edildi ve aralıklı olarak ters yüz edildi. Bu aşamada protein denatürasyonu sağlandı. Su banyosundan alınan mikrosantrifüj tüpleri oda sıcaklığında 10 dk bekletildi.

Mikrosantrifüj tüplerinin içine 1 hacim (1 ml) olacak şekilde Kloroform: Oktanol çözeltisi (24:1) eklendi. 13.000 rpm’de 15 dk santrifüjlendi. Santrifüj sonrasında tüm mikrosantrifüj tüplerinde iki faz ayrımı görüldü. Süpernatant yani DNA da dahil olmak üzere suda çözünebilen molekülleri içeren üst kısımdaki sulu fazdan 600 µl pipetle dikkatli bir şekilde temiz mikrosantrifüj tüpüne aktarılırken alt kısımdaki protein, lipid, sekonder metabolitleri içeren kloroformlu organik faz atıldı.



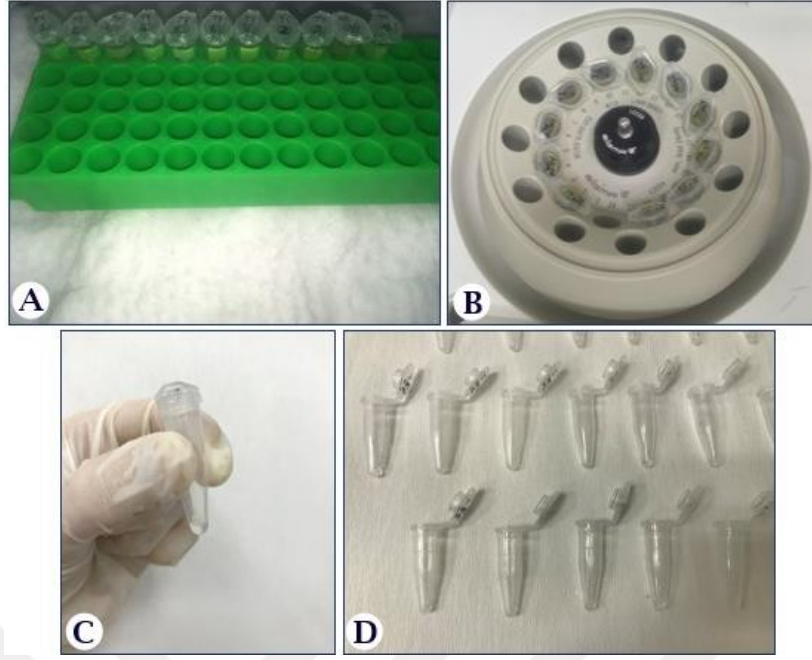
Şekil 2.12 (A) Yaprak örneği, porselen havan ve tokmak, (B) Yaprakların tartılması, (C) Lizis solüsyonu ile yaprakların ezilmesi, (D) 1 ml örneğin ependorfa konulması, (E) Örneklerin su banyosunda inkübe edilmesi, (F) Kloroform eklenen örnekler, (G) Kloroform sonrası santrifüj, (H) Santrifüj sonrası oluşan iki faz

Alınan süpernatant hacmine göre 1 hacim (600 µl) -20 °C’de bekletilmiş %96’lık izopropanol çözeltisi ve ½ hacim (300 µl) 5M NaCl çözeltisi eklendi.-20 °C’de DNA zincirleri görünür hale gelinceye kadar 1 saat bekletildi.

-20 °C’den alınan mikrosantrifüj tüpleri 13.000 rpm’de 10 dk santrifüjlenerek DNA çöktürüldü. Süpernatant kısmı dikkatli bir şekilde uzaklaştırıldı. Pellet halinde olan DNA üzerine ~1 ml %75’lik etanol çözeltisi eklendi. 13.000 rpm’de 3 dk santrifüjlendi. Süpernatant tekrardan uzaklaştırılıp ~1 ml %75’lik etanol çözeltisi eklendi. 13.000 rpm’de 3 dk santrifüjlendi. Bu işlem bir kere daha tekrar edildi.

Son kez 13.000 rpm’de santrifüj edildikten sonra süpernatant atılıp, mikrosantrifüj tüpünde kalan etanol uçurulana kadar oda sıcaklığında 12 saat boyunca kurumaya bırakıldı.

Ertesi gün rehidrasyon için 100 µl RNase free water eklendi ve 37 °C’de 1 saat inkübe edildi.



Şekil 2.13 (A) -20 °C’de bekletilen örnekler, (B) Etanol eklenerek santrifüjlenen örnekler, (C) Pellet halinde görünen DNA, (D) DNA’ların kurumaya bırakılması

2.4.3. DNA konsantrasyonu ve kalitesinin belirlenmesi

İzolasyonu yapılan DNA’ların konsantrasyonları ve saflıkları OPTIZEN NANOQ Spektrofotometre kullanılarak dsDNA modunda ölçüldü. Ölçümlerden sonra tüm DNA konsantrasyonlarının optimizasyonunu sağlamak için DNA’lar RNase free water ile sulandırılarak son konsantrasyonların 100 ng/µl olması sağlandı.

2.5. PCR Uygulamaları

Analize hazır hale getirilen *T. farfara* DNA’larına ISSR primerleri uygulanmış ve genetik çeşitliliğinin belirlenmesi sağlanmıştır. Kullanılan PCR cihazı Şekil 2.14’te gösterilmiştir.



Şekil 2.14 ESCO Aeris Termal Döngüleyici, model BG096

Kullanılan ISSR primerlerinin baz dizileri, boyutları ve bağlanma sıcaklıkları Tablo 2.2’de verilmiştir.

Tablo 2.2 Kullanılan ISSR primerleri (Nagaoka ve Ogihara, 1997)

Primer	Baz Dizisi 5'-3'	Boyut (bp)	Tm (°C)
UBC 807	AGA GAG AGA GAG AGA GT	17	48
UBC 810	GAG AGA GAG AGA GAG AT	17	47
UBC 811	GAG AGA GAG AGA GAG AC	17	47
UBC 812	GAG AGA GAG AGA GAG AA	17	47
UBC 823	TCT CTC TCT CTC TCT CC	17	49
UBC 826	ACA CAC ACA CAC ACA CC	17	48
UBC 828	TGT GTG TGT GTG TGT GA	17	47
UBC 834	AGA GAG AGA GAG AGA GYT	18	51-53
UBC 847	CAC ACA CAC ACA CAC ARC	18	47-50
UBC 849	GTG TGT GTG TGT GTG TYA	18	45-47
UBC 864	ATG ATG ATG ATG ATG AT	17	40

PCR reaksiyonları için reaksiyon karışımı 25 µl olarak hazırlanmıştır. Karışım, distile su 17 µl, *T. farfara* bireylerinden izole edilen 100 ng kalıp DNA 1 µl, 0,1-1 mM primer 1 µl, 15 mM 10X amonyum buffer (reaksiyon tamponu) 2,5 µl, 25 mM MgCl₂ 2,5 µl, 40 mM dNTP karışımı 1 µl, 5 U/µl Taq DNA polimeraz 0,2 µl kullanılarak hazırlanmıştır.

Hazırlanan PCR karışımı ESCO Aeris- BG096 Termal Cycler marka PCR cihazına yerleştirilmiştir. PCR döngü programı 95 °C’de 5 dk ön denatürasyon, 95 °C’de 1 dk denatürasyon, 40-53 °C’de (primere göre değişmekte) 1 dk bağlanma, 72 °C’de 1.40 dk

uzama, 72 °C’de 10 dk son uzama ve toplam 35 döngü şeklinde uygulanmıştır. Cihazdaki işlemin bitiminden sonra PCR ürünleri 4 °C’de bekletilmiştir.

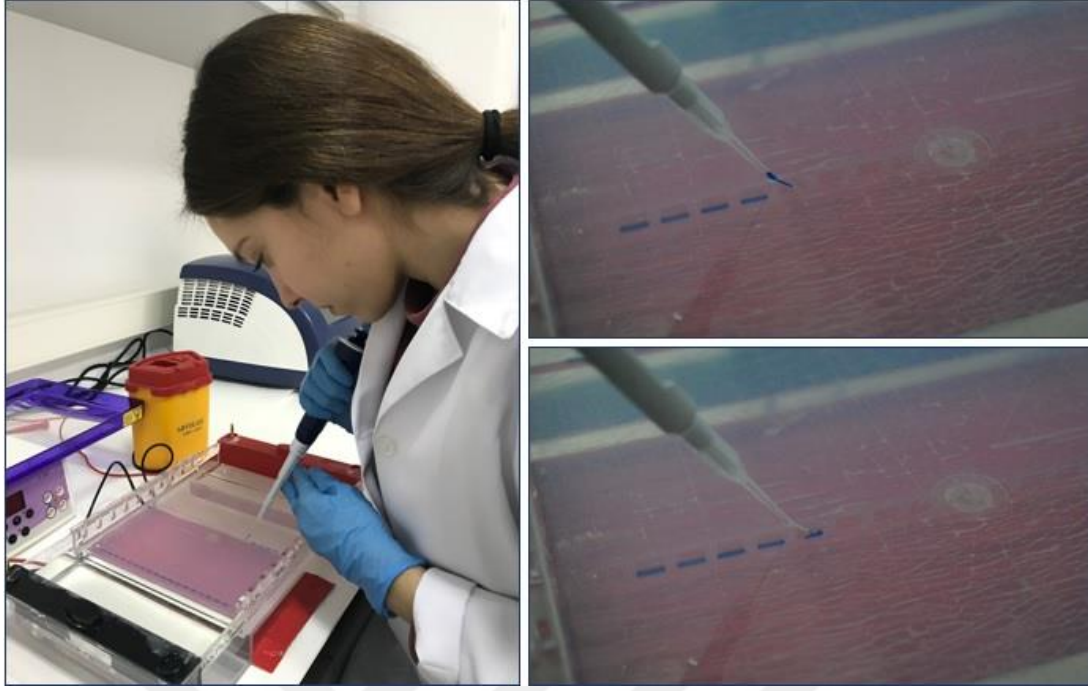
2.6. Agaroz Jel Elektroforezi

Agaroz jel elektroforez işlemi için kullanılan kimyasal ve tamponlar şunlardır:

- 10X TBE; 108 gr Tris base, 55 gr Na₂EDTA, 7,5 gr Borik asit, 1 l distile su ile tamamlanmış ve çözündürülmüştür. Elektroforez tankını doldurmak ve jel hazırlamak amacıyla 10X TBE tamponu uygun miktarda 1X TBE tamponu elde etmek için seyreltilmiştir.
- Agaroz
- Etidyum Bromür (EtBr)
- 6X DNA loading dye; Bromofenol mavisi
- DNA Ladder 100-3000 bp

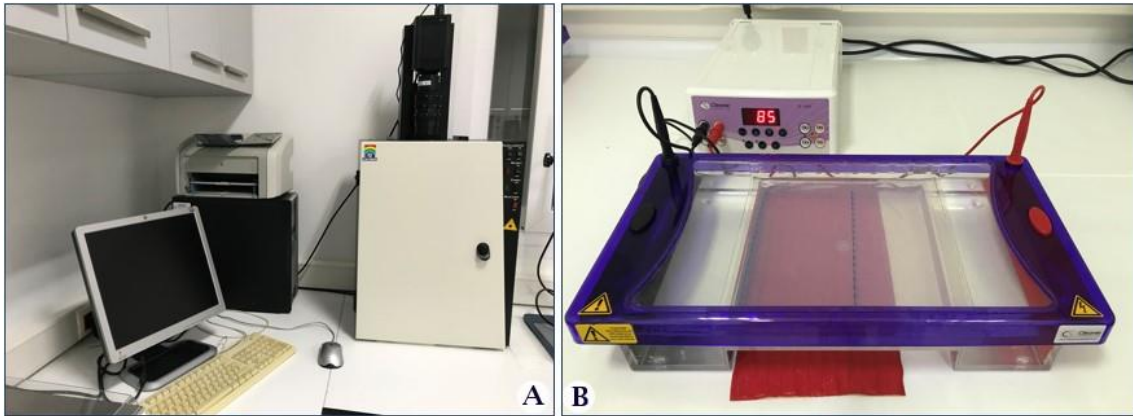
PCR sonucunda oluşan bantların görüntülenmesi amacıyla %1,5’luk agaroz jel elektroforezi yapılmıştır. Bunun için 3,75 gr agaroz tartılmıştır. 250 ml 1X TBE tamponu içinde, mikrodalga fırında yaklaşık 5 dk kaynatılarak çözündürülmüştür. Biraz soğuduktan sonra içerisine, oluşan bantların görüntüleme cihazında UV ışık altında görüntülenebilmeleri için DNA’ya bağlanma özelliği olan 5 µl EtBr ilave edilmiştir. Aynı zamanda jel tepsisine, PCR ürünlerinin yükleneceği kuyucukların oluşmasını sağlayacak olan 20 dişli taraklar yerleştirilmiş ve hazır hale getirilmiştir. Tampon hazırlanan jel tepsisine dökülüp polimerleşmesi için 30 dk beklenmiştir. Jel polimerleştikten sonra taraklar yavaşça çekilerek çıkarılmıştır. Hazırlanan jel, Cleaver Scientific marka elektroforez tankına yerleştirilip üzeri kapanıncaya kadar 1X TBE ile doldurulmuştur.

İlk boş kuyucuğa PCR ürününün büyüklüğünü belirleyebilmek amacıyla 4 µl DNA Ladder yüklenmiştir. 2. kuyucuktan itibaren diğer kuyucuklara ise her bir örneğe ait 3 µl PCR ürünü, 1 µl bromofenol içeren yükleme boyası (6X DNA loading dye) ile karıştırılarak boyanmış ve mikropipet ile yüklenmiştir.



Şekil 2.15 Jel yükleme işlemi

Örnekler Cleaver Scientific marka, omniPAC midi CS-300 V model elektroforez cihazı kullanılarak 90 voltta 90 dk yürütülmüştür. Daha sonra kullanılan jel, Vilbert Lourmat (Transillüminatör) marka jel görüntüleme cihazına yerleştirilmiştir. UV ışık altında bantlar görüntülenmiş ve bilgisayar programı (INFINITY) yardımıyla veriler kaydedilmiştir.



Şekil 2.16 (A) Vilbert Lourmat Transillüminatör, Jel görüntüleme sistemi, (B) Cleaver Scientific omniPAC midi CS-300 V elektroforez cihazı

2.7. Veri Analizi

ISSR primerleri ile çoğaltılan ve elektroforez işlemi ile agaroz jelde görüntülenen DNA bantları varlığına (1) ve yokluğuna (0) bağlı olarak skorlanmıştır. Net ve ayırt edilebilen bantlar veri olarak kabul edilmiştir. Analizler POPGENE 1.32 bilgisayar programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Gözlenen allel sayısı (na), efektif allel sayısı (ne), Nei (1973)'e göre gen çeşitliliği değeri (h), Shannon bilgi indeksi (I) verileri, polimorfik lokus sayıları ve polimorfik lokus yüzdeleri (PPL) hesaplanmıştır. *T. farfara* genotiplerine ait temel koordinat analizi (PCoA) grafiği MVSP 3.22 yazılımı ile elde edilmiştir.



3. BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada İstanbul'un 6 farklı lokalitesinden toplanan *T. farfara* populasyonlarındaki 6'şar bireyin yıkanmış yaprak, yıkanmamış yaprak ve çiçek örneklerinin kuru ağırlıklarındaki ağır metal ve mineral besin element miktarları belirlenmiştir. Ayrıca *T. farfara* genotiplerine ISSR primerleri uygulanmış ve populasyonlar arası genetik çeşitlilik seviyeleri belirlenmiştir.

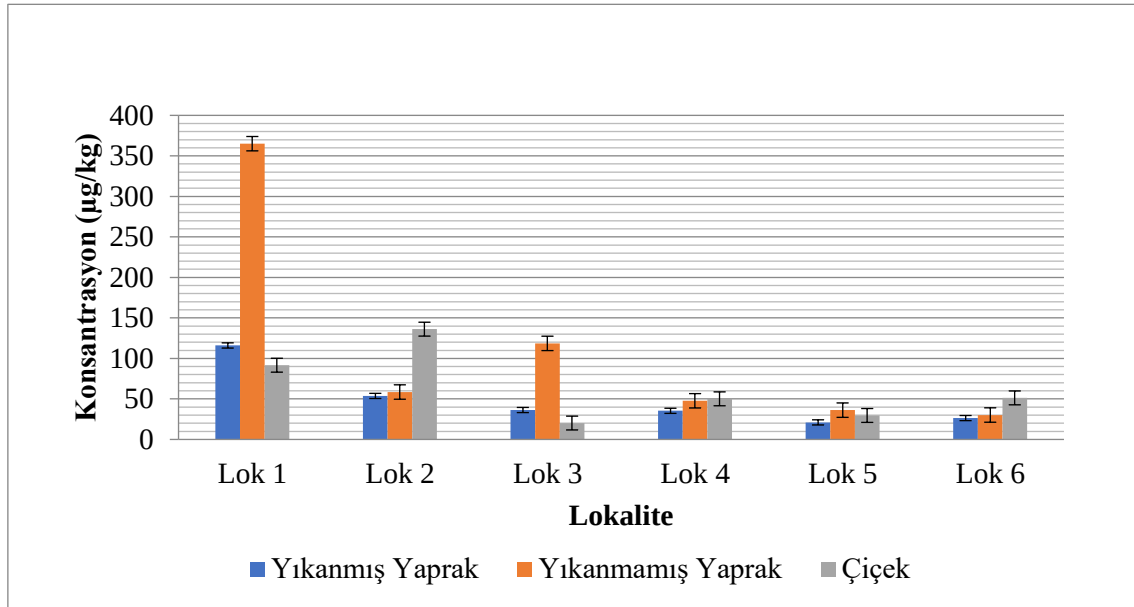
3.1. Ağır Metal ve Mineral Besin Element Miktarları

Alüminyum (Al)

Al için lokalitelere göre ortalama değerler ($\pm$: standart sapma); Lokalite 1'de yıkanmış yaprak değeri $116,039 \pm 7,457$ $\mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $365,057 \pm 14,704$ $\mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $91,655 \pm 9,582$ $\mu\text{g/kg}$, Lokalite 2'de yıkanmış yaprak değeri $53,743 \pm 1,953$ $\mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $58,553 \pm 9,283$ $\mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $136,161 \pm 13,037$ $\mu\text{g/kg}$, Lokalite 3'te yıkanmış yaprak değeri $36,351 \pm 2,841$ $\mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $118,586 \pm 10,556$ $\mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $20,276 \pm 5,242$ $\mu\text{g/kg}$, Lokalite 4'te yıkanmış yaprak değeri $35,370 \pm 3,192$ $\mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $47,707 \pm 7,481$ $\mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $50,143 \pm 8,150$ $\mu\text{g/kg}$, Lokalite 5'te yıkanmış yaprak değeri $21,046 \pm 2,103$ $\mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $36,146 \pm 6,258$ $\mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $29,610 \pm 7,026$ $\mu\text{g/kg}$, Lokalite 6'da yıkanmış yaprak değeri $26,415 \pm 1,544$ $\mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $30,158 \pm 4,986$ $\mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $51,293 \pm 8,326$ $\mu\text{g/kg}$ olarak ölçülmüştür (Şekil 3.1).

İncelenen bitki populasyonlarında Al miktarları; yıkanmış yaprak değeri en yüksek Lokalite 1'de $116,039$ $\mu\text{g/kg}$ ve en düşük Lokalite 5'te $21,046$ $\mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri en yüksek Lokalite 1'de $365,057$ $\mu\text{g/kg}$ ve en düşük Lokalite 6'da $30,158$ $\mu\text{g/kg}$, çiçek değeri en yüksek Lokalite 2'de $136,161$ $\mu\text{g/kg}$ ve en düşük Lokalite 3'te $20,276$ $\mu\text{g/kg}$ olarak ölçülmüştür. Bitki kuru ağırlığında 80 mg/kg Al bulunduğu belirtilmiştir (Markert, 1992). Alüminyumun bitkilerde $50-400$ mg/kg konsantrasyonunda bulunmasının normal olduğu kabul edilmiştir (Kaçar ve İnal, 2010). Başgel ve Erdemoğlu (2006), Türkiye'de yaygın olarak kullanılan 7 bitkisel drog ile yaptıkları çalışmada Al konsantrasyonlarının $87-596$ mg/kg aralığında olduğunu belirlemiştir. Yetişkin bir insanın günlük alabileceği Al sınırı $0,10-0,12$ mg 'dır (Avula ve ark., 2011).

Çalışmamızda toplanan *T. farfara* bireylerinde Al'un normal seviyelerden düşük olduğu, insan sağlığını tehdit edecek seviyelerde bulunmadığı tespit edilmiştir.



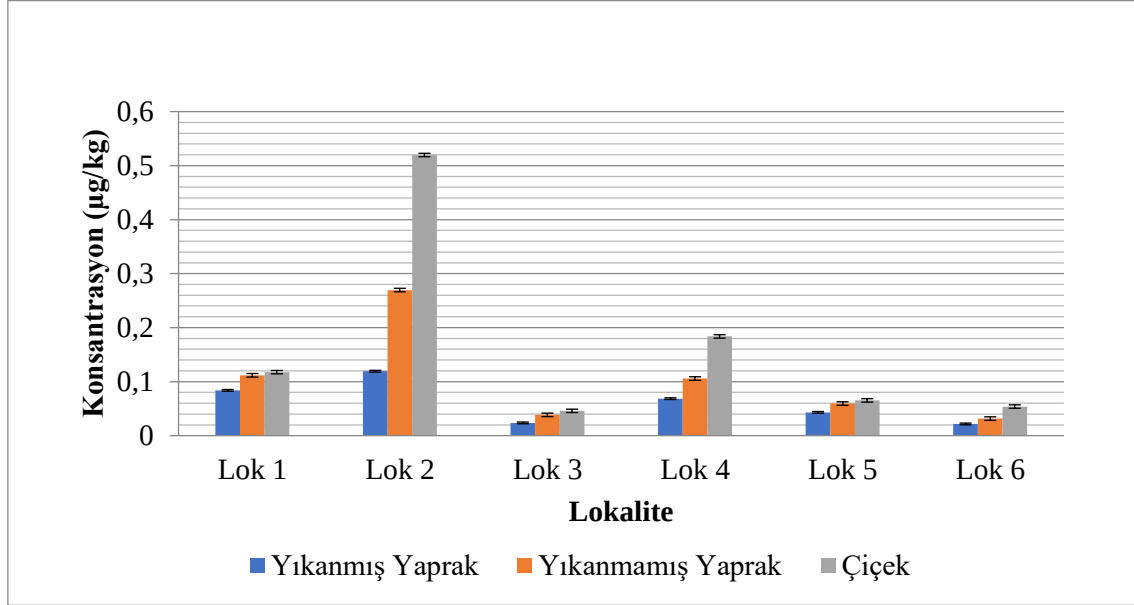
Şekil 3.1 Ortalama Al miktarı

Antimon (Sb)

Sb için lokalitelere göre ortalama değerler; Lokalite 1’de yıkanmış yaprak değeri $0,083 \pm 0,002$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $0,111 \pm 0,002$ µg/kg, çiçek değeri $0,117 \pm 0,005$ µg/kg, Lokalite 2’de yıkanmış yaprak değeri $0,119 \pm 0,001$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $0,269 \pm 0,006$ µg/kg, çiçek değeri $0,519 \pm 0,005$ µg/kg, Lokalite 3’te yıkanmış yaprak değeri $0,023 \pm 0,001$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $0,038 \pm 0,001$ µg/kg, çiçek değeri $0,045 \pm 0,001$ µg/kg, Lokalite 4’te yıkanmış yaprak değeri $0,068 \pm 0,001$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $0,105 \pm 0,004$ µg/kg, çiçek değeri $0,183 \pm 0,003$ µg/kg, Lokalite 5’te yıkanmış yaprak değeri $0,043 \pm 0,001$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $0,059 \pm 0,003$ µg/kg, çiçek değeri $0,065 \pm 0,002$ µg/kg, Lokalite 6’da yıkanmış yaprak değeri $0,021 \pm 0,001$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $0,031 \pm 0,001$ µg/kg, çiçek değeri $0,053 \pm 0,001$ µg/kg olarak ölçülmüştür (Şekil 3.2).

İncelenen bitki populasyonlarında ortalama Sb miktarları; yıkanmış yaprak değeri en yüksek Lokalite 2’de $0,119$ µg/kg ve en düşük Lokalite 6’da $0,021$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri en yüksek Lokalite 2’de $0,269$ µg/kg ve en düşük Lokalite 6’da $0,031$ µg/kg, çiçek değeri en yüksek Lokalite 2’de $0,519$ µg/kg ve en düşük Lokalite 3’te $0,045$

$\mu\text{g/kg}$ olarak ölçülmüştür. Bitki kuru ağırlığında normal seviyelerde 0,1 mg/kg Sb bulunduğunu belirtilmiştir (Markert, 1992). Çalışmamızda toplanan *T. farfara* bireylerinde çok düşük seviyelerde Sb tespit edilmiştir.



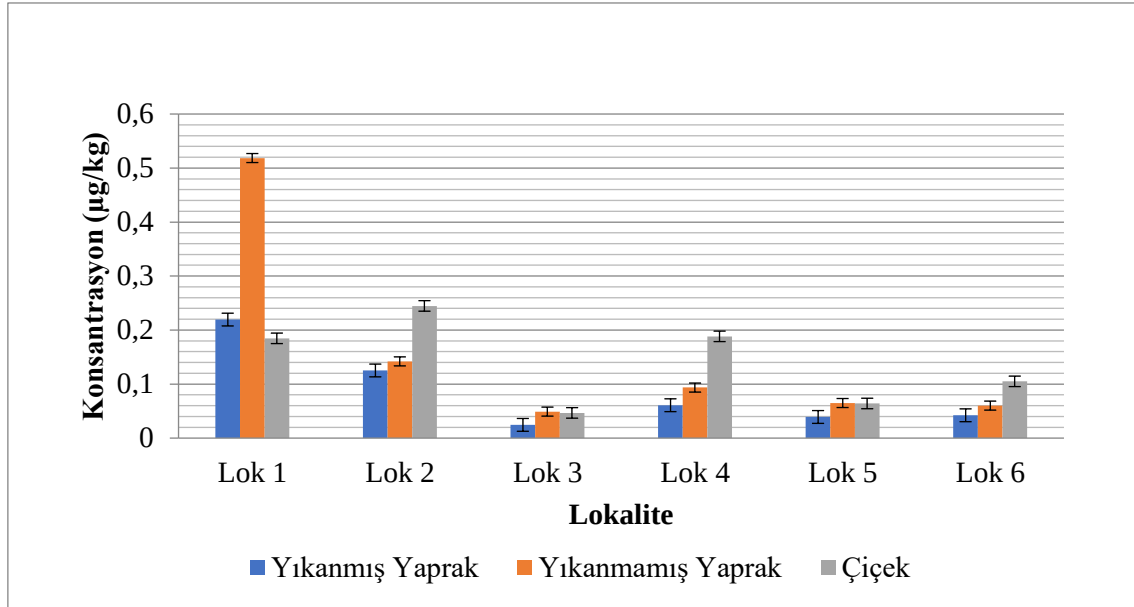
Şekil 3.2 Ortalama Sb miktarı

Arsenik (As)

As için lokalitelere göre ortalama değerler; Lokalite 1’de yıkanmış yaprak değeri $0,219 \pm 0,012 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $0,518 \pm 0,016 \mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $0,184 \pm 0,014 \mu\text{g/kg}$, Lokalite 2’de yıkanmış yaprak değeri $0,125 \pm 0,012 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $0,141 \pm 0,013 \mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $0,244 \pm 0,014 \mu\text{g/kg}$, Lokalite 3’te yıkanmış yaprak değeri $0,024 \pm 0,011 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $0,049 \pm 0,009 \mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $0,046 \pm 0,001 \mu\text{g/kg}$, Lokalite 4’te yıkanmış yaprak değeri $0,060 \pm 0,011 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $0,093 \pm 0,003 \mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $0,188 \pm 0,013 \mu\text{g/kg}$, Lokalite 5’te yıkanmış yaprak değeri $0,039 \pm 0,010 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $0,064 \pm 0,003 \mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $0,064 \pm 0,001 \mu\text{g/kg}$, Lokalite 6’da yıkanmış yaprak değeri $0,042 \pm 0,012 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $0,060 \pm 0,003 \mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $0,105 \pm 0,013 \mu\text{g/kg}$ olarak ölçülmüştür (Şekil 3.3).

İncelenen bitki populasyonlarında ortalama As miktarları; yıkanmış yaprak değeri en yüksek Lokalite 1’de $0,219 \mu\text{g/kg}$ ve en düşük Lokalite 3’te $0,024 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri en yüksek Lokalite 1’de $0,518 \mu\text{g/kg}$ ve en düşük Lokalite 3’te $0,049 \mu\text{g/kg}$, çiçek değeri en yüksek Lokalite 2’de $0,244 \mu\text{g/kg}$ ve en düşük Lokalite 3’de $0,046 \mu\text{g/kg}$

olarak ölçülmüştür. Literatüre bakıldığında As elementinin bitkilerde normal seviyelerde 0,1-5 mg/kg aralığında bulunduğu görülmektedir (Allaway, 1968; Markert, 1992). Yetişkin bir insanın günlük tolere edebileceği As miktarı 21 µg'dır (Avula ve ark., 2011). Çalışmamızda toplanan *T. farfara* bireylerinde As konsantrasyonunun bitki ve insanlar için toksik seviyelerde bulunmadığı belirlenmiştir.



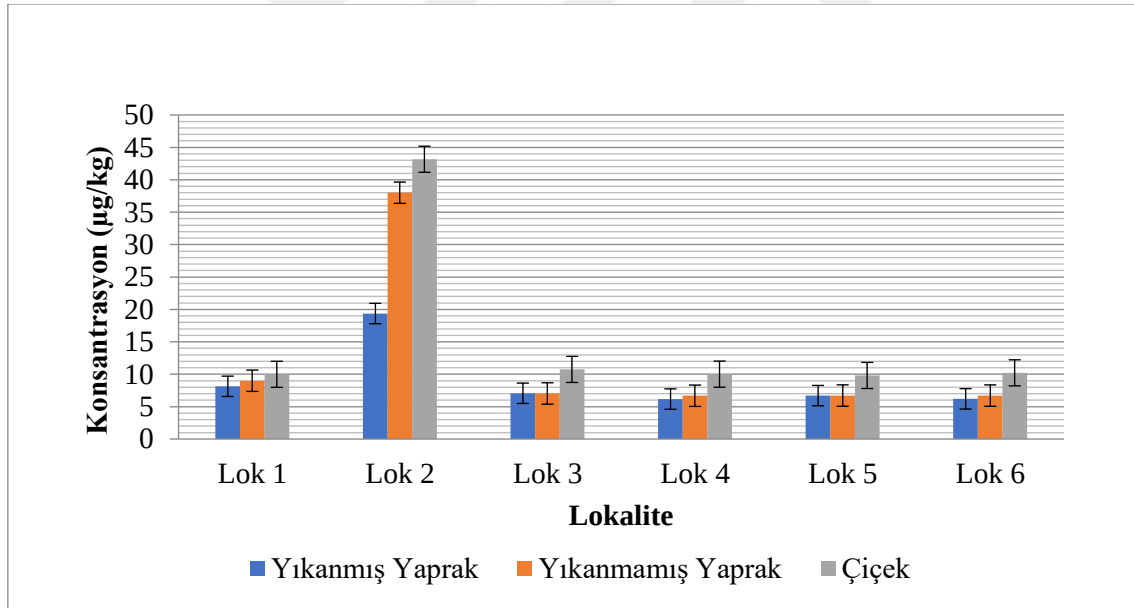
Şekil 3.3 Ortalama As miktarı

Bakır (Cu)

Cu için lokalitelere göre ortalama değerler; Lokalite 1’de yıkanmış yaprak değeri $8,138 \pm 1,545$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $8,999 \pm 1,750$ µg/kg, çiçek değeri $9,991 \pm 1,514$ µg/kg, Lokalite 2’de yıkanmış yaprak değeri $19,367 \pm 1,551$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $38,010 \pm 1,967$ µg/kg, çiçek değeri $43,167 \pm 2,138$ µg/kg, Lokalite 3’te yıkanmış yaprak değeri $7,068 \pm 1,758$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $7,036 \pm 1,690$ µg/kg, çiçek değeri $10,744 \pm 2,185$ µg/kg, Lokalite 4’te yıkanmış yaprak değeri $6,169 \pm 1,479$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $6,683 \pm 1,470$ µg/kg, çiçek değeri $10,012 \pm 2,217$ µg/kg, Lokalite 5’te yıkanmış yaprak değeri $6,701 \pm 1,605$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $6,707 \pm 1,501$ µg/kg, çiçek değeri $9,810 \pm 1,738$ µg/kg, Lokalite 6’da yıkanmış yaprak değeri $6,205 \pm 1,494$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $6,706 \pm 1,503$ µg/kg, çiçek değeri $10,213 \pm 2,287$ µg/kg olarak ölçülmüştür (Şekil 3.4).

İncelenen bitki populasyonlarında ortalama Cu miktarları; yıkanmış yaprak değeri en yüksek Lokalite 2’de $19,367$ µg/kg ve en düşük Lokalite 4’te $6,169$ µg/kg, yıkanmamış

yaprak değeri en yüksek Lokalite 2’de 38,010 $\mu\text{g/kg}$ ve en düşük Lokalite 4’te 6,683 $\mu\text{g/kg}$, çiçek değeri en yüksek Lokalite 2’de 43,167 $\mu\text{g/kg}$ ve en düşük Lokalite 5’te 9,810 $\mu\text{g/kg}$ olarak ölçülmüştür. Bakırın bitki kuru ağırlığında ortalama 10 mg/kg bulunduğu belirtilmiştir (Markert, 1992). Bitkilerde bulunan Cu konsantrasyonunun 20-100 $\mu\text{g/g}$ aralığında toksik etkiye neden olduğu bilinmektedir (Kabata-Pendias ve Pendias, 2001). Allaway (1968), bitkilerde 4-15 mg/kg Cu konsantrasyonunun normal seviyede, 20 mg/kg üstünde bitki için toksik seviyede olduğunu belirtmiştir. Turan (2014), yaptığı çalışmada *T. farfara* yapraklarında 2,733 mg/kg Cu tespit etmiştir. Yetişkin bir insan için günlük tolere edilebilecek Cu miktarı 900 μg ’dır. Çalışmamızda toplanan *T. farfara* bireylerindeki Cu konsantrasyonu düşük değerlerde tespit edilmiştir ve toksik etkilere neden olacak seviyelerde bulunmadığı görülmektedir. Lokalite 2’den toplanan bireylerde diğer lokalitelerden toplanan bireylere göre fazla Cu birikimi görüldüğünü, toplanan bireylerin bir demir-döküm dükkanının yanında yetişmesi ve bu kaynaktan etrafa Cu salınımı olduğu düşünülmektedir.



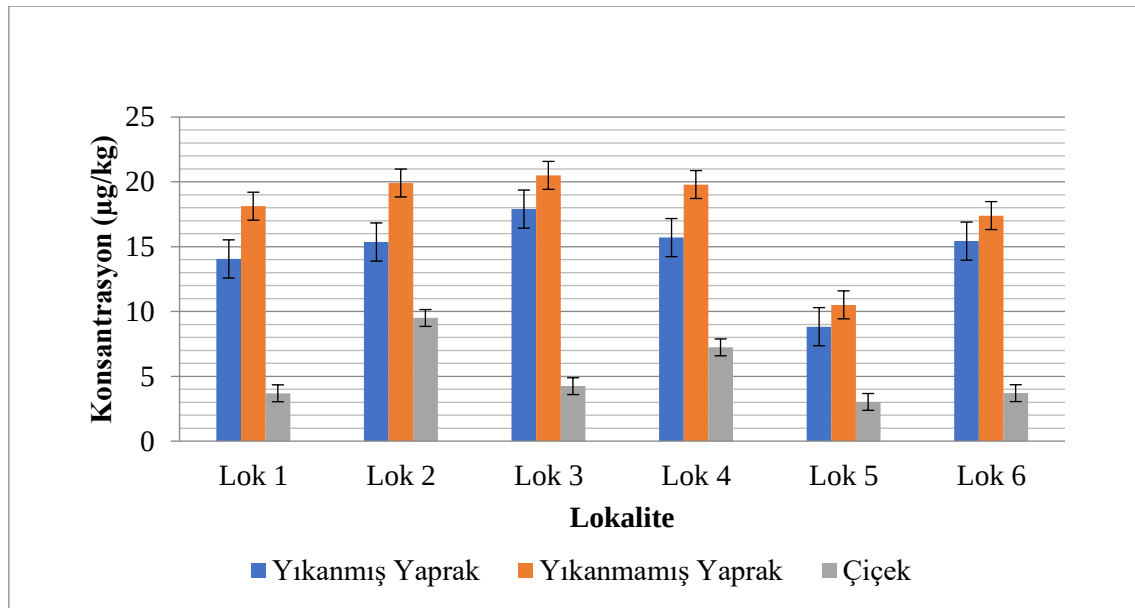
Şekil 3.4 Ortalama Cu miktarı

Baryum (Ba)

Ba için lokalitelere göre ortalama değerler ($\pm$: standart sapma); Lokalite 1’de yıkanmış yaprak değeri $14,055 \pm 1,710$ $\mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $18,126 \pm 0,882$ $\mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $3,690 \pm 0,674$ $\mu\text{g/kg}$, Lokalite 2’de yıkanmış yaprak değeri $15,362 \pm 1,299$ $\mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $19,912 \pm 0,997$ $\mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $9,501 \pm 1,00$ $\mu\text{g/kg}$,

Lokalite 3'te yıkanmış yaprak değeri $17,900 \pm 1,633$ $\mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $20,501 \pm 1,232$ $\mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $4,241 \pm 0,529$ $\mu\text{g/kg}$, Lokalite 4'te yıkanmış yaprak değeri $15,701 \pm 1,730$ $\mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $19,794 \pm 1,592$ $\mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $7,230 \pm 0,853$ $\mu\text{g/kg}$, Lokalite 5'te yıkanmış yaprak değeri $8,831 \pm 1,135$ $\mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $10,512 \pm 0,807$ $\mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $3,025 \pm 0,257$ $\mu\text{g/kg}$, Lokalite 6'da yıkanmış yaprak değeri $15,430 \pm 1,312$ $\mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $17,400 \pm 0,955$ $\mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $3,701 \pm 0,577$ $\mu\text{g/kg}$ olarak ölçülmüştür (Şekil 3.5).

İncelenen bitki populasyonlarında ortalama Ba miktarları; yıkanmış yaprak değeri en yüksek Lokalite 3'te $17,900$ $\mu\text{g/kg}$ ve en düşük Lokalite 5'te $8,831$ $\mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri en yüksek Lokalite 3'te $20,501$ $\mu\text{g/kg}$ ve en düşük Lokalite 5'te $10,512$ $\mu\text{g/kg}$, çiçek değeri en yüksek Lokalite 2'de $9,501$ $\mu\text{g/kg}$ ve en düşük Lokalite 5'te $3,025$ $\mu\text{g/kg}$ olarak ölçülmüştür. Bitki kuru ağırlığında 40 mg/kg Ba bulunduğu belirtilmiştir (Markert, 1992). Bitkilerde normal seviyelerdeki Ba konsantrasyonun $10-100$ mg/kg aralığında olduğu kabul edilmiştir (Kabata-Pendias, 2010). Bitkilerde ortalama $7-13$ mg/kg Ba bulunmaktadır (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007). Kalny ve ark. (2007), *Taraxacum officinalis*, *Betula* sp. ve *Crataegus* sp. tıbbi bitkilerinde sırasıyla 25 mg/kg , $72,6$ mg/kg , 55 mg/kg Ba tespit etmişlerdir. Başgel ve Erdemoğlu (2006), 7 herbal drogunda $5,4-74$ mg/kg aralığında Ba tespit etmiştir. Çalışmamızda toplanan *T. farfara* bireylerinde Ba düşük seviyelerde bulunmaktadır.

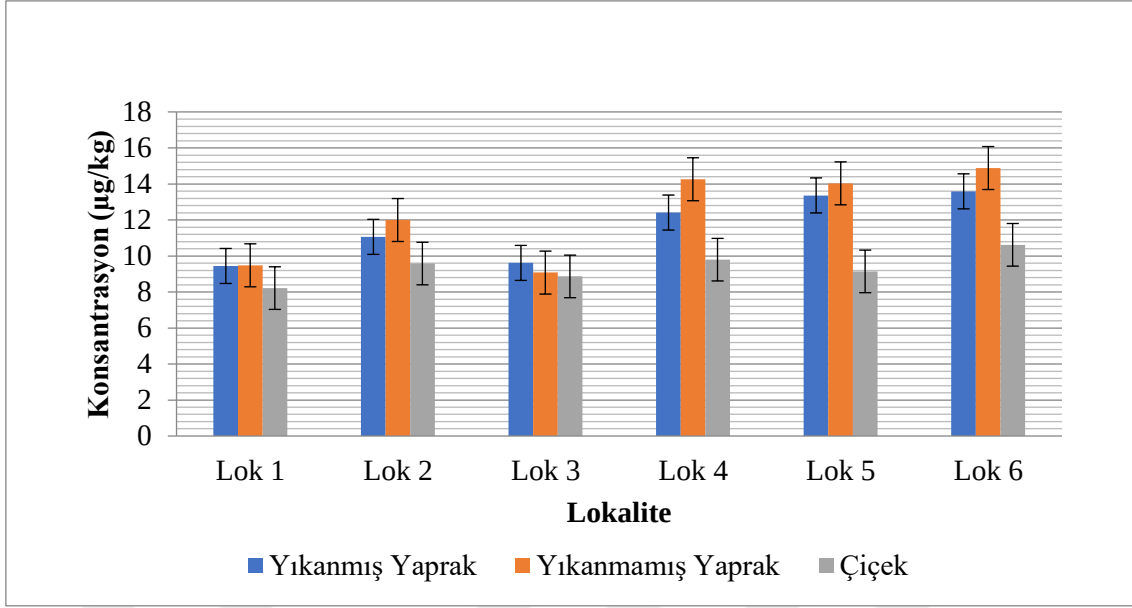


Şekil 3.5 Ortalama Ba miktarı

Bor (B)

B için lokalitelere göre ortalama değerler; Lokalite 1’de yıkanmış yaprak değeri $9,444 \pm 1,361 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $9,480 \pm 0,543 \mu\text{g/kg}$, iek değeri $8,214 \pm 0,604 \mu\text{g/kg}$, Lokalite 2’de yıkanmış yaprak değeri $11,061 \pm 0,624 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $11,996 \pm 0,467 \mu\text{g/kg}$, iek değeri $9,579 \pm 1,672 \mu\text{g/kg}$, Lokalite 3’te yıkanmış yaprak değeri $9,614 \pm 0,269 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $9,077 \pm 0,529 \mu\text{g/kg}$, iek değeri $8,863 \pm 1,256 \mu\text{g/kg}$, Lokalite 4’te yıkanmış yaprak değeri $12,412 \pm 1,493 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $14,260 \pm 1,980 \mu\text{g/kg}$, iek değeri $9,792 \pm 1,476 \mu\text{g/kg}$, Lokalite 5’te yıkanmış yaprak değeri $13,360 \pm 1,118 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $14,031 \pm 1,00 \mu\text{g/kg}$, iek değeri $9,143 \pm 1,226 \mu\text{g/kg}$, Lokalite 6’da yıkanmış yaprak değeri $13,587 \pm 0,965 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $14,883 \pm 2,628 \mu\text{g/kg}$, iek değeri $10,619 \pm 0,861 \mu\text{g/kg}$ olarak ölçülmüştür (şekil 3.6).

İncelenen bitki populasyonlarında ortalama B miktarları; yıkanmış yaprak değeri en yüksek Lokalite 6’da $13,587 \mu\text{g/kg}$ ve en düşük Lokalite 1’de $9,444 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri en yüksek Lokalite 6’da $14,883 \mu\text{g/kg}$ ve en düşük Lokalite 3’te $9,077 \mu\text{g/kg}$, iek değeri en yüksek Lokalite 6’da $10,619 \mu\text{g/kg}$ ve en düşük Lokalite 1’de $8,214 \mu\text{g/kg}$ olarak ölçülmüştür. Bitkilerin bünyesinde bulundurabileceği B eser miktarı $3,0\text{-}90 \text{ mg/kg}$ olarak belirtilmiştir (Kabata-Pendias, 2010). Bitkilerde $5\text{-}30 \text{ mg/kg}$ B konsantrasyonunun normal ve 75 mg/kg ’dan büyük konsantrasyonların toksik seviyeler olduğu kabul edilmiştir (Allaway, 1968). Turan (2014), *T. farfara* yapraklarında $27,044 \text{ mg/kg}$ B tespit etmiştir. Tüm lokalitelerden toplanan *T. farfara* bireylerinde normalden düşük seviyelerde tespit edilmiştir.



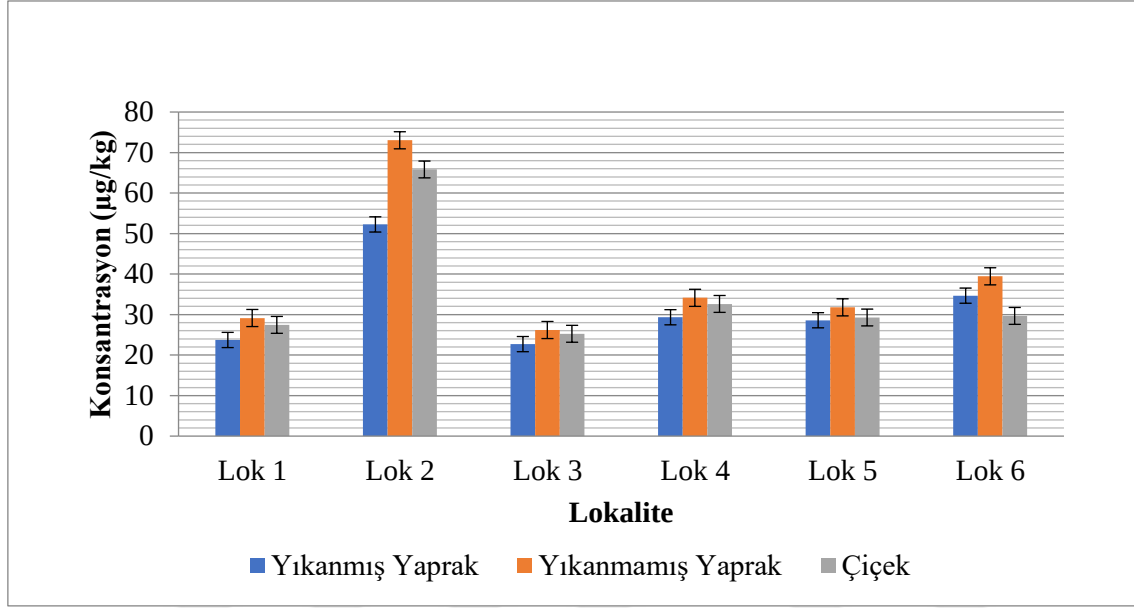
Şekil 3.6 Ortalama B miktarı

Çinko (Zn)

Zn için lokalitelere göre ortalama değerler; Lokalite 1’de yıkanmış yaprak değeri $23,726 \pm 1,474$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $29,147 \pm 1,517$ µg/kg, çiçek değeri $27,455 \pm 1,090$ µg/kg, Lokalite 2’de yıkanmış yaprak değeri $52,257 \pm 2,642$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $73,020 \pm 2,847$ µg/kg, çiçek değeri $65,824 \pm 3,409$ µg/kg, Lokalite 3’te yıkanmış yaprak değeri $22,707 \pm 0,998$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $26,184 \pm 1,856$ µg/kg, çiçek değeri $25,259 \pm 2,305$ µg/kg, Lokalite 4’te yıkanmış yaprak değeri $29,333 \pm 1,728$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $34,132 \pm 2,643$ µg/kg, çiçek değeri $32,624 \pm 1,770$ µg/kg, Lokalite 5’te yıkanmış yaprak değeri $28,596 \pm 1,896$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $31,777 \pm 1,305$ µg/kg, çiçek değeri $29,276 \pm 2,031$ µg/kg, Lokalite 6’da yıkanmış yaprak değeri $34,677 \pm 2,500$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $39,438 \pm 2,497$ µg/kg, çiçek değeri $29,667 \pm 1,891$ µg/kg olarak ölçülmüştür (Şekil 3.7).

Zn için yıkanmış yaprak değeri en yüksek Lokalite 2’de $52,257$ µg/kg ve en düşük Lokalite 3’te $22,707$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri en yüksek Lokalite 2’de $73,020$ µg/kg ve en düşük Lokalite 3’te $26,184$ µg/kg, çiçek değeri en yüksek Lokalite 2’de $65,824$ µg/kg ve en düşük Lokalite 3’te $25,259$ µg/kg olarak ölçülmüştür. Lokaliteler karşılaştırıldığında, en yoğun Zn birikimi Lokalite 2’de görülmektedir. Bitkilerde ortalama 8-15 mg/kg aralığında Zn bulunduğu, 200 mg/kg ve üstündeki seviyelerde toksik etkilere yol açtığı belirtilmiştir (Allaway, 1968). *T. farfara* yapraklarında, Ceylan

(2013) 0,28 mg.100 g⁻¹ ve Turan (2014) 16,372 mg/kg Zn tespit etmişlerdir. Özcan ve Akbulut (2008) ise, 31 tıbbi bitki içeriğindeki Zn seviyelerinin 7,18–48,36 mg/kg aralığında olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmamızda toplanan *T. farfara* bireylerinde Zn miktarlarının yüksek konsantrasyonlarda bulunmadığı ve toksik etkilere neden olmayacağı belirlenmiştir.



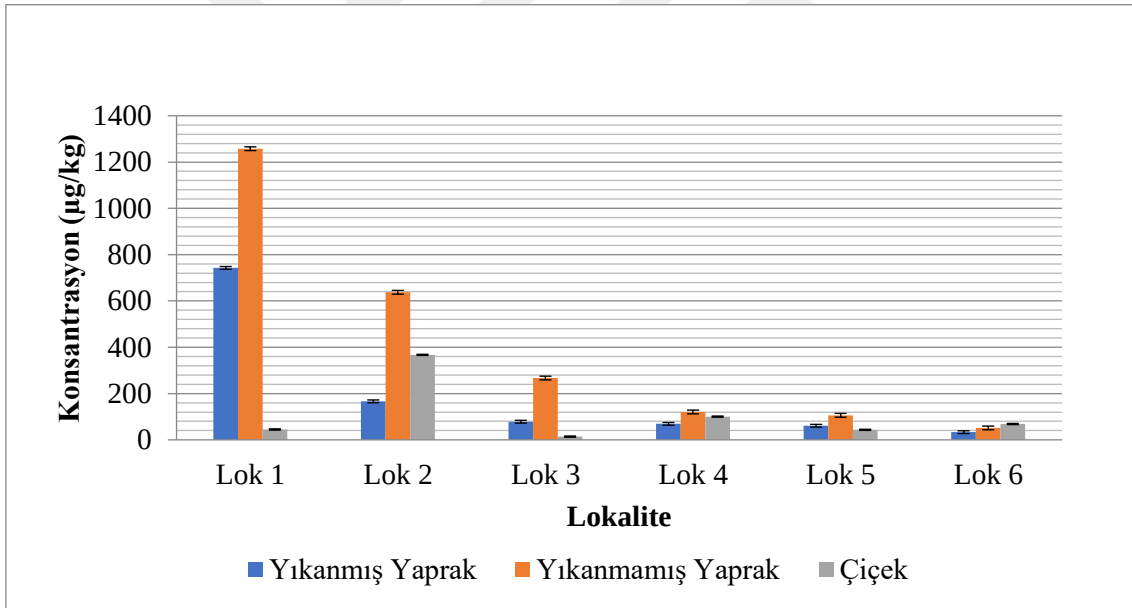
Şekil 3.7 Ortalama Zn miktarı

Demir (Fe)

Fe için lokalitelere göre ortalama değerler; Lokalite 1’de yıkanmış yaprak değeri 742,874 ± 17,730 µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri 1257,518 ± 17,953 µg/kg, çiçek değeri 44,770 ± 1,362 µg/kg, Lokalite 2’de yıkanmış yaprak değeri 166,168 ± 6,604 µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri 637,502 ± 12,566 µg/kg, çiçek değeri 367,115 ± 5,767 µg/kg, Lokalite 3’te yıkanmış yaprak değeri 78,493 ± 4,195 µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri 267,035 ± 9,726 µg/kg, çiçek değeri 14,011 ± 0,616 µg/kg, Lokalite 4’te yıkanmış yaprak değeri 69,076 ± 3,080 µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri 120,427 ± 4,780 µg/kg, çiçek değeri 100,386 ± 3,281 µg/kg, Lokalite 5’te yıkanmış yaprak değeri 60,950 ± 2,599 µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri 106,044 ± 2,436 µg/kg, çiçek değeri 43,267 ± 1,362 µg/kg, Lokalite 6’da yıkanmış yaprak değeri 33,035 ± 1,286 µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri 51,415 ± 1,179 µg/kg, çiçek değeri 68,379 ± 2,691 µg/kg olarak ölçülmüştür (Şekil 3.8).

Fe için yıkanmış yaprak değeri en yüksek Lokalite 1’de 742,874 µg/kg ve en düşük Lokalite 6’da 33,035 µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri en yüksek Lokalite 1’de 1257,518

$\mu\text{g/kg}$ ve en düşük Lokalite 6'da 51,415 $\mu\text{g/kg}$, çiçek değeri en yüksek Lokalite 2'de 367,115 $\mu\text{g/kg}$ ve en düşük Lokalite 3'te 14,011 $\mu\text{g/kg}$ olarak ölçülmüştür. Lokaliteler karşılaştırıldığında, en yoğun Fe birikimi Lokalite 1'de görülmektedir. Literatürde bitkilerdeki Fe konsantrasyonunun 2-250 mg/kg aralığında normal olduğu belirtilmiştir (Kabata-Pendias ve Pendias, 2001). Başgel ve Erdemoğlu (2006), 7 bitkisel drog içeriğindeki Fe miktarlarını 224–502,7 mg/kg aralığında tespit etmişlerdir. Özcan ve Akbulut (2008) ise, 31 çeşit tıbbi bitki içeriğindeki Fe miktarlarının 44,83–1799,5 mg/kg aralığında olduğunu tespit etmiştir. *T. farfara* yapraklarındaki Fe miktarları Ceylan (2013) tarafından 1,25 mg.100 g^{-1} , Turan (2014) tarafından 728,432 mg/kg olarak belirlenmiştir. Çalışmalarda görüldüğü gibi Fe miktarları bireyler arasında büyük farklılıklar göstermektedir. Çalışmamızda toplanan *T. farfara* bireylerindeki Fe miktarlarının lokaliteler arasında büyük farklılıklar gösterdiği ve normal seviyelerden düşük miktarlarda bulunduğu belirlenmiştir.



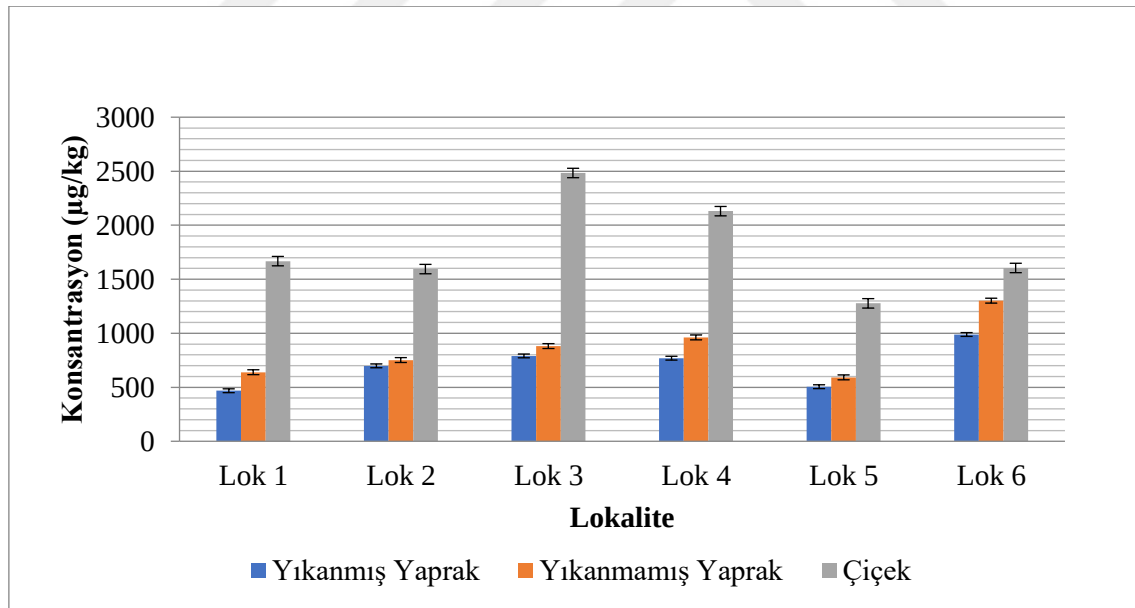
Şekil 3.8 Ortalama Fe miktarı

Fosfor (P)

P için lokalitelere göre ortalama değerler; Lokalite 1'de yıkanmış yaprak değeri $467,564 \pm 24,697 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $639,333 \pm 37,314 \mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $1667,516 \pm 24,061 \mu\text{g/kg}$, Lokalite 2'de yıkanmış yaprak değeri $698,066 \pm 17,631 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $751,942 \pm 13,339 \mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $1593,956 \pm 55,221 \mu\text{g/kg}$, Lokalite 3'te yıkanmış yaprak değeri $790,041 \pm 10,033 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak

değeri $881,205 \pm 13,824 \mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $2483,519 \pm 58,888 \mu\text{g/kg}$, Lokalite 4'te yıkanmış yaprak değeri $769,412 \pm 9,843 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $961,305 \pm 10,732 \mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $2130,137 \pm 44,717 \mu\text{g/kg}$, Lokalite 5'te yıkanmış yaprak değeri $505,221 \pm 9,611 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $591,279 \pm 20,208 \mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $1276,899 \pm 28,678 \mu\text{g/kg}$, Lokalite 6'da yıkanmış yaprak değeri $988,374 \pm 34,080 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $1301,918 \pm 40,104 \mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $1604,422 \pm 50,073 \mu\text{g/kg}$ olarak ölçülmüştür (Şekil 3.9).

P için yıkanmış yaprak değeri en yüksek Lokalite 6'da $988,374 \mu\text{g/kg}$ ve en düşük Lokalite 1'de $467,564 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri en yüksek Lokalite 6'da $1301,918 \mu\text{g/kg}$ ve en düşük Lokalite 5'te $591,279 \mu\text{g/kg}$, çiçek değeri en yüksek Lokalite 3'te $2483,519 \mu\text{g/kg}$ ve en düşük Lokalite 5'te $1276,899 \mu\text{g/kg}$ olarak ölçülmüştür. Çiçeklenme döneminde gerekli olan P elementinin, çiçeklerde yapraklardan daha çok bulunduğu görülmektedir. Literatürde bitkilerde bulunan P alt ve üst sınırları $500\text{-}5000 \text{ mg/kg}$ olarak belirtilmiştir (Kaçar ve İnal, 2010). Çalışmamızda toplanan *T. farfara* bireylerindeki P seviyelerinin normal değerlerden daha düşük olduğu görülmektedir.



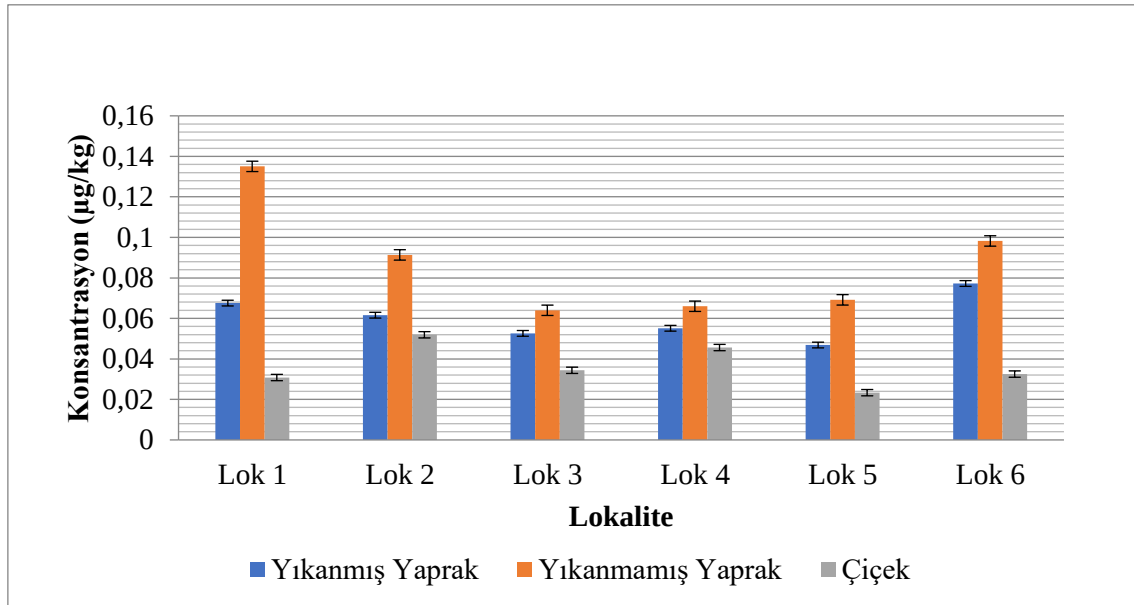
Şekil 3.9 Ortalama P miktarı

Kadmiyum (Cd)

Cd için lokalitelere göre ortalama değerler; Lokalite 1'de yıkanmış yaprak değeri $0,067 \pm 0,001 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $0,135 \pm 0,004 \mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $0,030 \pm 0,001 \mu\text{g/kg}$, Lokalite 2'de yıkanmış yaprak değeri $0,061 \pm 0,001 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış

yaprak değeri $0,091 \pm 0,002 \mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $0,051 \pm 0,002 \mu\text{g/kg}$, Lokalite 3'te yıkanmış yaprak değeri $0,052 \pm 0,001 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $0,064 \pm 0,001 \mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $0,034 \pm 0,001 \mu\text{g/kg}$, Lokalite 4'te yıkanmış yaprak değeri $0,055 \pm 0,002 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $0,066 \pm 0,001 \mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $0,045 \pm 0,001 \mu\text{g/kg}$, Lokalite 5'te yıkanmış yaprak değeri $0,046 \pm 0,001 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $0,069 \pm 0,002 \mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $0,023 \pm 0,001 \mu\text{g/kg}$, Lokalite 6'da yıkanmış yaprak değeri $0,077 \pm 0,001 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $0,098 \pm 0,003 \mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $0,032 \pm 0,001 \mu\text{g/kg}$ olarak ölçülmüştür (Şekil 3.10).

Cd için yıkanmış yaprak değeri en yüksek Lokalite 6'da $0,077 \mu\text{g/kg}$ ve en düşük Lokalite 5'te $0,046 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri en yüksek Lokalite 1'de $0,135 \mu\text{g/kg}$ ve en düşük Lokalite 3'te $0,064 \mu\text{g/kg}$, çiçek değeri en yüksek Lokalite 2'de $0,051 \mu\text{g/kg}$ ve en düşük Lokalite 5'te $0,023 \mu\text{g/kg}$ olarak ölçülmüştür. Bitki bünyesinde bulunan Cd konsantrasyonu $0,2-0,8 \text{ mg/kg}$ olarak belirtilmiştir (Allaway, 1968). Yetişkin bir kişi için günlük tolere edilebilir Cd miktarı $14 \mu\text{g}$ 'dır (Avula ve ark., 2011). *T. farfara* yapraklarında Cd konsantrasyonları; Kabelitz (1998) tarafından $0,40 \text{ mg/kg}$; Gasser ve ark. tarafından (2009) $0,31 \text{ mg/kg}$; Turan (2014) tarafından $0,241 \text{ mg/kg}$ olarak belirlenmiştir. Çalışmamızda *T. farfara* çiçek ve yapraklarında toksik seviyelerden çok daha düşük seviyelerde Cd biriktiği görülmektedir.

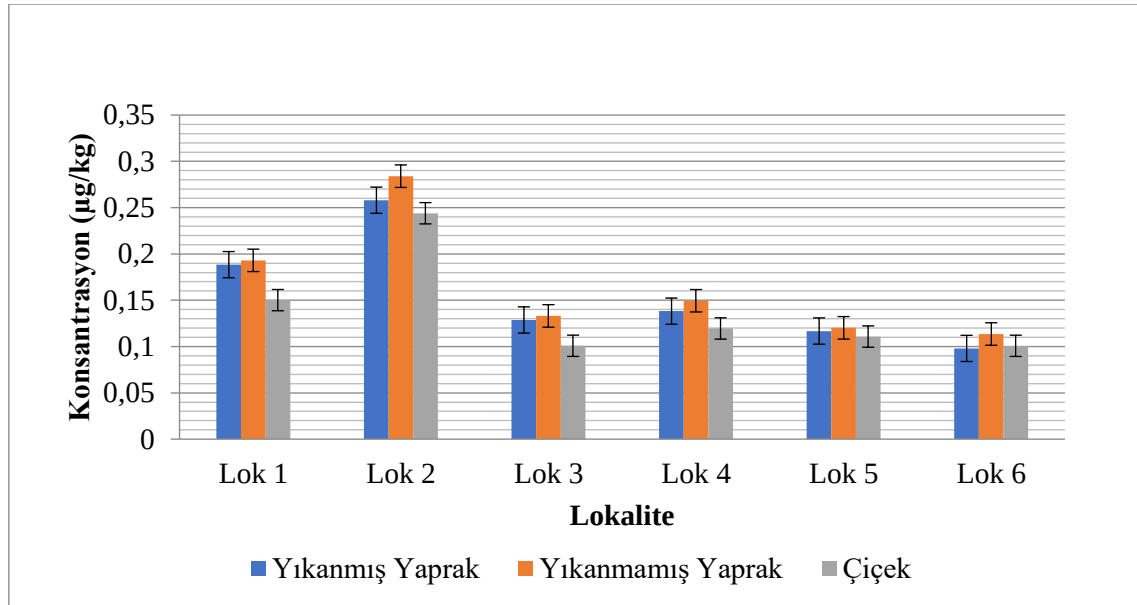


Şekil 3.10 Ortalama Cd miktarı

Kalay (Sn)

Sn için lokalitelere göre ortalama değerler; Lokalite 1’de yıkanmış yaprak değeri $0,188 \pm 0,017$ $\mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $0,193 \pm 0,009$ $\mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $0,150 \pm 0,013$ $\mu\text{g/kg}$, Lokalite 2’de yıkanmış yaprak değeri $0,258 \pm 0,012$ $\mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $0,283 \pm 0,015$ $\mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $0,243 \pm 0,014$ $\mu\text{g/kg}$, Lokalite 3’te yıkanmış yaprak değeri $0,128 \pm 0,013$ $\mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $0,133 \pm 0,009$ $\mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $0,100 \pm 0,010$ $\mu\text{g/kg}$, Lokalite 4’te yıkanmış yaprak değeri $0,138 \pm 0,011$ $\mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $0,149 \pm 0,015$ $\mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $0,119 \pm 0,010$ $\mu\text{g/kg}$, Lokalite 5’te yıkanmış yaprak değeri $0,116 \pm 0,013$ $\mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $0,120 \pm 0,012$ $\mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $0,110 \pm 0,010$ $\mu\text{g/kg}$, Lokalite 6’da yıkanmış yaprak değeri $0,097 \pm 0,016$ $\mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $0,113 \pm 0,010$ $\mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $0,100 \pm 0,008$ $\mu\text{g/kg}$ olarak ölçölmüştür (şekil 3.11).

Sn için yıkanmış yaprak değeri en yüksek Lokalite 2’de $0,258$ $\mu\text{g/kg}$ ve en düşük Lokalite 6’da $0,097$ $\mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri en yüksek Lokalite 2’de $0,283$ $\mu\text{g/kg}$ ve en düşük Lokalite 6’da $0,113$ $\mu\text{g/kg}$, çiçek değeri en yüksek Lokalite 2’de $0,243$ $\mu\text{g/kg}$ ve en düşük Lokalite 6’da $0,100$ $\mu\text{g/kg}$ olarak ölçölmüştür. Bitki bünyesinde bulunan Sn konsantrasyonunun $0,1-1$ mg/kg aralığında olduğu belirtilmiştir (Kabata-Pendias, 2010). Çalışmamızda toplanan *T. farfara* bireylerindeki Sn konsantrasyonunun lokaliteler arasında büyük farklar göstermediği ve düşük seviyelerde bulunduğu belirlenmiştir.

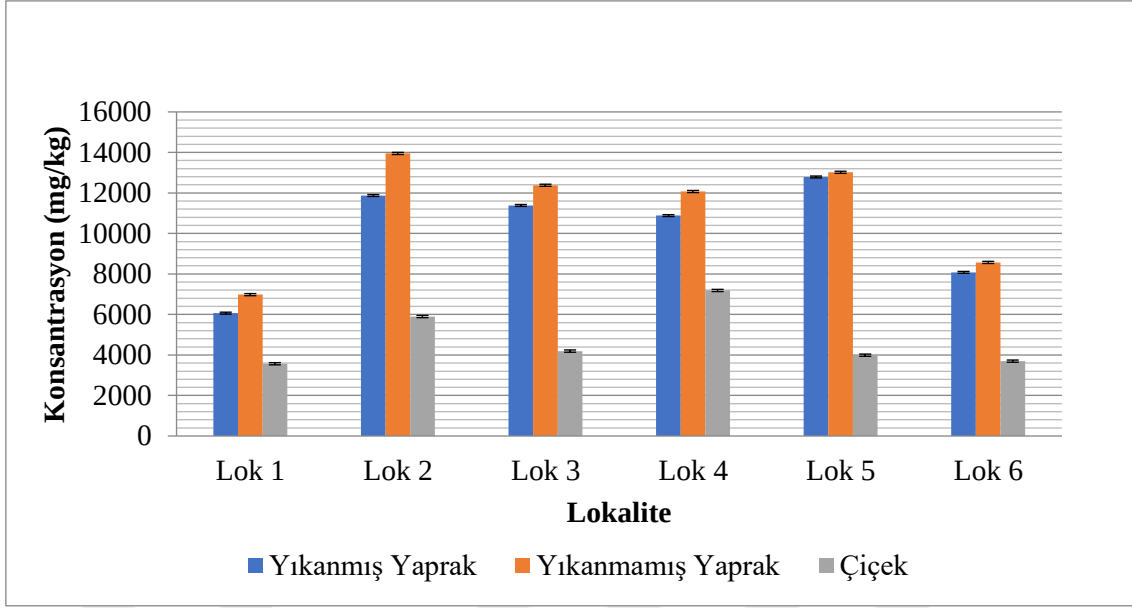


şekil 3.11 Ortalama Sn miktarı

Kalsiyum (Ca)

Ca için lokalitelere göre ortalama değerler; Lokalite 1’de yıkanmış yaprak değeri $6066,977 \pm 16,352$ mg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $6979,885 \pm 33,543$ mg/kg, çiçek değeri $3567,230 \pm 42,736$ mg/kg, Lokalite 2’de yıkanmış yaprak değeri $11874,429 \pm 45,598$ mg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $13950,329 \pm 71,483$ mg/kg, çiçek değeri $5898,751 \pm 56,960$ mg/kg, Lokalite 3’te yıkanmış yaprak değeri $11383,784 \pm 51,431$ mg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $12379,659 \pm 63,238$ mg/kg, çiçek değeri $4191,742 \pm 43,081$ mg/kg, Lokalite 4’te yıkanmış yaprak değeri $10881,742 \pm 47,932$ mg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $12072,034 \pm 45,109$ mg/kg, çiçek değeri $7185,281 \pm 82,911$ mg/kg, Lokalite 5’te yıkanmış yaprak değeri $12788,379 \pm 84,187$ mg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $13020,137 \pm 65,029$ mg/kg, çiçek değeri $3991,501 \pm 52,054$ mg/kg, Lokalite 6’da yıkanmış yaprak değeri $8079,450 \pm 37,963$ mg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $8570,538 \pm 39,047$ mg/kg, çiçek değeri $3697,103 \pm 54,866$ mg/kg olarak ölçülmüştür (Şekil 3.12).

Ca için yıkanmış yaprak değeri en yüksek Lokalite 5’te $12788,379$ mg/kg ve en düşük Lokalite 1’de $6066,977$ mg/kg, yıkanmamış yaprak değeri en yüksek Lokalite 2’de $13950,329$ mg/kg ve en düşük Lokalite 1’de $6979,885$ mg/kg, çiçek değeri en yüksek Lokalite 4’te $7185,281$ mg/kg ve en düşük Lokalite 1’de $3567,230$ mg/kg olarak ölçülmüştür. Analiz sonuçları *T. farfara* bireylerinin bünyesinde en bol bulunan elementin Ca olduğunu göstermiştir. Kaçar ve İnal (2010), bitkilerde Ca konsantrasyonlarının alt ve üst sınırlarını $2000-30000$ mg/kg olarak belirtmiştir. Turan (2014), yaptığı çalışmada *T. farfara* yapraklarında $8136,730$ mg/kg Ca bulunduğunu tespit etmiştir. Özcan ve Akbulut (2008), 31 çeşit tıbbi ve aromatik bitki ile yaptıkları çalışmada, bitkilerdeki Ca değerlerini $1160,04-16452,88$ mg/kg aralığında belirlemiştir. Literatür çalışmalarına bakıldığında, birçok tıbbi bitki içeriğinde en bol bulunan makro elementin Ca olduğu görülmektedir. Dolayısı ile çalışmamızda elde edilen bulguların daha önceki çalışmalarla uyum içinde olduğu söylenebilir.



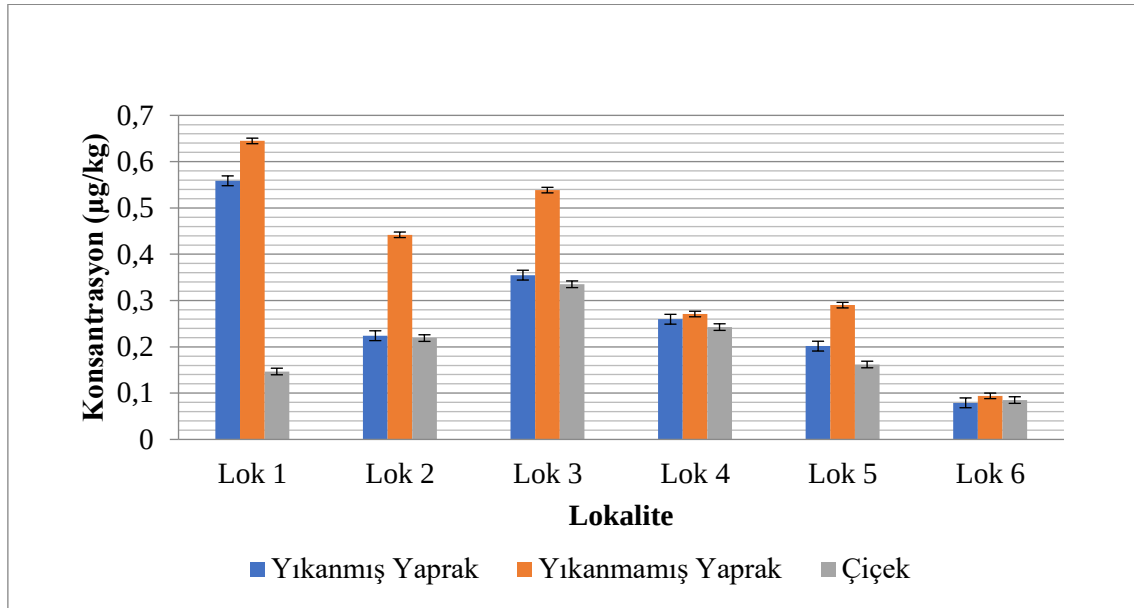
Şekil 3.12 Ortalama Ca miktarı

Kobalt (Co)

Co için lokalitelere göre ortalama değerler; Lokalite 1’de yıkanmış yaprak değeri $0,558 \pm 0,021 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $0,644 \pm 0,011 \mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $0,146 \pm 0,005 \mu\text{g/kg}$, Lokalite 2’de yıkanmış yaprak değeri $0,224 \pm 0,005 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $0,442 \pm 0,006 \mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $0,218 \pm 0,006 \mu\text{g/kg}$, Lokalite 3’te yıkanmış yaprak değeri $0,354 \pm 0,014 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $0,538 \pm 0,007 \mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $0,335 \pm 0,016 \mu\text{g/kg}$, Lokalite 4’te yıkanmış yaprak değeri $0,259 \pm 0,008 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $0,270 \pm 0,003 \mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $0,242 \pm 0,006 \mu\text{g/kg}$, Lokalite 5’te yıkanmış yaprak değeri $0,201 \pm 0,008 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $0,290 \pm 0,004 \mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $0,161 \pm 0,005 \mu\text{g/kg}$, Lokalite 6’da yıkanmış yaprak değeri $0,079 \pm 0,004 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $0,094 \pm 0,002 \mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $0,085 \pm 0,002 \mu\text{g/kg}$ olarak ölçülmüştür (Şekil 3.13).

Co için yıkanmış yaprak değeri en yüksek Lokalite 1’de $0,558 \mu\text{g/kg}$ ve en düşük Lokalite 6’da $0,079 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri en yüksek Lokalite 1’de $0,644 \mu\text{g/kg}$ ve en düşük Lokalite 6’da $0,094 \mu\text{g/kg}$, çiçek değeri en yüksek Lokalite 3’te $0,335 \mu\text{g/kg}$ ve en düşük Lokalite 6’da $0,085 \mu\text{g/kg}$ olarak ölçülmüştür. Bitkilerde bulunan Co konsantrasyonunun $0,05\text{-}0,5 \text{ mg/kg}$ aralığında olduğu belirtilmiştir (Allaway, 1968). Yetişkin bir kişinin günlük tolere edebileceği Co konsantrasyonu $0,005\text{-}1,8 \text{ mg}$ ’dır

(Avula ve ark., 2011). Çalışmamızda toplanan *T. farfara* bireylerinde düşük seviyelerde Co tespit edilmiştir ve toksik etkiye neden olmayacağı düşünülmektedir.



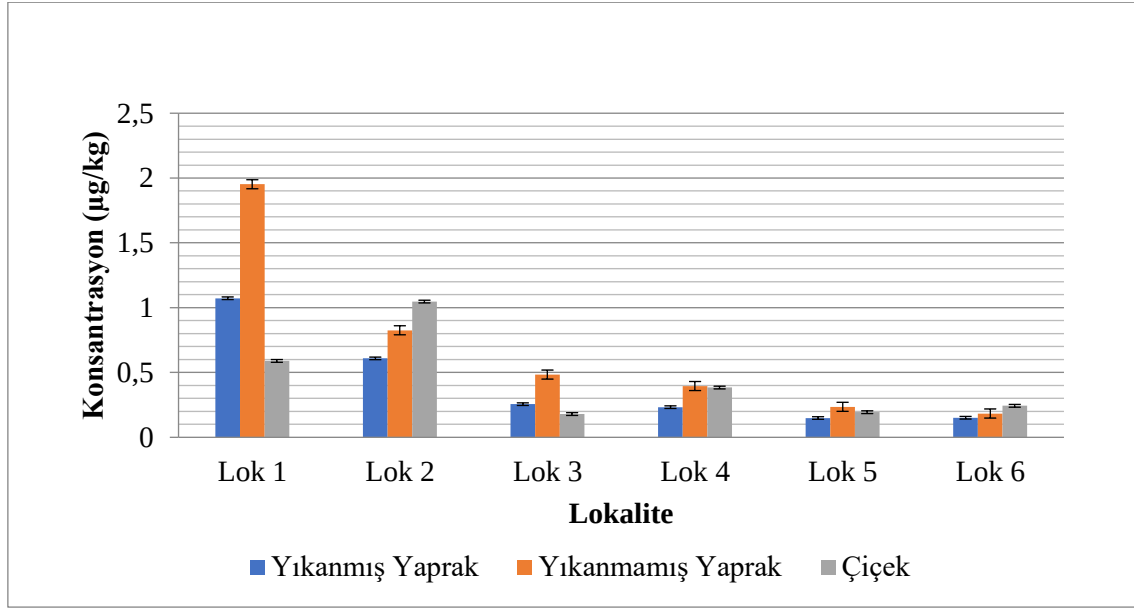
Şekil 3.13 Ortalama Co miktarı

Krom (Cr)

Cr için lokalitelere göre ortalama değerler; Lokalite 1’de yıkanmış yaprak değeri $1,072 \pm 0,027$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $1,952 \pm 0,097$ µg/kg, çiçek değeri $0,589 \pm 0,019$ µg/kg, Lokalite 2’de yıkanmış yaprak değeri $0,609 \pm 0,011$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $0,825 \pm 0,036$ µg/kg, çiçek değeri $1,047 \pm 0,026$ µg/kg, Lokalite 3’te yıkanmış yaprak değeri $0,255 \pm 0,008$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $0,484 \pm 0,032$ µg/kg, çiçek değeri $0,179 \pm 0,004$ µg/kg, Lokalite 4’te yıkanmış yaprak değeri $0,232 \pm 0,004$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $0,395 \pm 0,031$ µg/kg, çiçek değeri $0,384 \pm 0,005$ µg/kg, Lokalite 5’te yıkanmış yaprak değeri $0,148 \pm 0,003$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $0,235 \pm 0,007$ µg/kg, çiçek değeri $0,193 \pm 0,004$ µg/kg, Lokalite 6’da yıkanmış yaprak değeri $0,151 \pm 0,005$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $0,183 \pm 0,004$ µg/kg, çiçek değeri $0,243 \pm 0,004$ µg/kg olarak ölçülmüştür (Şekil 3.14).

Cr için yıkanmış yaprak değeri en yüksek Lokalite 1’de $1,072$ µg/kg ve en düşük Lokalite 5’te $0,148$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri en yüksek Lokalite 1’de $1,952$ µg/kg ve en düşük Lokalite 6’da $0,183$ µg/kg, çiçek değeri en yüksek Lokalite 2’de $1,047$ µg/kg ve en düşük Lokalite 3’te $0,179$ µg/kg olarak ölçülmüştür. Literatürde bitkilerde bulunan Cr konsantrasyonunun $0,2-1$ mg/kg aralığında olduğu belirtilmiştir (Allaway, 1968). Turan

(2014), *T. farfara* yapraklarında 2,784 mg/kg Cr tespit etmiştir. Başgel ve Erdemoğlu (2006), 7 bitkisel drog ile yaptıkları çalışmada, bitkilerdeki Cr konsantrasyonunun 0,34-1,22 mg/kg aralığında olduğunu belirtmişlerdir. Yetişkin bir kişinin günlük tolere edebileceği Cr miktarı 25-35 µg'dır (Avula ve ark., 2011). Çalışmamızda tüm lokalitelerden toplanan bireylerde Cr miktarının düşük seviyelerde bulunduğu, bitki ve insanlar için toksik seviyelerde olmadığı görülmüştür.

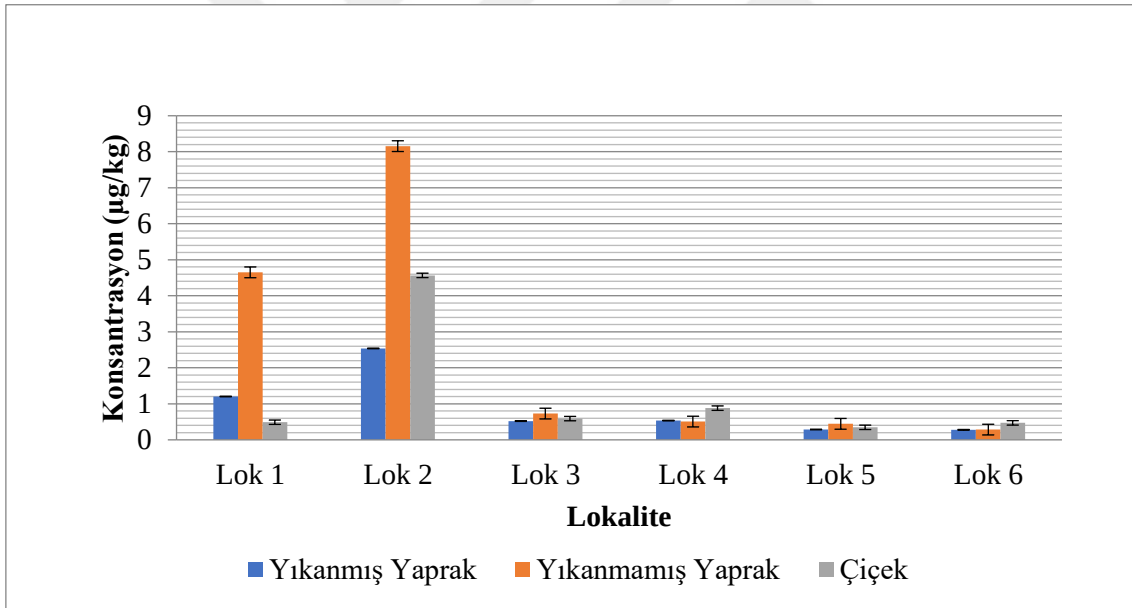


Şekil 3.14 Ortalama Cr miktarı

Kurşun (Pb)

Pb için lokalitelere göre ortalama değerler; Lokalite 1’de yıkanmış yaprak değeri $1,203 \pm 0,004$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $4,650 \pm 0,218$ µg/kg, çiçek değeri $0,489 \pm 0,006$ µg/kg, Lokalite 2’de yıkanmış yaprak değeri $2,538 \pm 0,023$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $8,155 \pm 0,609$ µg/kg, çiçek değeri $4,566 \pm 0,243$ µg/kg, Lokalite 3’te yıkanmış yaprak değeri $0,519 \pm 0,007$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $0,728 \pm 0,047$ µg/kg, çiçek değeri $0,589 \pm 0,004$ µg/kg, Lokalite 4’te yıkanmış yaprak değeri $0,534 \pm 0,004$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $0,506 \pm 0,003$ µg/kg, çiçek değeri $0,879 \pm 0,052$ µg/kg, Lokalite 5’te yıkanmış yaprak değeri $0,286 \pm 0,002$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $0,444 \pm 0,010$ µg/kg, çiçek değeri $0,347 \pm 0,004$ µg/kg, Lokalite 6’da yıkanmış yaprak değeri $0,279 \pm 0,007$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $0,284 \pm 0,005$ µg/kg, çiçek değeri $0,471 \pm 0,056$ µg/kg olarak ölçülmüştür (Şekil 3.15).

Pb için yıkanmış yaprak değeri en yüksek Lokalite 2’de 2,538 $\mu\text{g/kg}$ ve en düşük Lokalite 6’da 0,279 $\mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri en yüksek Lokalite 2’de 8,155 $\mu\text{g/kg}$ ve en düşük Lokalite 6’da 0,284 $\mu\text{g/kg}$, çiçek değeri en yüksek Lokalite 2’de 4,566 $\mu\text{g/kg}$ ve en düşük Lokalite 5’te 0,347 $\mu\text{g/kg}$ olarak ölçülmüştür. Bitkilerin bünyesinde bulunan Pb eser miktarı 0,1-0,5 mg/kg olarak belirtilmiştir. *T. farfara* yapraklarındaki Pb miktarı çeşitli çalışmalarda; Kabelitz (1998) 2,43 mg/kg; Gasser ve ark. (2009) 1,44 mg/kg; Turan (2014) 0,009 mg/kg olarak belirlenmiştir. Yetişkin bir kişinin günlük tolere edebileceği Pb miktarı 75 μg ’dır (Avula ve ark., 2011). Çalışmamızda toplanan *T. farfara* bireylerinde bitkiler ve insanlar için toksik olabilecek seviyede Pb bulunmadığı belirlenmiştir. Lokaliteler karşılaştırıldığında, en yoğun Pb birikimi Lokalite 2’den toplanan bireylerde görülmektedir. Bu lokaliteden toplanan bireylerin yoğun trafikli taşıt yoluna çok yakın bir noktada yetişmesi ve lokalitenin bulunduğu bölgede baca gazlarının yoğun olması gibi antropojenik kaynakların etkili olduğu önerilebilir.



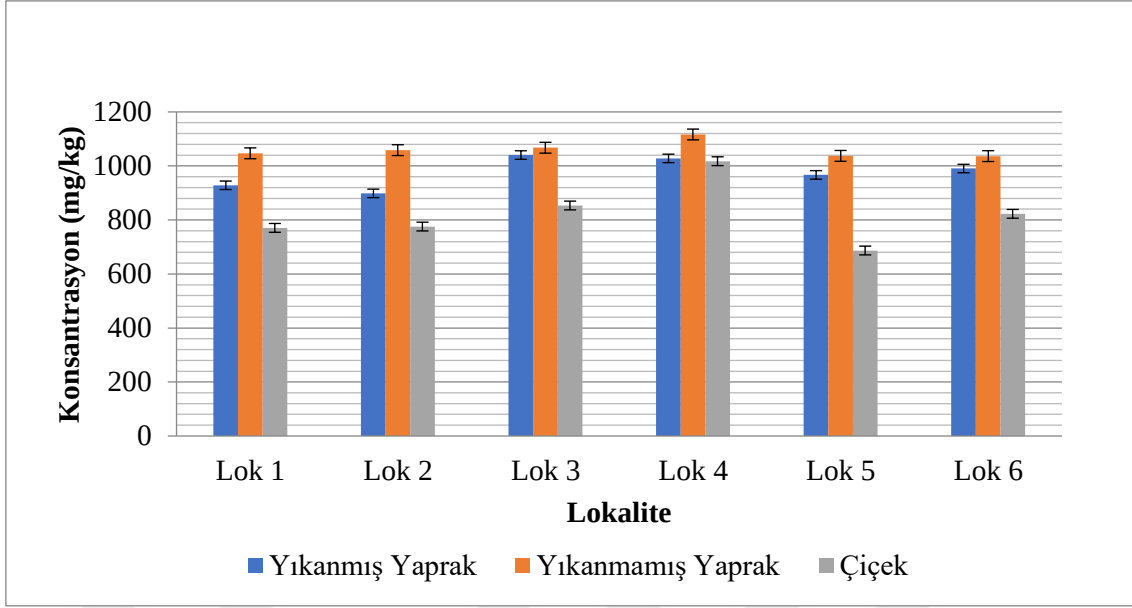
Şekil 3.15 Ortalama Pb miktarı

Magnezyum (Mg)

Mg için lokalitelere göre ortalama değerler; Lokalite 1’de yıkanmış yaprak değeri $928,401 \pm 11,123$ mg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $1046,735 \pm 23,277$ mg/kg, çiçek değeri $770,618 \pm 14,029$ mg/kg, Lokalite 2’de yıkanmış yaprak değeri $898,439 \pm 12,644$ mg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $1058,504 \pm 15,781$ mg/kg, çiçek değeri $775,459 \pm 16,123$ mg/kg, Lokalite 3’te yıkanmış yaprak değeri $1040,345 \pm 16,614$ mg/kg,

yıkanmamış yaprak değeri $1067,490 \pm 26,370$ mg/kg, çiçek değeri $853,525 \pm 19,0587$ mg/kg, Lokalite 4'te yıkanmış yaprak değeri $1027,881 \pm 16,719$ mg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $1116,504 \pm 14,317$ mg/kg, çiçek değeri $1017,499 \pm 18,049$ mg/kg, Lokalite 5'te yıkanmış yaprak değeri $966,813 \pm 17,995$ mg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $1037,277 \pm 19,087$ mg/kg, çiçek değeri $686,885 \pm 19,560$ mg/kg, Lokalite 6'da yıkanmış yaprak değeri $990,398 \pm 19,499$ mg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $1036,379 \pm 21,363$ mg/kg, çiçek değeri $822,711 \pm 11,062$ mg/kg olarak ölçülmüştür (Şekil 3.16).

Mg için yıkanmış yaprak değeri en yüksek Lokalite 3'te $1040,345$ mg/kg ve en düşük Lokalite 2'de $898,439$ mg/kg, yıkanmamış yaprak değeri en yüksek Lokalite 4'te $1116,504$ mg/kg ve en düşük Lokalite 6'da $1036,379$ mg/kg, çiçek değeri en yüksek Lokalite 4'te $1017,499$ mg/kg ve en düşük Lokalite 5'te $822,711$ mg/kg olarak ölçülmüştür. Bulgular sonucunda Mg içeriğinin lokaliteler arasında büyük farklılıklar göstermediği ve benzer değerlere sahip olduğu görülmektedir. Kaçar ve İnal (2010), bitkilerde bulunan alt ve üst Mg sınırlarını $1500-10000$ mg/kg olarak belirtmiştir. Turan (2014), yaptığı çalışmada *T. farfara* yapraklarında $1959,210$ mg/kg Mg tespit etmiştir. Özcan ve Akbulut (2008), 31 çeşit tıbbi bitki ile yaptıkları çalışmada, bitkilerdeki Mg konsantrasyonlarının $477,17-4313,59$ mg/kg aralığında olduğunu belirlemiştir. Ceylan (2013), birçok tıbbi bitki ile yaptığı çalışmada *T. farfara* yapraklarında $55,20$ mg. 100 g^{-1} değerinde Mg tespit etmiştir. Çalışmamızda toplanan *T. farfara* bireylerindeki Mg değerlerinin normal seviyelerde olduğu söylenebilmektedir.



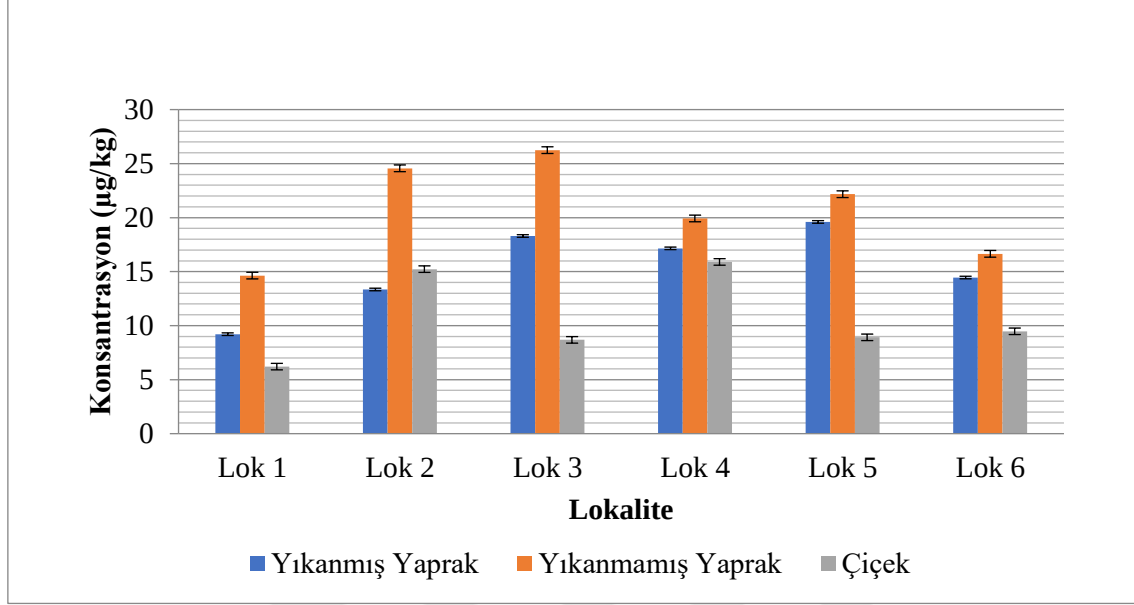
Şekil 3.16 Ortalama Mg miktarı

Manganez (Mn)

Mn için lokalitelere göre ortalama değerler; Lokalite 1’de yıkanmış yaprak değeri $9,207 \pm 0,113 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $14,632 \pm 0,154 \mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $6,206 \pm 0,146 \mu\text{g/kg}$, Lokalite 2’de yıkanmış yaprak değeri $13,347 \pm 0,130 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $24,563 \pm 0,458 \mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $15,229 \pm 0,112 \mu\text{g/kg}$, Lokalite 3’te yıkanmış yaprak değeri $18,298 \pm 0,121 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $26,244 \pm 0,141 \mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $8,683 \pm 0,422 \mu\text{g/kg}$, Lokalite 4’te yıkanmış yaprak değeri $17,155 \pm 0,105 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $19,923 \pm 0,582 \mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $15,896 \pm 0,512 \mu\text{g/kg}$, Lokalite 5’te yıkanmış yaprak değeri $19,599 \pm 0,129 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $22,165 \pm 0,331 \mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $8,919 \pm 0,333 \mu\text{g/kg}$, Lokalite 6’da yıkanmış yaprak değeri $14,454 \pm 0,115 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $16,648 \pm 0,188 \mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $9,476 \pm 0,283 \mu\text{g/kg}$ olarak ölçülmüştür (Şekil 3.17).

Mn için yıkanmış yaprak değeri en yüksek Lokalite 5’te $19,599 \mu\text{g/kg}$ ve en düşük Lokalite 1’de $9,207 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri en yüksek Lokalite 3’te $26,244 \mu\text{g/kg}$ ve en düşük Lokalite 1’de $14,632 \mu\text{g/kg}$, çiçek değeri en yüksek Lokalite 4’te $15,896 \mu\text{g/kg}$ ve en düşük Lokalite 1’de $6,206 \mu\text{g/kg}$ olarak ölçülmüştür. Mn elementinin en yoğun yıkanmamış yapraklarda biriktiği görülmektedir. Literatürde manganezin bitkilerde $15\text{-}100 \mu\text{g/g}$ aralığında normal, $300\text{-}500 \mu\text{g/g}$ aralığında toksik seviyelerde olduğu belirtilmiştir (Kabata-Pendias ve Pendias, 2001). *T. farfara* yapraklarında, Turan

(2014) 37,909 mg/kg ve Ceylan (2013) 0,215 mg.100 g⁻¹ Mn tespit etmiştir. Çalışmamızda toplanan *T. farfara* bireylerinde Mn miktarı normalden düşük seviyelerde tespit edilmiştir.



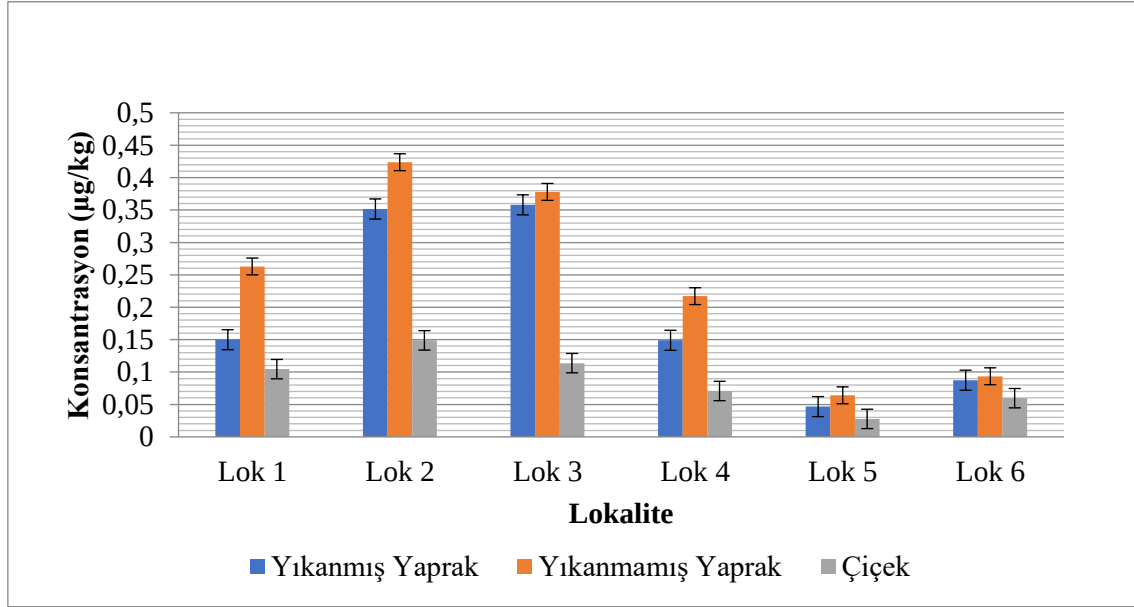
Şekil 3.17 Ortalama Mn miktarı

Molibden (Mo)

Mo için lokalitelere göre ortalama değerler; Lokalite 1’de yıkanmış yaprak değeri $0,149 \pm 0,012$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $0,262 \pm 0,011$ µg/kg, çiçek değeri $0,104 \pm 0,010$ µg/kg, Lokalite 2’de yıkanmış yaprak değeri $0,351 \pm 0,019$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $0,423 \pm 0,012$ µg/kg, çiçek değeri $0,148 \pm 0,020$ µg/kg, Lokalite 3’te yıkanmış yaprak değeri $0,357 \pm 0,013$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $0,377 \pm 0,018$ µg/kg, çiçek değeri $0,113 \pm 0,012$ µg/kg, Lokalite 4’te yıkanmış yaprak değeri $0,149 \pm 0,019$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $0,217 \pm 0,011$ µg/kg, çiçek değeri $0,070 \pm 0,013$ µg/kg, Lokalite 5’te yıkanmış yaprak değeri $0,046 \pm 0,012$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $0,064 \pm 0,010$ µg/kg, çiçek değeri $0,027 \pm 0,015$ µg/kg, Lokalite 6’da yıkanmış yaprak değeri $0,087 \pm 0,014$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $0,093 \pm 0,013$ µg/kg, çiçek değeri $0,059 \pm 0,016$ µg/kg olarak ölçülmüştür (Şekil 3.18).

Mo için yıkanmış yaprak değeri en yüksek Lokalite 3’te 0,357 µg/kg ve en düşük Lokalite 5’te 0,046 µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri en yüksek Lokalite 2’de 0,423 µg/kg ve en düşük Lokalite 5’te 0,064 µg/kg, çiçek değeri en yüksek Lokalite 2’de 0,148 µg/kg ve en düşük Lokalite 5’te 0,027 µg/kg olarak ölçülmüştür. Lokaliteler arasında Mo

miktarlarında çok büyük farklar görülmemiştir. Literatürde bitki kuru ağırlığında Mo konsantrasyonunun 1-100 mg/kg aralığında bulunduğu belirtilmiştir (Allaway, 1968). Çalışmamızda toplanan *T. farfara* bireylerindeki Mo miktarları düşük seviyelerde tespit edilmiştir.

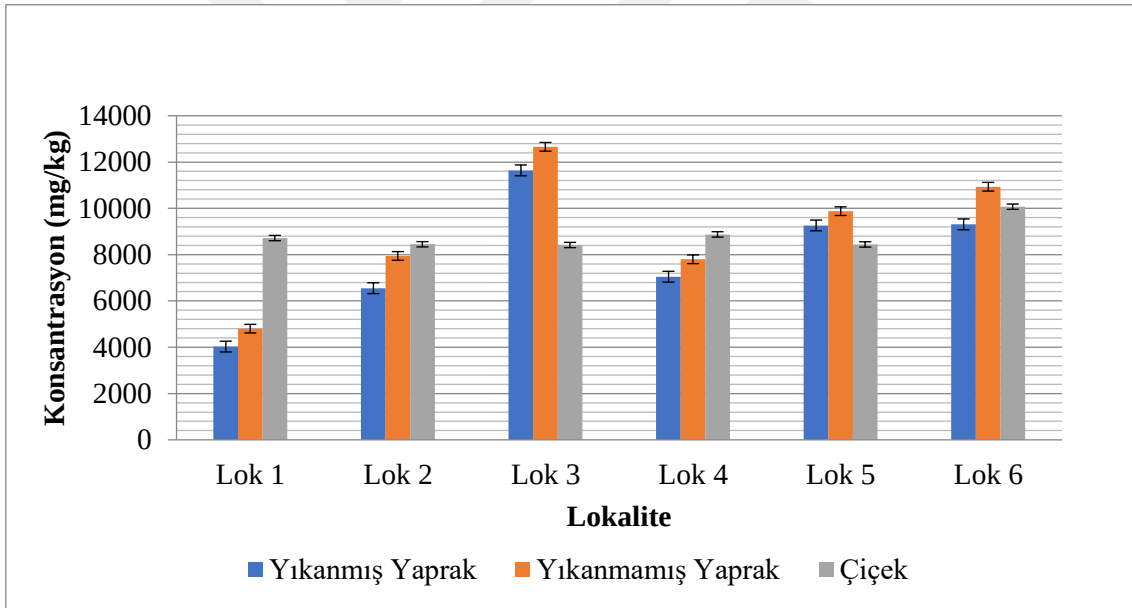


Şekil 3.18 Ortalama Mo miktarı

Potasyum (K)

K için lokalitelere göre ortalama değerler; Lokalite 1’de yıkanmış yaprak değeri $4029,041 \pm 141,097$ mg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $4802,508 \pm 280,960$ mg/kg, çiçek değeri $8717,215 \pm 98,110$ mg/kg, Lokalite 2’de yıkanmış yaprak değeri $6551,873 \pm 169,268$ mg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $7943,596 \pm 116,325$ mg/kg, çiçek değeri $8447,806 \pm 120,218$ mg/kg, Lokalite 3’te yıkanmış yaprak değeri $11639,309 \pm 347,825$ mg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $12658,904 \pm 238,728$ mg/kg, çiçek değeri $8415,857 \pm 115,447$ mg/kg, Lokalite 4’te yıkanmış yaprak değeri $7048,451 \pm 213,479$ mg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $7799,655 \pm 111,688$ mg/kg, çiçek değeri $8875,077 \pm 103,113$ mg/kg, Lokalite 5’te yıkanmış yaprak değeri $9261,229 \pm 232,202$ mg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $9878,240 \pm 141,878$ mg/kg, çiçek değeri $8441,892 \pm 110,906$ mg/kg, Lokalite 6’da yıkanmış yaprak değeri $9307,458 \pm 296,450$ mg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $10934,444 \pm 231,874$ mg/kg, çiçek değeri $10072,787 \pm 140,112$ mg/kg olarak ölçülmüştür (Şekil 3.19).

K için yıkanmış yaprak değeri en yüksek Lokalite 3'te 11639,309 mg/kg ve en düşük Lokalite 1'de 4029,041 mg/kg, yıkanmamış yaprak değeri en yüksek Lokalite 3'te 12658,904 mg/kg ve en düşük Lokalite 1'de 4802,508 mg/kg, çiçek değeri en yüksek Lokalite 6'da 10072,787 mg/kg ve en düşük Lokalite 3'te 8415,857 mg/kg olarak ölçülmüştür. K miktarları lokaliteler arasında büyük farklılıklar göstermektedir. Çalışmamızda *T. farfara* bireylerinde Ca'dan sonra en bol bulunan makro element olduğu belirlenmiştir. *T. farfara* yapraklarında Ceylan (2013) 525,5 mg.100 g⁻¹, Turan (2014) 15453,531 mg/kg K tespit etmiştir. Özcan ve Akbulut (2008), tıbbi bitkilerle yaptıkları çalışmada bitkilerdeki K konsantrasyonlarını 1160,04-16452,88 mg/kg aralığında belirlemişlerdir. Kaçar ve İnal (2010), bitkilerde bulunan K alt ve üst sınırlarını 8300-23500 mg/kg olarak belirtmiştir. Çalışmamızda toplanan *T. farfara* bireylerindeki K konsantrasyonları normal seviyelerde belirlenmiş ve diğer çalışmalarla uyum içerisinde olduğu görülmüştür.



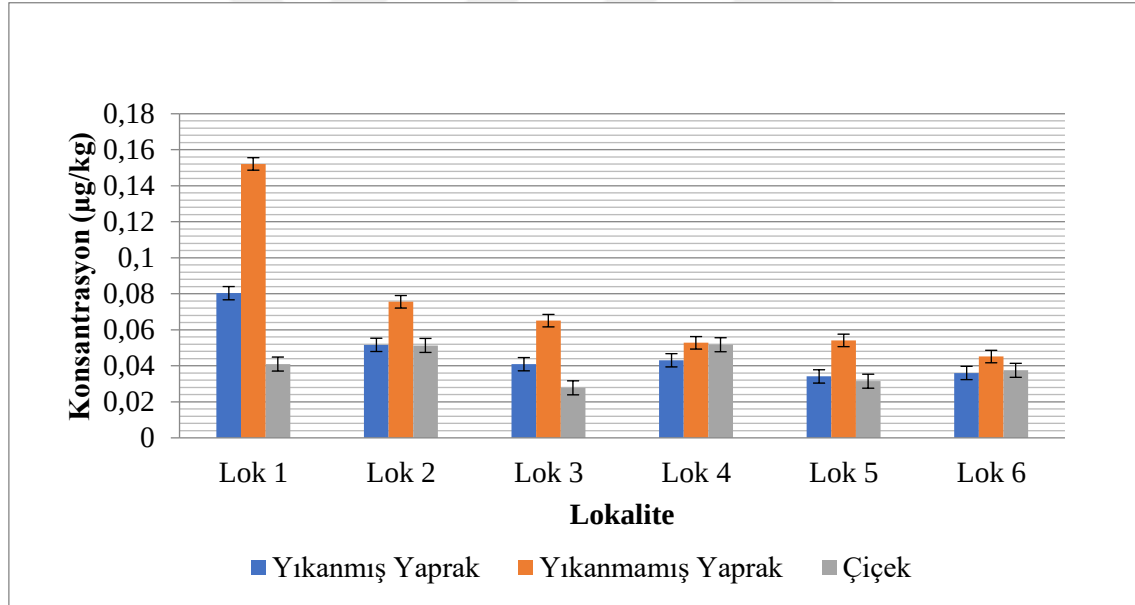
Şekil 3.19 Ortalama K miktarı

Selenyum (Se)

Se için lokalitelere göre ortalama değerler; Lokalite 1'de yıkanmış yaprak değeri $0,080 \pm 0,002$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $0,152 \pm 0,008$ µg/kg, çiçek değeri $0,041 \pm 0,003$ µg/kg, Lokalite 2'de yıkanmış yaprak değeri $0,051 \pm 0,002$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $0,075 \pm 0,002$ µg/kg, çiçek değeri $0,051 \pm 0,004$ µg/kg, Lokalite 3'te yıkanmış yaprak değeri $0,040 \pm 0,003$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $0,065 \pm 0,002$ µg/kg, çiçek

değeri $0,027 \pm 0,003 \mu\text{g/kg}$, Lokalite 4'te yıkanmış yaprak değeri $0,043 \pm 0,005 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $0,052 \pm 0,001 \mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $0,051 \pm 0,004 \mu\text{g/kg}$, Lokalite 5'te yıkanmış yaprak değeri $0,034 \pm 0,003 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $0,054 \pm 0,002 \mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $0,031 \pm 0,002 \mu\text{g/kg}$, Lokalite 6'da yıkanmış yaprak değeri $0,036 \pm 0,003 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $0,045 \pm 0,003 \mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $0,037 \pm 0,004 \mu\text{g/kg}$ olarak ölçülmüştür (Şekil 3.20).

Se için yıkanmış yaprak değeri en yüksek Lokalite 1'de $0,080 \mu\text{g/kg}$ ve en düşük Lokalite 5'te $0,034 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri en yüksek Lokalite 1'de $0,152 \mu\text{g/kg}$ ve en düşük Lokalite 6'da $0,045 \mu\text{g/kg}$, çiçek değeri en yüksek Lokalite 4'te $0,0517 \mu\text{g/kg}$ ve en düşük Lokalite 3'te $0,027 \mu\text{g/kg}$ olarak ölçülmüştür. Se elementinin bitki kuru ağırlığında $0,02\text{-}2 \text{ mg/kg}$ aralığında bulunabildiği belirtilmiştir (Allaway, 1968). Çalışmamızda toplanan *T. farfara* bireylerindeki Se konsantrasyonları düşük seviyelerde belirlenmiştir.



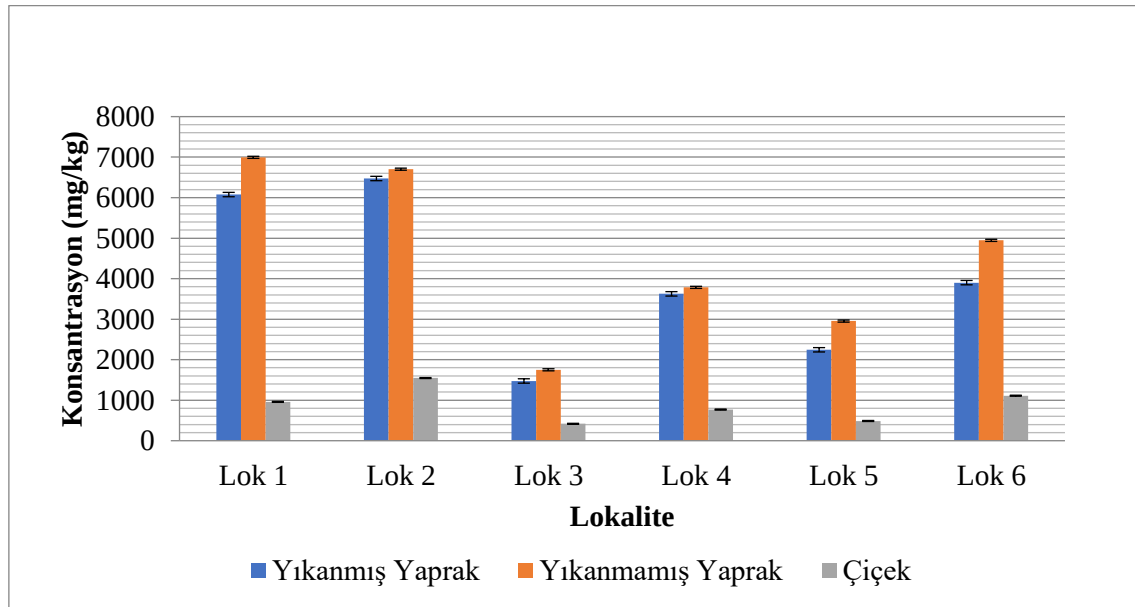
Şekil 3.20 Ortalama Se miktarı

Sodyum (Na)

Na için lokalitelere göre ortalama değerler; Lokalite 1'de yıkanmış yaprak değeri $6076,055 \pm 63,425 \text{ mg/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $6995,191 \pm 26,599 \text{ mg/kg}$, çiçek değeri $959,031 \pm 26,739 \text{ mg/kg}$, Lokalite 2'de yıkanmış yaprak değeri $6472,412 \pm 64,943 \text{ mg/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $6703,033 \pm 34,846 \text{ mg/kg}$, çiçek değeri $1546,794 \pm 16,310 \text{ mg/kg}$, Lokalite 3'te yıkanmış yaprak değeri $1474,813 \pm 42,313 \text{ mg/kg}$,

yıkanmamış yaprak değeri $1750,244 \pm 27,981$ mg/kg, çiçek değeri $416,896 \pm 3,881$ mg/kg, Lokalite 4'te yıkanmış yaprak değeri $3625,804 \pm 48,286$ mg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $3785,625 \pm 12,900$ mg/kg, çiçek değeri $769,376 \pm 11,670$ mg/kg, Lokalite 5'te yıkanmış yaprak değeri $2244,242 \pm 45,632$ mg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $2953,738 \pm 21,597$ mg/kg, çiçek değeri $487,091 \pm 6,328$ mg/kg, Lokalite 6'da yıkanmış yaprak değeri $3901,624 \pm 58,046$ mg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $4945,750 \pm 30,843$ mg/kg, çiçek değeri $1111,120 \pm 7,908$ mg/kg olarak ölçülmüştür (Şekil 3.21).

Na için yıkanmış yaprak değeri en yüksek Lokalite 1'de $6076,055$ mg/kg ve en düşük Lokalite 3'te $1474,813$ mg/kg, yıkanmamış yaprak değeri en yüksek Lokalite 1'de $6995,191$ mg/kg ve en düşük Lokalite 3'te $1750,244$ mg/kg, çiçek değeri en yüksek Lokalite 2'de $1546,794$ mg/kg ve en düşük Lokalite 3'te $416,896$ mg/kg olarak ölçülmüştür. Analizler sonucunda yapraklarda çiçeklere göre daha fazla Na biriktiği görülmektedir. Ayrıca lokaliteler arasında Na miktarları büyük farklılıklar göstermiştir. Literatürde bitkilerde bulunan Na alt ve üst sınırları $40-20000$ mg/kg olarak belirtilmiştir (Kaçar ve İnal, 2010). *T. farfara* yapraklarında, Ceylan (2013) $8,30 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ve Turan (2014) $388,531$ mg/kg Na tespit etmişlerdir. Çalışmamızda toplanan *T. farfara* bireylerindeki Na konsantrasyonlarının bitkiler için yeterli seviyede olduğu söylenebilir.

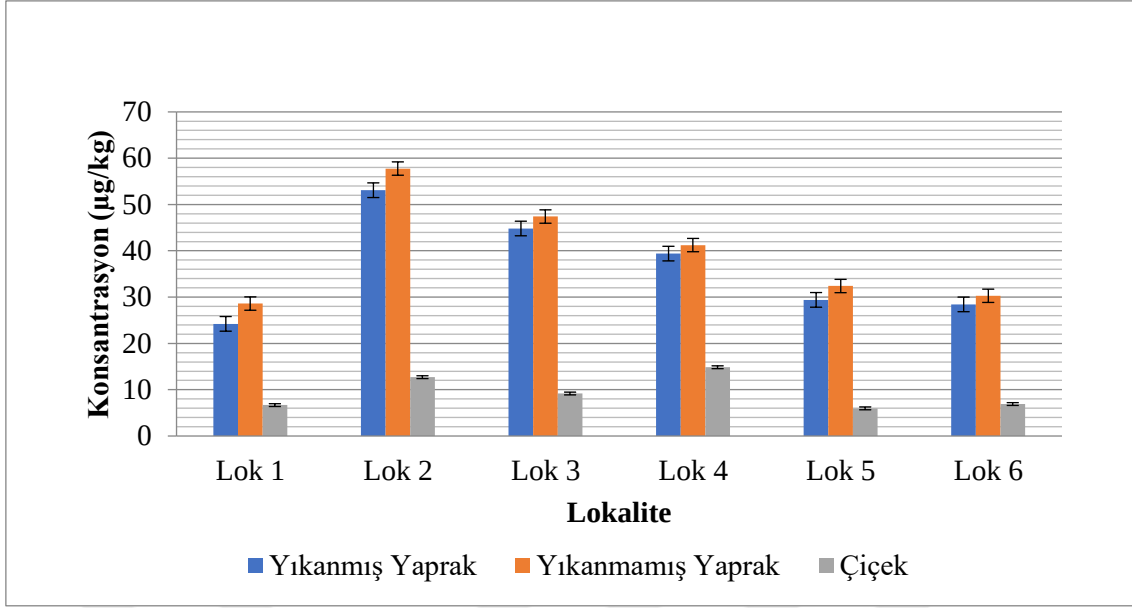


Şekil 3.21 Ortalama Na miktarı

Stronsiyum (Sr)

Sr için lokalitelere göre ortalama değerler; Lokalite 1’de yıkanmış yaprak değeri $24,224 \pm 1,592 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $28,606 \pm 0,917 \mu\text{g/kg}$, iek değeri $6,674 \pm 0,412 \mu\text{g/kg}$, Lokalite 2’de yıkanmış yaprak değeri $53,087 \pm 1,285 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $57,767 \pm 1,476 \mu\text{g/kg}$, iek değeri $12,709 \pm 0,240 \mu\text{g/kg}$, Lokalite 3’te yıkanmış yaprak değeri $44,822 \pm 1,333 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $47,402 \pm 1,796 \mu\text{g/kg}$, iek değeri $9,182 \pm 0,154 \mu\text{g/kg}$, Lokalite 4’te yıkanmış yaprak değeri $39,397 \pm 1,244 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $41,242 \pm 1,423 \mu\text{g/kg}$, iek değeri $14,852 \pm 0,656 \mu\text{g/kg}$, Lokalite 5’te yıkanmış yaprak değeri $29,405 \pm 1,710 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $32,396 \pm 1,147 \mu\text{g/kg}$, iek değeri $5,965 \pm 0,100 \mu\text{g/kg}$, Lokalite 6’da yıkanmış yaprak değeri $28,432 \pm 2,320 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $30,288 \pm 1,870 \mu\text{g/kg}$, iek değeri $6,903 \pm 0,254 \mu\text{g/kg}$ olarak ölçülmüştür (şekil 3.22).

Sr için yıkanmış yaprak değeri en yüksek Lokalite 2’de $53,087 \mu\text{g/kg}$ ve en düşük Lokalite 1’de $24,224 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri en yüksek Lokalite 2’de $57,767 \mu\text{g/kg}$ ve en düşük Lokalite 1’de $28,606 \mu\text{g/kg}$, iek değeri en yüksek Lokalite 4’te $14,852 \mu\text{g/kg}$ ve en düşük Lokalite 5’te $5,965 \mu\text{g/kg}$ olarak ölçülmüştür. Bitkilerde 5-3000 mg/kg aralığında Sr bulunabildiği belirtilmiştir (Allaway, 1968). Başgel ve Erdemoğlu (2006), bitkisel droğlar ile yaptıkları çalışmada Sr konsantrasyonlarının 17,5-174 mg/kg aralığında değiştiğini belirtmiştir. Çalışmamızda toplanan *T. farfara* bireylerindeki Sr konsantrasyonlarının lokaliteler arasında büyük farklılıklar göstermediği ve tümünde düşük seviyelerde bulunduğu, toksik etkiler göstermeyeceği belirlenmiştir.



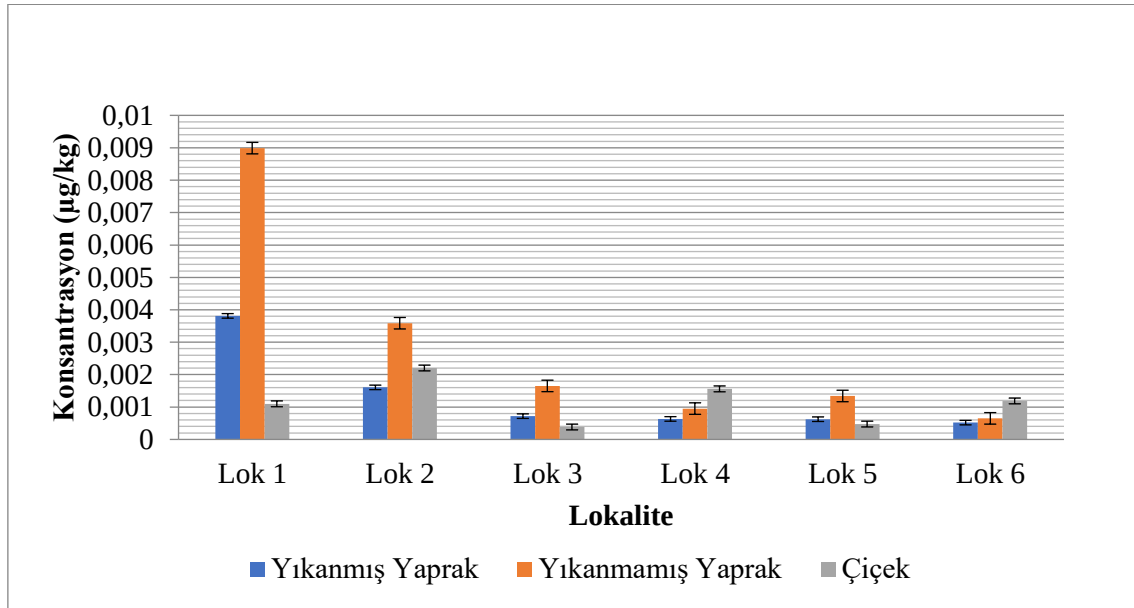
Şekil 3.22 Ortalama Sr miktarı

Talyum (Tl)

Tl için lokalitelere göre ortalama değerler; Lokalite 1’de yıkanmış yaprak değeri $0,00381 \pm 0,00007$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $0,00898 \pm 0,00040$ µg/kg, çiçek değeri $0,00109 \pm 0,00005$ µg/kg, Lokalite 2’de yıkanmış yaprak değeri $0,00160 \pm 0,00007$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $0,00358 \pm 0,00026$ µg/kg, çiçek değeri $0,00220 \pm 0,00009$ µg/kg, Lokalite 3’te yıkanmış yaprak değeri $0,00071 \pm 0,00006$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $0,00165 \pm 0,00003$ µg/kg, çiçek değeri $0,00038 \pm 0,00013$ µg/kg, Lokalite 4’te yıkanmış yaprak değeri $0,00063 \pm 0,00007$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $0,00095 \pm 0,00004$ µg/kg, çiçek değeri $0,00156 \pm 0,00005$ µg/kg, Lokalite 5’te yıkanmış yaprak değeri $0,00062 \pm 0,00007$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $0,00134 \pm 0,00004$ µg/kg, çiçek değeri $0,00047 \pm 0,00020$ µg/kg, Lokalite 6’da yıkanmış yaprak değeri $0,00051 \pm 0,00007$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $0,00065 \pm 0,00028$ µg/kg, çiçek değeri $0,00118 \pm 0,00004$ µg/kg olarak ölçülmüştür (Şekil 3.23).

Tl için yıkanmış yaprak değeri en yüksek Lokalite 1’de $0,0038$ µg/kg ve en düşük Lokalite 6’da $0,0005$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri en yüksek Lokalite 1’de $0,0089$ µg/kg ve en düşük Lokalite 6’da $0,0006$ µg/kg, çiçek değeri en yüksek Lokalite 2’de $0,0022$ µg/kg ve en düşük Lokalite 3’te $0,00038$ µg/kg olarak ölçülmüştür. Bitki kuru ağırlığındaki Tl konsantrasyonunun $0,05$ mg/kg olduğu belirtilmiştir (Markert, 1992).

Çalışmamızda toplanan *T. farfara* bireylerinde çok düşük seviyelerde Tl elementine rastlanmış ve toksik seviyelerde olmadığı belirlenmiştir.



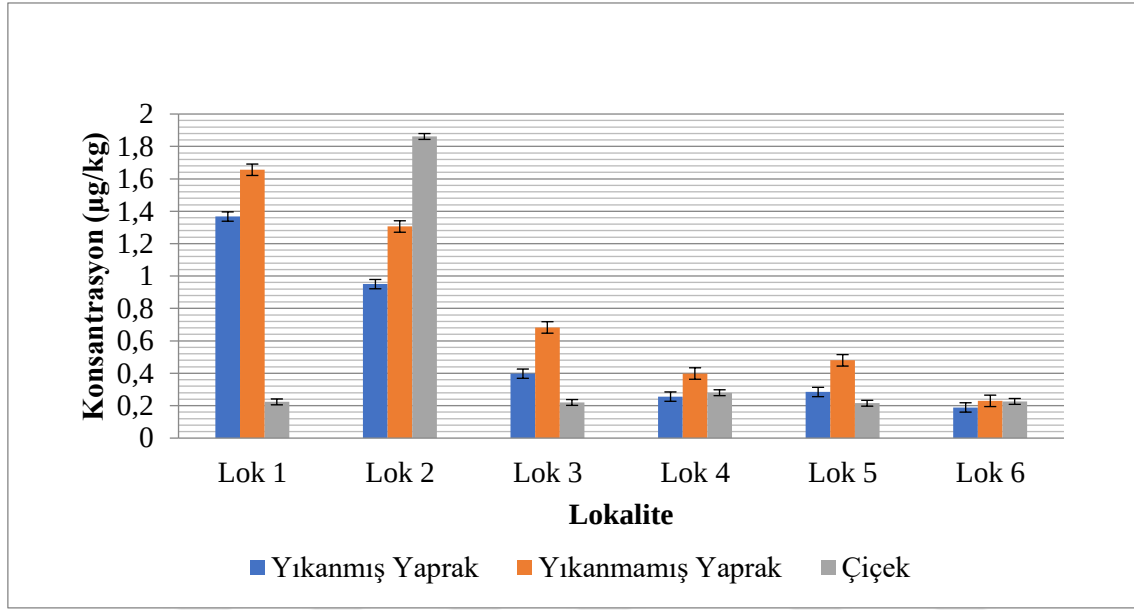
Şekil 3.23 Ortalama Tl miktarı

Titanyum (Ti)

Ti için lokalitelere göre ortalama değerler; Lokalite 1’de yıkanmış yaprak değeri $1,367 \pm 0,052$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $1,656 \pm 0,026$ µg/kg, çiçek değeri $0,223 \pm 0,011$ µg/kg, Lokalite 2’de yıkanmış yaprak değeri $0,950 \pm 0,051$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $1,305 \pm 0,055$ µg/kg, çiçek değeri $1,861 \pm 0,046$ µg/kg, Lokalite 3’te yıkanmış yaprak değeri $0,397 \pm 0,026$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $0,682 \pm 0,089$ µg/kg, çiçek değeri $0,219 \pm 0,010$ µg/kg, Lokalite 4’te yıkanmış yaprak değeri $0,255 \pm 0,010$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $0,398 \pm 0,012$ µg/kg, çiçek değeri $0,280 \pm 0,014$ µg/kg, Lokalite 5’te yıkanmış yaprak değeri $0,284 \pm 0,013$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $0,480 \pm 0,011$ µg/kg, çiçek değeri $0,215 \pm 0,010$ µg/kg, Lokalite 6’da yıkanmış yaprak değeri $0,189 \pm 0,017$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $0,229 \pm 0,016$ µg/kg, çiçek değeri $0,226 \pm 0,015$ µg/kg olarak ölçülmüştür (Şekil 3.24).

Ti için yıkanmış yaprak değeri en yüksek Lokalite 1’de $1,367$ µg/kg ve en düşük Lokalite 6’da $0,189$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri en yüksek Lokalite 1’de $1,656$ µg/kg ve en düşük Lokalite 6’da $0,229$ µg/kg, çiçek değeri en yüksek Lokalite 2’de $1,861$ µg/kg ve en düşük Lokalite 5’te $0,215$ µg/kg olarak ölçülmüştür. Queralt ve ark. (2005), 5 tıbbi bitki (*Taraxacum officinale* Weber, *Eucalyptus globulus* Labill, *Plantago lanceolata* L.,

Mentha piperita L., *Matricaria chamomilla* L.) ile yaptıkları çalışmada, bitkilerde 46-83 mg/kg aralığında Ti tespit etmişlerdir. Markert (1992), bitki kuru ağırlığında 5 mg/kg Ti bulunabileceğini belirtmiştir. Çalışmamızda elde edilen bulgular literatürdeki bilgilerle karşılaştırıldığında topladığımız *T. farfara* bireylerinde daha düşük seviyelerde Ti biriktiği söylenebilir.



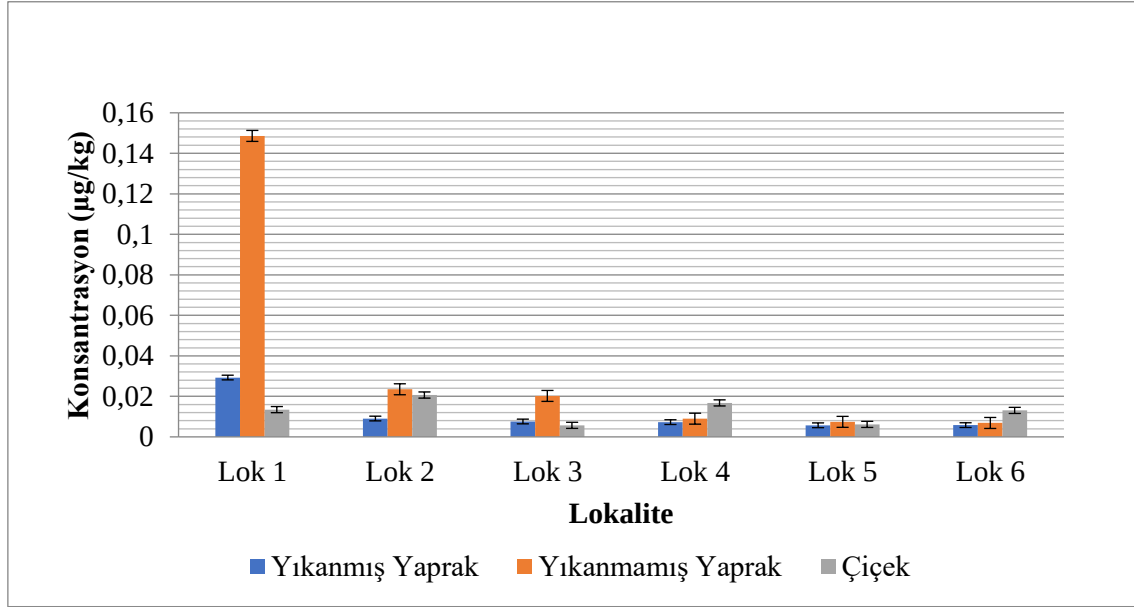
Şekil 3.24 Ortalama Ti miktarı

Uranyum (U)

U için lokalitelere göre ortalama değerler; Lokalite 1’de yıkanmış yaprak değeri $0,029 \pm 0,001$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $0,148 \pm 0,006$ µg/kg, çiçek değeri $0,013 \pm 0,001$ µg/kg, Lokalite 2’de yıkanmış yaprak değeri $0,009 \pm 0,001$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $0,023 \pm 0,001$ µg/kg, çiçek değeri $0,020 \pm 0,001$ µg/kg, Lokalite 3’te yıkanmış yaprak değeri $0,007 \pm 0,001$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $0,020 \pm 0,004$ µg/kg, çiçek değeri $0,005 \pm 0,001$ µg/kg, Lokalite 4’te yıkanmış yaprak değeri $0,007 \pm 0,001$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $0,009 \pm 0,001$ µg/kg, çiçek değeri $0,016 \pm 0,001$ µg/kg, Lokalite 5’te yıkanmış yaprak değeri $0,005 \pm 0,001$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $0,007 \pm 0,001$ µg/kg, çiçek değeri $0,006 \pm 0,001$ µg/kg, Lokalite 6’da yıkanmış yaprak değeri $0,005 \pm 0,001$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri $0,006 \pm 0,001$ µg/kg, çiçek değeri $0,013 \pm 0,001$ µg/kg olarak ölçülmüştür (Şekil 3.25).

U için yıkanmış yaprak değeri en yüksek Lokalite 1’de $0,029$ µg/kg ve en düşük Lokalite 5’te $0,005$ µg/kg, yıkanmamış yaprak değeri en yüksek Lokalite 1’de $0,148$ µg/kg ve en

düşük Lokalite 6’da 0,006 $\mu\text{g/kg}$, çiçek değeri en yüksek Lokalite 2’de 0,020 $\mu\text{g/kg}$ ve en düşük Lokalite 3’te 0,005 $\mu\text{g/kg}$ olarak ölçülmüştür. Bitki kuru ağırlığında 0,01 mg/kg U bulunabileceği belirtilmiştir (Markert, 1992). Çalışmamızda toplanan *T. farfara* bireylerinde tüm lokalitelerde çok düşük miktarlarda U biriktiği görülmektedir.



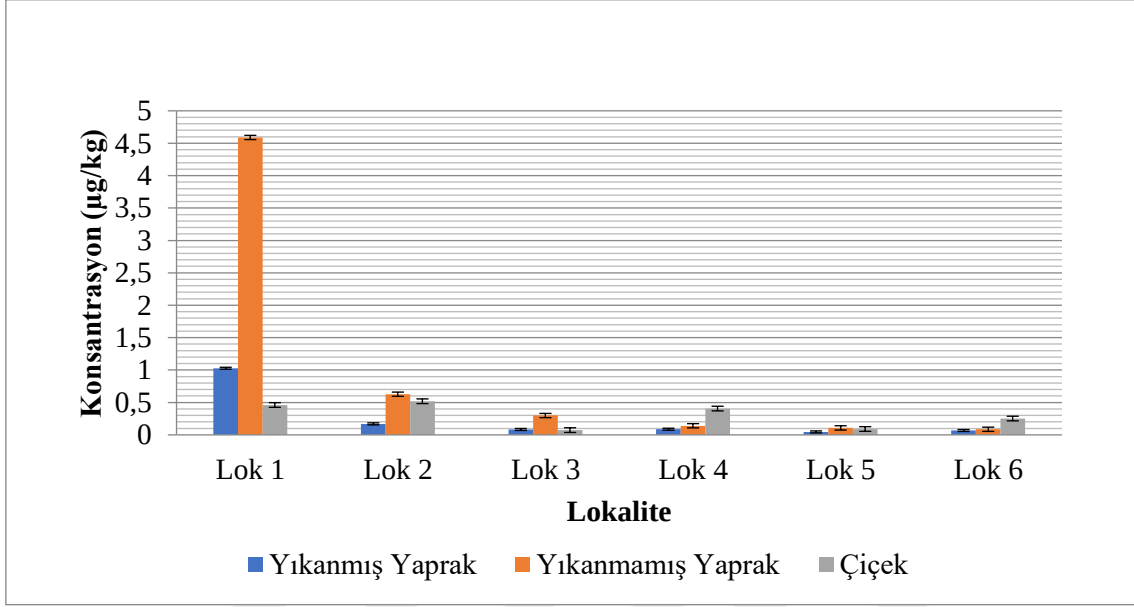
Şekil 3.25 Ortalama U miktarı

Vanadyum (V)

V için lokalitelere göre ortalama değerler; Lokalite 1’de yıkanmış yaprak değeri $1,027 \pm 0,024 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $4,588 \pm 0,051 \mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $0,461 \pm 0,028 \mu\text{g/kg}$, Lokalite 2’de yıkanmış yaprak değeri $0,169 \pm 0,011 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $0,627 \pm 0,091 \mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $0,518 \pm 0,020 \mu\text{g/kg}$, Lokalite 3’te yıkanmış yaprak değeri $0,083 \pm 0,012 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $0,298 \pm 0,012 \mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $0,073 \pm 0,016 \mu\text{g/kg}$, Lokalite 4’te yıkanmış yaprak değeri $0,087 \pm 0,016 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $0,140 \pm 0,016 \mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $0,406 \pm 0,085 \mu\text{g/kg}$, Lokalite 5’te yıkanmış yaprak değeri $0,045 \pm 0,013 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $0,107 \pm 0,011 \mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $0,090 \pm 0,017 \mu\text{g/kg}$, Lokalite 6’da yıkanmış yaprak değeri $0,068 \pm 0,013 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri $0,086 \pm 0,013 \mu\text{g/kg}$, çiçek değeri $0,252 \pm 0,049 \mu\text{g/kg}$ olarak ölçülmüştür (Şekil 3.26).

V için yıkanmış yaprak değeri en yüksek Lokalite 1’de $1,027 \mu\text{g/kg}$ ve en düşük Lokalite 5’te $0,045 \mu\text{g/kg}$, yıkanmamış yaprak değeri en yüksek Lokalite 1’de $4,588 \mu\text{g/kg}$ ve en düşük Lokalite 6’da $0,086 \mu\text{g/kg}$, çiçek değeri en yüksek Lokalite 2’de $0,518 \mu\text{g/kg}$ ve en

düşük Lokalite 3'te 0,073 $\mu\text{g/kg}$ olarak ölçülmüştür. Bitkilerde vanadyumun 0,1-10 mg/kg aralığında normal, 10 mg/kg üzerindeki seviyelerde toksik olduğu belirtilmiştir (Allaway, 1968). Çalışmamızda toplanan *T. farfara* bireylerinde düşük seviyelerde V tespit edilmiş, bitki ve insanlar için toksik etkilere neden olmayacağı belirlenmiştir.



Şekil 3.26 Ortalama V miktarı

3.2. Genetik Çeşitlilik

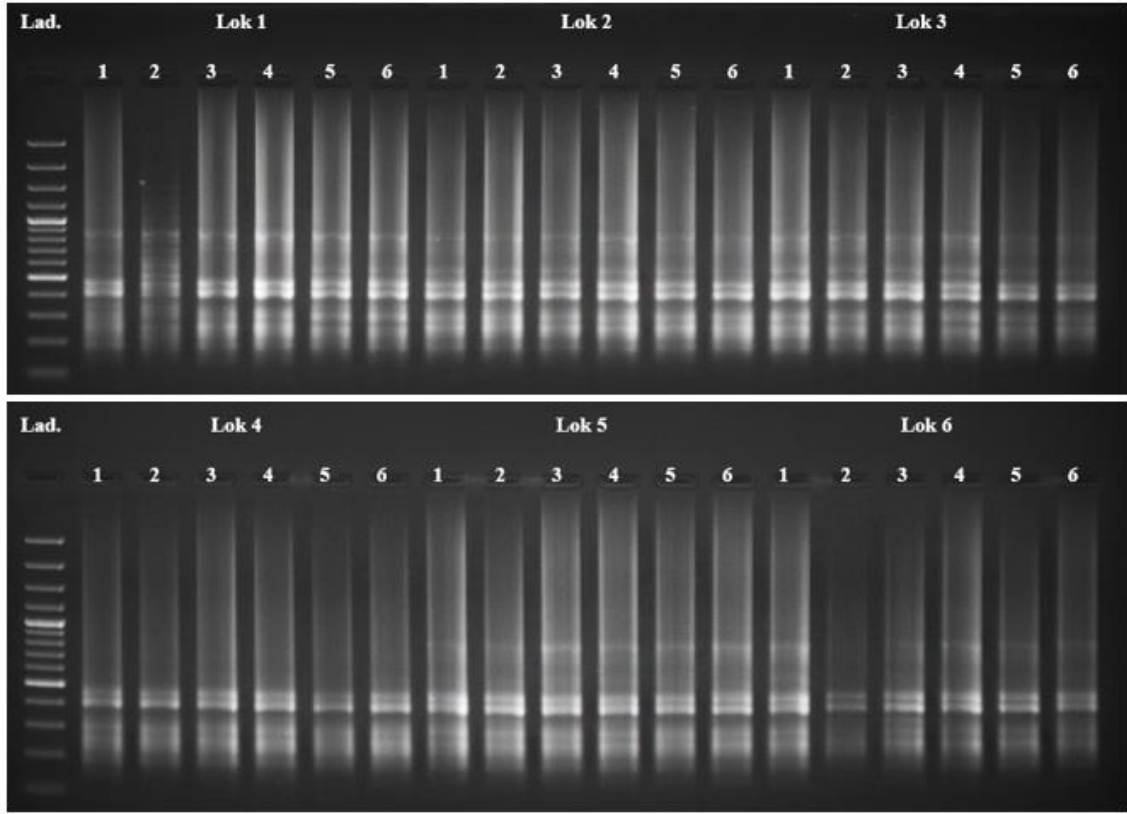
Populasyonların genetik çeşitlilik durumlarının bilinmesi, populasyonun gelecekteki değişimleri hakkında tahmin yürütülebilmesine dolayısıyla korunma, eğer gerekli ise rehabilitasyonuna katkı sağlamaktadır (Ellegren ve Galtier, 2016). Bu amaçla ISSR moleküler belirteçleri kullanılarak *T. farfara* populasyonlarının genetik çeşitliliği araştırılmıştır.

Bu çalışmada ilk aşamada 6 farklı lokaliteden toplanan 36 adet *T. farfara* genotiplerine, 11 adet ISSR primeri uygulanmıştır. 6 ISSR primerinden elde edilen net ve ayırt edilebilen bantlar veri olarak kullanılmıştır. Elektroforez işlemi sonrası, agaroz jelde görüntülenen bantlar varlığı için 1 yokluğu için 0 olarak skorlanmıştır. Elde edilen bilgi matriksi POPGENE 1.32 programı kullanılarak analiz edilmiştir. Tablo 3.1’de ISSR primerlerinin oluşturdukları bant büyüklükleri, toplam bant, homomorfik ve polimorfik bant sayıları gösterilmiştir.

Tablo 3.1 ISSR primerlerinin oluşturdukları bant sayıları ve büyüklükleri

Primer Adı	Bant Büyüklükleri (bp)	Toplam Bant Sayısı			Polimorfizm
		Elde edilen	Homomorfik	Polimorfik	
UBC 807	190-1000	11	5	6	%63.24
UBC 810	190-850	10	6	4	
UBC 811	190-800	10	6	4	
UBC 812	190-1000	13	6	7	
UBC 834	140-1000	12	2	10	
UBC 864	180-1100	12	0	12	
Toplam		68	25	43	

Çalışmada kullanılan ISSR UBC 812 moleküler belirtecinin uygulanması ile elde edilmiş bantların elektroforez işleminden elde edilen agaroz jel görüntüsü Şekil 3.27’de örnek olarak verilmiştir.



Şekil 3.27 ISSR UBC 812 primeri ile elde edilen bantların elektroforez işlemi sonrasında elde edilen agaroz jel görüntüsü

POPGENE 1.32 programı ile gözlenen allel sayısı (na), efektif allel sayısı (ne), Nei (1973)'e göre gen çeşitliliği değeri (h), Shannon bilgi indeksi (I) verileri hesaplanmış ve Tablo 3.2'de gösterilmiştir.

Tablo 3.2 Tüm lokusları kapsayan ISSR bant verilerinin genetik çeşitlilik istatistik verileri

n = 36	Polimorfik Lokus Sayısı	PPL (%)	na	ne	h	I
Ortalama	43	%63.24	1.6324	1.3282	0.1988	0.3025
Std Sap.			0.4857	0.3470	0.1906	0.2745

n: birey sayısı, PPL: polimorfik lokus yüzdesi, na: gözlenen allel sayısı, ne: efektif allel sayısı (Kimura ve Crow, 1964), h: Nei (1973)'e göre gen çeşitliliği değeri, I: Shannon bilgi indeksi (Lewontin, 1972)

Tüm genotiplere ait tüm lokusları kapsayan (tek populasyon kabul edilerek yapılan) analizde toplam 43 polimorfik lokus gözlenmiş, polimorfik lokuslara bağlı olan polimorfizm yüzdesi %63.24 olarak hesaplanmıştır. Gözlenen allel sayısı (na) ortalama 1.6324, efektif allel sayısı (ne) ortalama 1.3282, Nei (1973)'e göre gen çeşitliliği değeri (h) ortalama 0.1988 ve Shannon bilgi indeksi (I) ortalama 0.3025 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen bu veriler göz önünde bulundurulduğunda doğal populasyonlarından toplanan *T. farfara* bireyleri arasındaki genetik çeşitlilik derecesinin düşük seviyede kaldığı söylenilebilir.

Tablo 3.3 ISSR bant verilerinin populasyonlara göre genetik çeşitlilik istatistik verileri

Aydos ormanı populasyonu						
n = 6	Polimorfik Lokus Sayısı	PPL (%)	na	ne	h	I
Ortalama	18	%26.47	1.2647	1.1644	0.0942	0.1403
Std Sap.			0.4445	0.3229	0.1735	0.2501
Aydos caddesi populasyonu						
n = 6	Polimorfik Lokus Sayısı	PPL (%)	na	ne	h	I
Ortalama	18	%26.47	1.2647	1.1763	0.1006	0.1484
Std Sap.			0.4445	0.3293	0.1797	0.2591
Selçuklu caddesi populasyonu						
n = 6	Polimorfik Lokus Sayısı	PPL (%)	na	ne	h	I
Ortalama	18	%26.47	1.2647	1.2071	0.1152	0.1657
Std Sap.			0.4445	0.3552	0.1950	0.2794
Paşaköy mevki populasyonu						
n = 6	Polimorfik Lokus Sayısı	PPL (%)	na	ne	h	I
Ortalama	16	%23.53	1.2353	1.1774	0.0980	0.1418
Std Sap.			0.4273	0.3437	0.1841	0.2630
Ömerli mevki populasyonu						
n = 6	Polimorfik Lokus Sayısı	PPL (%)	na	ne	h	I
Ortalama	21	%30.88	1.3088	1.2365	0.1296	0.1872
Std Sap.			0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Tablo 3.3 “devam” ISSR bant verilerinin popülasyonlara göre genetik çeşitlilik istatistik verileri

Üvezli mevki popülasyonu						
n = 6	Polimorfik Lokus Sayısı	PPL (%)	na	ne	h	I
Ortalama	29	%42.65	1.4265	1.2996	0.1684	0.2462
Std Sap.			0.4982	0.3922	0.2103	0.3002

n: birey sayısı, PPL: polimorfik lokus yüzdesi, na: gözlenen allel sayısı, ne: efektif allel sayısı (Kimura ve Crow, 1964), h: Nei (1973)’e göre gen çeşitliliği değeri, I: Shannon bilgi indeksi (Lewontin, 1972)

Tablo 3.3’te gösterilen popülasyon bazında yapılan genetik çeşitlilik analizine göre, en yüksek polimorfizm oranı %42.65 ile Üvezli popülasyonunda görülürken; en düşük polimorfizm oranı %23.53 ile Paşaköy popülasyonunda görülmüştür. Nei (1973)’e göre gen çeşitliliği değeri (h) popülasyonlar arasında büyükten küçüğe şöyle sıralanmıştır; 0.1684 (Üvezli mevki), 0.1296 (Ömerli mevki), 0.1152 (Selçuklu caddesi), 0.1006 (Aydos caddesi), 0.0980 (Paşaköy mevki) ve 0.0942 (Aydos ormanı). Verilere bakıldığında en yüksek gen çeşitliliğinin Üvezli popülasyonunda ve en düşük gen çeşitliliğinin Aydos ormanı popülasyonunda olduğu görülmektedir. *T. farfara* tohumları papus şeklindedir ve papuslar rüzgârla 4 km’ye kadar dağılır (Bakker, 1960). Üvezli popülasyonundaki birey sayısının ve tohum miktarının çokluğu, rüzgâr yönü ve şiddeti gibi faktörlerin genetik çeşitliliğin artmasında etkili olduğu düşünülmektedir. Aydos ormanı popülasyonu küçük bir popülasyon olup, toplanan bireyler birbirine yakın konumlarda yetişmektedir. *T. farfara* rizomları ile de çoğalan bir bitkidir (Pfeiffer ve ark., 2008). Bu durumun, genetik çeşitliliğin popülasyonların içinde/arasında düşük kalmasına yol açtığı önerilebilir. Genetik çeşitliliği düşük olan Aydos ormanı popülasyonunun gelecekte yok olma tehdidi ile karşılaşabileceği ve korunması gerektiği önerilebilir.

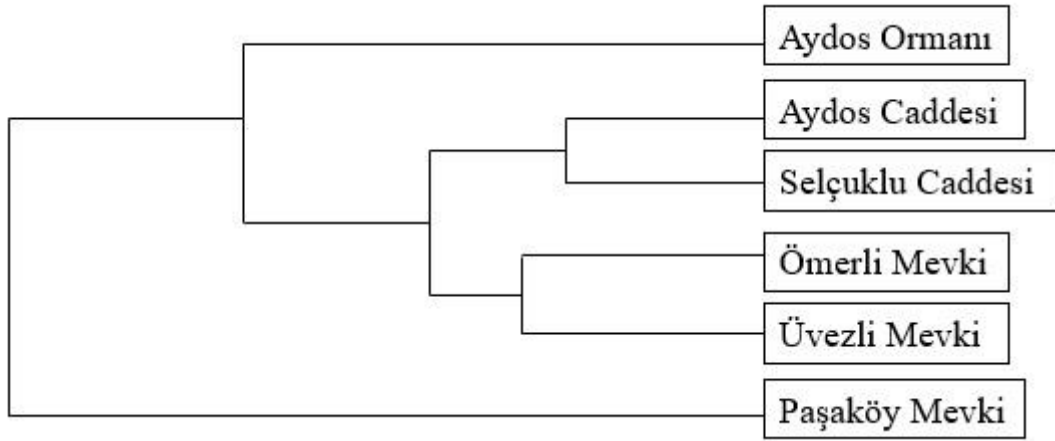
Tablo 3.4 ISSR verilerinin Nei (1978)'e göre populasyonlar arası genetik benzerlik (üst) ve genetik uzaklık (alt) değerleri

Populasyon	1	2	3	4	5	6
1	****	0.9009	0.9014	0.7982	0.8958	0.8910
2	0.1044	****	0.9533	0.8598	0.9170	0.9388
3	0.1038	0.0479	****	0.8495	0.9180	0.9439
4	0.2254	0.1510	0.1631	****	0.8961	0.9120
5	0.1100	0.0866	0.0855	0.1098	****	0.9454
6	0.1154	0.0631	0.0577	0.0922	0.0562	****

1- Aydos ormanı, 2- Aydos caddesi, 3- Selçuklu caddesi, 4- Paşaköy mevki, 5- Ömerli mevki, 6- Üvezli mevki

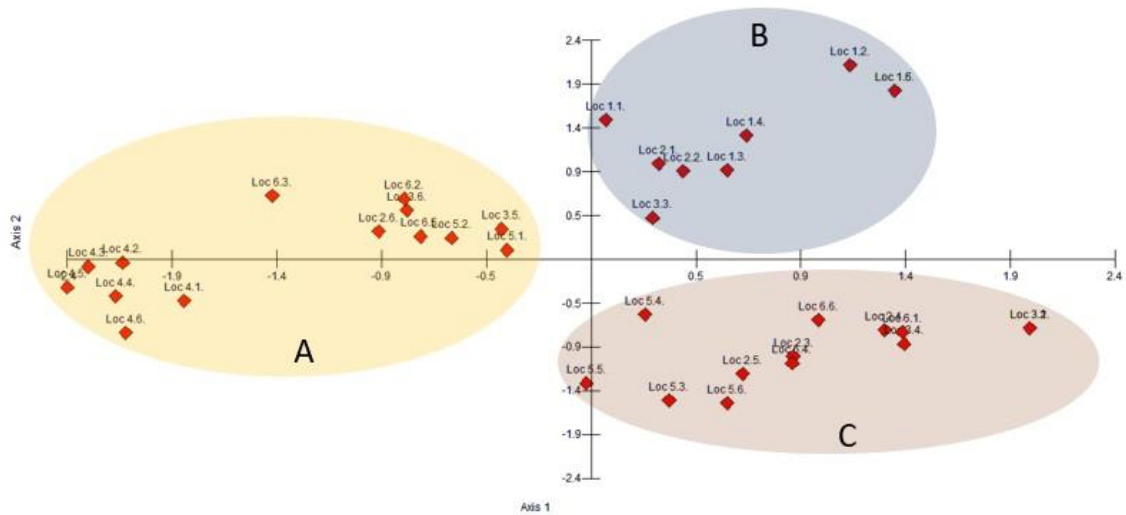
Nei (1978)'e göre hesaplanan populasyonlar arası genetik benzerlik ve genetik uzaklık değerleri Tablo 3.4'te gösterilmiştir. Değerler incelendiğinde genetik uzaklık değerinin en yüksek olarak hesaplandığı populasyonlar, 0.2254 değeri ile Aydos ormanı ve Paşaköy mevki populasyonları, en düşük olarak hesaplandığı populasyonların ise 0.0479 değeri ile Aydos caddesi ve Selçuklu caddesi populasyonları olduğu görülmüştür. Genetik uzaklığın en fazla olduğu Aydos ormanı ve Paşaköy mevki populasyonları arasında 15.17 km mesafe bulunmaktadır ve populasyon büyüklükleri, tohum miktarı gibi faktörler birbirinden farklıdır. Bu faktörlerin genetik uzaklığı arttırdığı önerilebilir. Genetik uzaklığın en düşük olduğu Aydos caddesi ve Selçuklu caddesi populasyonları arasındaki mesafe 2.85 km olup, benzer populasyon büyüklüğüne sahiptirler. Tohumların rüzgârla taşınması ve bitkideki tozlaşmanın çeşitli böcekler, arılar ve sinekler ile gerçekleşmesi (Pfeiffer ve ark., 2008) göz önünde bulundurulduğunda, bu populasyonlar arasında polenlerin ve tohumların taşınmış olabileceği ve bu durumun genetik benzerliği arttırdığı önerilebilir.

ISSR moleküler belirteçlerinden elde edilen veriler kullanılarak Nei (1978)'e göre UPGMA metodu ile genetik uzaklığa dayalı dendrogram oluşturulmuş ve Şekil 3.28'de gösterilmiştir.



Şekil 3.28 ISSR verilerinden Nei (1978)'e göre UPGMA metodu ile elde edilen populasyonlar arası genetik uzaklığa dayalı dendrogram

Nei (1978)'e göre *T. farfara* populasyonları arasındaki genetik uzaklık dendrogramı (Şekil 3.28) incelendiğinde Paşaköy populasyonunun diğer populasyonlardan ayrıldığı görülmektedir. En yüksek genetik benzerlik Aydos caddesi ve Selçuklu caddesi populasyonları arasında görülmektedir. Bu populasyonlar arasındaki mesafe 2.85 km olup, coğrafi konumların yakınlığının benzerliği arttırdığı düşünülmektedir. Populasyon büyüklüklerinin benzerliğinin ve tohumların rüzgârla taşınmasının etkili olabileceği de düşünülmektedir.



Şekil 3.29 ISSR verileri kullanılarak MVSP yazılımı ile elde edilen Temel Koordinat Analizi (PCoA) sonuçları (Eksen üzerindeki rakamlar PCoA skorlarını, kırmızı dörtgenler genotipleri, çemberler grupları göstermektedir.)

T. farfara genotiplerine ait temel koordinat analizi (PCoA) grafiği MVSP 3.22 yazılımı ile elde edilmiştir. PCoA grafiği (şekil 3.29) incelendiğinde üç ana grup görölmektedir. A grubu Paşaköy popülasyonuna ait tüm bireyler, Üvezli popülasyonuna ait 2., 3. ve 5. bireyler, Ömerli popülasyonuna ait 1. ve 2. bireyler ile Selçuklu caddesi popülasyonuna ait 5. ve 6. bireylerden oluşmuştur. B grubu Aydos ormanı popülasyonuna ait bireyler, Aydos caddesi popülasyonuna ait 1. ve 2. bireyler ile Selçuklu caddesi popülasyonuna ait 3. bireyden oluşmuştur. C grubu ise ağırlıklı olarak Ömerli ve Üvezli popülasyonlarına ait bireyler ile az sayıda Aydos caddesi ve Selçuklu caddesi popülasyonlarına ait bireylerden meydana gelmiştir. Coğrafi konumları birbirine yakın olan popülasyonlar arasındaki genetik benzerliğin daha yüksek olduğu, rüzgârla taşınan tohumların ve tozlaşmayı sağlayan çeşitli böcekler, arılar ve sineklerin benzerliğin artmasında etkili olduğu düşünölmektedir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada İstanbul'daki 6 farklı lokaliteden doğal olarak yetişen *T. farfara* bireyleri toplanmıştır. Bireylerden toplanan yaprak ve çiçek örnekleri laboratuvarında analize hazır hale getirilmiştir. Yıkanmış yaprak, yıkanmamış yaprak ve çiçeklerin kuru ağırlıklarındaki ağır metal ve mineral besin element (Al, As, B, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, P, Pb, Sb, Se, Sn, Sr, Ti, Tl, U, V, Zn) miktarları ICP-MS cihazı kullanılarak belirlenmiştir.

Sonuçlara göre bitki kısımlarında en fazla biriken mineral besin element miktarları (en düşük ve en yüksek); Ca miktarı 3567,230-13950,329 mg/kg, K miktarı 4029,041-12658,904 mg/kg, Mg miktarı 822,711-1116,504 mg/kg, P miktarı 467,564-2483,519 µg/kg olarak ölçülmüştür.

Mineral besin elementlerinin genellikle bitkinin yapraklarında çiçeklere göre daha çok miktarda biriktiği görülmektedir. Ancak bitkinin üreme organlarının gelişimi ve veriminin artmasında önemli rolü olan Cu elementi ile tohum oluşumunda etkili olan P elementinin çiçekte daha fazla miktarda biriktiği belirlenmiştir.

Mineral besin elementlerinin bitki kısımlarına ve lokalitelere göre genellikle geniş farklılıklar gösterdiği söylenebilir. Bitki kısımları baz alındığında en fazla farklılık gösteren elementler P ve Na sırasıyla; 467,564-2483,519 µg/kg ve 416,896-6995,191 mg/kg aralığında tespit edilmiştir. Lokaliteler arasında en fazla farklılık gösteren elementler Fe ve K sırasıyla; 14,011-1257,518 µg/kg ve 4029,041-12658,904 mg/kg aralığında tespit edilmiştir. B, Ca ve Mg elementlerinin ise farklı lokalitelerden toplanan bireyler arasında büyük farklılıklar göstermediği belirlenmiştir.

Farklı lokalitelerden toplanan bireyler arasındaki mineral besin elementleri farklılıklarında bitkinin yetiştiği toprak özelliklerinin, içeriğinin, pH'nın, ayrıca çevresel ve genetik faktörlerin etkili olduğu önerilebilir.

Sonuçlara göre bitki kısımlarında en fazla biriken ağır metal miktarları (en düşük ve en yüksek); Cu miktarı 6,169-43,167 µg/kg, Fe miktarı 14,011-1257,518 µg/kg, Mn miktarı 6,206-26,244 µg/kg, Pb miktarı 0,279-8,155 µg/kg ve Zn miktarı 22,707-73,020 µg/kg olarak ölçülmüştür.

Belirlenen ağır metal miktarlarına bakıldığında, Lokalite 1'den toplanan bireylerin özellikle yıkanmamış yapraklarında As, Fe, Pb, Tl, U ve V metallerinin diğer lokalitelere göre daha fazla miktarda biriktiği görülmüştür. Lokalite 2'den toplanan bireylerin yıkanmamış yaprakları ve çiçeklerinde ise Cu, Pb, Sb ve Zn metallerinin diğer lokalitelerden daha fazla miktarda biriktiği belirlenmiştir. 1. ve 2. lokalitelerin diğer lokalitelere göre şehir içinde olması, bulundukları bölgedeki baca gazlarının yoğunluğu, taşıt trafiğine olan yakınlıkları, bölgedeki sanayi faaliyetleri gibi antropojenik kaynakların ağır metal yoğunluğunu arttırdığı önerilebilir. Lokalite 4, 5 ve 6'dan toplanan bireylerin orman vejetasyonu içerisinde yer aldığı, daha verimli topraklarda yetiştikleri ve çevreye ağır metal yayılımı gerçekleştiren antropojenik kaynaklara daha uzak olduğu söylenebilir. Yaptığımız çalışmada, elde edilen bulgulara göre; kirlenme kaynaklarından uzaklaşıldıkça bitkide ağır metal birikiminin azaldığı önerilebilir. Ülkemizde ve özellikle İstanbul'da gittikçe artan nüfusun, şehirleşmenin, sanayileşmenin, trafikteki araç sayısındaki artışın çevreye ağır metal salınımını arttırdığı görülmektedir.

Literatür karşılaştırmaları yapıldığında, tüm lokalitelerden toplanan *T. farfara* bireylerinde hiçbir ağır metalin bitki ve insan için toksik seviyelerde birikmediği görülmektedir. *T. farfara* bitkisinin tıbbi ve yenilebilir olarak kullanılmasının güvenilir olduğu önerilebilir. *T. farfara* bitkisinin insan sağlığını olumsuz etkileyecek ağır metal ve mineral besin element içeriğine sahip olmaması sevindiricidir.

Bu çalışmada *T. farfara* populasyonları arasındaki genetik çeşitlilik ISSR moleküler belirteçleri kullanılarak analiz edilmiştir.

ISSR moleküler belirteçleri ile yapılan genetik çeşitlilik analizlerinde; polimorfik lokus sayısı 43 ve polimorfik lokus yüzdesi %63.24 olarak belirlenmiştir. Populasyon bazında bakıldığında; en yüksek polimorfizm oranı %42.65 ile Üvezli populasyonunda görülürken; en düşük polimorfizm oranı %23.53 ile Paşaköy populasyonunda görülmüştür.

Polimorfizm oranı en yüksek olan Üvezli populasyonundan toplanan bireylerde; populasyondaki birey sayısının çokluğu, tohum miktarı, populasyonların açık bir bölgeye yayılmış olması, rüzgâr hızı ve yönü gibi birçok faktörden etkilenerek DNA çeşitliliğinin ortaya çıktığı düşünülmektedir.

İncelenen türe ait populasyon içinde ve arasında genetik çeşitliliğin düşük düzeyde olduğu görülmüştür. Populasyonların geleceği ile ilgili olarak yapılan çalışmalarda, bu durumun göz önünde bulundurulması faydalı olacaktır. Ayrıca literatürde *T. farfara* bitkisine ait tür içi genetik çeşitlilik çalışmasının son derece kısıtlı olduğu görülmüş, yapılan bu çalışma ile de *T. farfara* bitkisine ait populasyonların genetik çeşitliliği ile ilgili katkıda bulunulmaya çalışılmıştır.





KAYNAKLAR

1. Adriano, D. C. (2001). Cadmium. *Trace Elements in Terrestrial Environments*, 263–314.
2. Aksu, M., Şahin-Çevik, M. (2015). Moleküler Markörlerin Meyve Islahında Kullanım Alanları. *Meyve Bilimi*, 2(1), 49-59.
3. Allaway, W. H. (1968). Agronomic Controls Over the Environmental Cycling of Trace Elements. *Advances in Agronomy*, 235–274.
4. Altay, Ö. (2006). Niğde İli Topraklarının Ağır Metal İçeriğinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, Türkiye.
5. Altun, Z. G. (2006). DNA işaretleyiciler (Markör) ve Türkiye’de orman ağaçları ıslahında kullanımı. *Ege Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Dergisi*, Yayın (295), 20-36.
6. Anonim 1 <http://www.theplantlist.org/1.1/browse/A/Compositae/> (Erişim Tarihi: 10.05.2019)
7. Anonim 2 <https://en.wikipedia.org/wiki/Asteraceae> (Erişim Tarihi: 04.02.2019)
8. Anonim 3 <https://www.motherearthliving.com/plant-profile/an-herb-to-know-39?pageid=1#PageContent1> (Erişim Tarihi: 14.03.2019)
9. Anonim 4 The Ohio Agricultural Research and Development Center http://www.oardc.ohio-state.edu/weedguide/single_weed.php?id=29 (Erişim Tarihi: 17.11.2018)
10. Anonim 5 Ecological flora of the British Isles http://ecoflora.org.uk/search_ecochars.php?plant_no=1690890010 (Erişim Tarihi: 17.11.2018)
11. Anonim 6 https://www.selcuk.edu.tr/ileri_arge/birim/web/sayfa/ayrinti/5875/tr (Erişim Tarihi: 08.05.2019)
12. Asri, F. Ö., Sönmez, S. (2006). Ağır Metal Toksisitesinin Bitki Metabolizması Üzerine Etkileri. *Derim*, 23(2), 36-45.
13. Asri, F. Ö., Sönmez, S., Çıtak, S. (2014). Kadmiyumun Çevre ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri. *Derim*, 24(1), 32-39.
14. Avula, B., Wang, Y.-H., Duzgoren-Aydin, N. S., Khan, I. A. (2011). Inorganic elemental compositions of commercial multivitamin/mineral dietary

- supplements: Application of collision/reaction cell inductively coupled-mass spectroscopy. *Food Chemistry*, 127(1), 54–62.
15. Aygün, F. (2006). *Vicia canescens* Populasyonları Arasındaki Varyasyonun RAPD ve FAMES ile Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum, Türkiye.
 16. Bakkal, G. (2014). Arkeolojik Seramiklerin ICP-MS ve ESR ile İncelenmesi ve ESR Yaş Tayini İçin En Uygun Örnek Hazırlama Metodunun Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen bilimleri Enstitüsü, Konya, Türkiye.
 17. Bakker, D. (1960). A comparative life-history study of *Cirsium arvense* (L.) Scop. and *Tussilago farfara* L., the most troublesome weeds in the newly reclaimed polders of the former Zuiderzee. In *Biology of Weeds, Symposium British Ecological Society*, 205-22.
 18. Barkley, T. M. (2006). *Tussilago*. Flora of North America, Vol. 20: 635.
 19. Barnes, J., Anderson, L., Phillipson, D. (2007). Herbal Medicines Third Edition. Pharmaceutical Press, London, s. 185-186, (First Edition 1996).
 20. Barut, H., Aykanat, S., Aşıklı, S., Selim, E. (2018). Bitkisel Üretimde Bor. *Uluslararası Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 1(1), 33-46.
 21. Başgel, S., Erdemoğlu, S. B. (2006). Determination of mineral and trace elements in some medicinal herbs and their infusions consumed in Turkey. *Science of the total environment*, 359(1-3), 82-89.
 22. Baytop, A. (1991). Farmasötik Botanik Ders Kitabı. İstanbul Üniversitesi Basımevi, Üniversite Yayın No:3637, Fakülte Yayın No: 58, İstanbul, s. 255-259
 23. Baytop, T. (1999). Türkiye’ de Bitkiler ile Tedavi: Geçmişte ve Bugün. Nobel Tıp Kitapevleri, İstanbul.
 24. Bohm, B. A., Stuessy, T. F. (2001). Flavonoids of the Sunflower Family (Asteraceae). Springer Science & Business Media.
 25. Bolat, İ., Kara, Ö. (2017) Bitki Besin Elementleri: Kaynakları, İşlevleri, Eksik ve Fazlalıkları. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(1): 218-228.
 26. Bown, D. (1995). Encyclopaedia of Herbs and their Uses. Dorling Kindersley, London.
 27. Bremer, K. (1994). Compositae. Cladistics and classification, Portland, Oregon: Timber Press. USA.

28. Budak, Z., Erdal, İ. (2016). Yapraktan kalsiyum uygulamasının farklı sera domates çeşitlerinde verim, meyve kalitesi ve mineral beslenmesine etkisi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 4(1), 1-10.
29. Burnell, J. N. (1988). The biochemistry of manganese in plants. *Manganese in soils and plants*, Springer, Dordrecht, 125-137.
30. Camacho-Cristóbal, J. J., Rexach, J., González-Fontes, A. (2008). Boron in Plants: Deficiency and Toxicity. *Journal of Integrative Plant Biology*, 50(10), 1247–1255.
31. Campbell, N. A., Reece, J. B. (2010). Biyoloji. 6. Baskıdan Çeviri. Çeviri Editörleri: Ertunç Gündüz, Ali Demirsoy, İsmail Türkan, Palme Yayınları: 381, Ankara, s. 769.
32. Cao, K., Xu, Y., Mu, X., Zhang, Q., Wang, R., Lv, J. (2016). Sensitive determination of pyrrolizidine alkaloids in *Tussilago farfara* L. by field-amplified, sample-stacking, sweeping micellar electrokinetic chromatography. *Journal of Separation Science*, 39(21), 4243–4250.
33. Cardina, J., Herms, Ca., Koch, T., Webster, T. (2003). Ohio perennial and biennial weed guide [Online]. In: OSU weed managment--Weed identification resources. In: Agronomic Crops Network. Columbus, OH: The Ohio State University Extension, Ohio Agricultural Research and Development Center (Producer).
34. Ceylan, F. (2013). Düzce ve Çevresinde Gıda Olarak Tüketilen Yabani Bitkilerin Tüketim Biçimleri ve Besin Ögesi Değerleri. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, Türkiye.
35. Chen, Y., Nordenstam, B. (2011). *Tussilago farfara*. Flora of China, Vol. 20-21. s. 461 http://www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=2&taxon_id=134025 (Erişim Tarihi: 04.02.2019)
36. Chevallier, A. (1996). *The Encyclopedia of Medicinal Plants*. Dorling Kindersley Publishing, New York.
37. Chiej, R. (1984). The Macdonald Encyclopaedia of Medicinal Plants. MacDonald Yayıncılık, First Edition, London.
38. Clarkson, D. T., Hanson, J. B. (1980). The Mineral Nutrition of Higher Plants. *Annual Review of Plant Physiology*, 31(1), 239–298.

39. Cronquist, A. (1955). Phylogeny and taxonomy of the Compositae. *American Midland Naturalist*, 53(2): 478-511.
40. Davis, P. H. (1975). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*, Vol. 5, Edinburgh University Press, Edinburgh.
41. Davis, P.H., Tan, K., Mill, R.R. (Eds.). (1988). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*, Vol. 10, Edinburgh University Press, Edinburgh.
42. Demir, C. (2006). Bor minerallerinin enerji kaynağı olarak değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, Türkiye.
43. Doyle, J. J. (1987). A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochemical Bulletin*, 19: 11–15.
44. Doyle, J. J. (1990). Isolation of plant DNA from fresh tissue. *Focus*, 12: 13-15.
45. Duruibe, J. O., Ogwuegbu, M. O. C., Ekwurugwu, J. N. (2007). Heavy metal pollution and human biotoxic effects. *International Journal of physical sciences*, 2(5), 112-118.
46. El-Jaoual, T., Cox, D. A. (1998). Manganese toxicity in plants. *Journal of Plant Nutrition*, 21(2), 353–386.
47. Ellegren, H., Galtier, N. (2016). Determinants of genetic diversity. *Nature Reviews Genetics*, 17(7), 422.
48. Ezeabara, C. A., Okanume, O. E., Emeka, A. N., Okeke, C. U., Mbaekwe, E. I. (2014). Heavy metal contamination of herbal drugs: implication for human health- a review. *International Journal of Tropical Disease & Health*, 4(10), 1044-1058.
49. Faiku, F., Haziri, A., Domoze, B., Mehmeti, A. (2012). Total lipids, proteins, minerals and essential oils of *Tussilago farfara* (L.) from south part of Kosova. *European Journal of Experimental Biology*, 2(4), 1273-1277.
50. Faydaoğlu, E., Sürücüoğlu, M.S. (2011). Geçmişten Günümüze Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Kullanılması ve Ekonomik Önemi. Kastamonu Üni., *Orman Fakültesi Dergisi*, 11(1): 52–67.
51. Filiz, E., Koç, İ. (2011). Bitki Biyoteknolojisinde Moleküler Markörler. GOÜ, *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(2), 207-214.
52. Gasser, U., Klier, B., Kuhn, A. V., Steinhoff, B. (2009). Current findings on the heavy metal content in herbal drugs. *Pharmeuropa*, 1, 37-49.9.

53. Gleason, H. A., Cronquist, A. (1991). Manual of vascular plants of northeastern United States and adjacent Canada. Second Edition. New York: New York Botanical Garden, 910 s.
54. Graham, L. E., Graham, J. M., Wilcox, L. W. (2008). Bitki Biyolojisi. Çeviri Editörü: Kani Işık, Palme Yayınları: 283, 2. Baskı, Ankara, s. 48-49.
55. Griffiths, M. (1994). *The new Royal Horticultural Society dictionary: index of garden plants*. Macmillan Press Ltd.
56. Gülşen, O., Mutlu, N. (2005). Bitki biliminde kullanılan genetik markırlar ve kullanım alanları. *alatarım*, 4(2), 27-37.
57. Güneş, A., Gezgin, S., Kalınbacak, K., Özcan, H., Çakmak, İ. (2017). Bor elementinin bitkiler için önemi. *BORON*, 2(3), 168-174.
58. Gürel, M. (2014). Türkiye’de Yaygın Olarak Kullanılan Çeşitli Tıbbi Bitkilerin Bazı Makro ve Mikro Element İçeriklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu, Türkiye.
59. Haktanır, K., Arcak, S. (1998). Çevre Kirliliği. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Toprak Bölümü, Ankara Üniv. Yayın No: 1503, Ders Kitabı: 457, Ankara.
60. Hänsch, R., Mendel, R. R. (2009). Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl). *Current opinion in plant biology*, 12(3), 259-266.
61. Harris, J. G., Harris, M. W. (2001). Plant Identification Terminology: An Illustrated Glossary 1st Edition. Utah: Spring Lake Publishing.
62. Hilooğlu, M. (2012). Türkiye’de Yayılış Gösteren *Petrorhagia* Türleri Arasındaki Genetik Akrabalığın Moleküler Belirteçlerle Tespit Edilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, Türkiye.
63. Hochmuth, G. (2011). “Iron (Fe) Nutrition of Plants”, Soil and Water Science Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Florida, U.S.A.
64. Hwang, S. B., Chang, M. N., Garcia, M. L., Han, Q. Q., Huang, L., King, V. F., Kaczorowski, G. J., Winkler, R. J. (1987). L-652,469-a dual receptor antagonist of platelet activating factor and dihydropyridines from *Tussilago farfara* L. *European journal of pharmacology*, 141(2), 269-281.

65. Innes, Robin J. (2011). *Tussilago farfara*. In: Fire Effects Information System, [Online]. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fire Sciences Laboratory (Producer). <https://www.fs.fed.us/database/feis/plants/forb/tusfar/all.html> (Erişim Tarihi: 23.11.2018)
66. Jaradat, Q. M., Masadeh, A., Zaitoun, M. A., Maitah, B. M. (2005). Heavy Metal Contamination of Soil, Plant and Air of Scrapyrd of Discarded Vehicles at Zarqa City, Jordan. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*, 14(5), 449–462.
67. Kabata-Pendias, A. (2010). Trace elements in soils and plants. CRC press.
68. Kabata-Pendias, A., Mukherjee, A. B. (2007). *Trace elements from soil to human*. Springer Science & Business Media.
69. Kabata-Pendias, A., Pendias, H., (2001). Trace elements in soils and plants. 3rd. Edition, Crc Press Inc., Boca Raton, Florida, U.S.A.
70. Kabelitz, L. (1998). Heavy metals in herbal drugs. *European Journal of Herbal Medicine*, 4, 25-2.
71. Kaçar, B., İnal, A. (2010). Bitki Analizleri (2. Baskı). *Nobel Yayınları*, (1241), 123-169.
72. Kaçar, B., Katkat, A.V. (2007). Bitki besleme. Nobel Yayınları No: 849, Ankara.
73. Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., Timur, S. (2003). Metallerin çevresel etkileri-I. *Metalurji Dergisi*, 136, 47-53.
74. Kalny, P., Fijałek, Z., Daszczuk, A., Ostapczuk, P. (2007). Determination of selected microelements in polish herbs and their infusions. *Science of the Total Environment*, 381(1-3), 99-104.
75. Karamanoğlu, K. (1977). Farmasötik Botanik. Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları, Ders Kitapları No:44 2.baskı, s. 397-403.
76. Kendir, G., Güvenç., A. (2010). Etnobotanik ve Türkiye’de Yapılmış Etnobotanik Çalışmalara Genel Bir Bakış, Hacettepe Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi, Cilt 30, Sayı 1, s. 49-80.
77. Kesawat, M. S., Das, B. K. (2009). Molecular markers: it’s application in crop improvement. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 12(4), 169-181.

78. Kimura, M., Crow, J. F. (1964). The number of alleles that can be maintained in a finite population. *Genetics*, 49(4), 725.
79. Kirkham, M. B. (2006). Cadmium in plants on polluted soils: effects of soil factors, hyperaccumulation and amendments. *Geoderma*, 137(1-2), 19-32.
80. Koçyiğit, M. (2005). Yalova İlinde Etnobotanik Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
81. Lajayer, A. B., Ghorbanpour, M., Nikabadi, S. (2017). Heavy metals in contaminated environment: Destiny of secondary metabolite biosynthesis, oxidative status and phytoextraction in medicinal plants. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 145, 377–390.
82. Lewontin, R. C. (1972). The apportionment of human diversity. In *Evolutionary biology*. Springer, New York, 381-398.
83. Li, Y. P., Wang, Y. M. (1988). Evaluation of tussilagone: a cardiovascular-respiratory stimulant isolated from Chinese herbal medicine. *General Pharmacology: The Vascular System*, 19(2): 261-263.
84. Magee, D. W., Ahles, H. E. (2007). Flora of the Northeast: A manual of the vascular flora of New England and adjacent New York. 2nd ed. Amherst, MA: University of Massachusetts Press. 1214 p.
85. Markert, B. (1992). Establishing of ‘Reference Plant’ for inorganic characterization of different plant species by chemical fingerprinting. *Water, Air, and Soil Pollution*, 64(3-4), 533-538.
86. Markert, B. (1993). Plants as Biomonitors: Indicators for Heavy Metals in the Terrestrial Environment. Weinheim, VCH Publisher, 640.
87. Marschner, H. (1993). Zinc Uptake from Soils. *Zinc in Soils and Plants*, 59–77.
88. Marschner, H. (1995). Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, Second Edition, London.
89. Milan, P., Hayashi, A. H., Appezzato-da-Gloria, B. (2006). Comparative Leaf Morphology and Anatomy of Three Asteraceae Species. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 49:1, 135-144.
90. Millaleo, R., Reyes-Díaz, M., Ivanov, A. G., Mora, M. L., Alberdi, M. (2010). Manganese as essential and toxic element for plants: transport, accumulation and

- resistance mechanisms. *Journal of soil science and plant nutrition*, 10(4), 470-481.
91. Mullis, K. B. (1987). Process for Amplifying Nucleic Acid Sequences. U.S. Patent No. 4,683,202. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
 92. Musa, B., Abdullahi, M. S. (2013). The toxicological effects of cadmium and some other heavy metals in plants and humans. *Journal of Environmental Science and Water Resources*, 2(8):245–249.
 93. Nabi, S. J. Z. (2014). Molecular Characterization of Some Medicinal Plants Using AFLP and SRAP Markers. Master Thesis, Kahramanmaraş Sütçü İmam University Graduate School of Natural and Applied Sciences, Kahramanmaraş, Türkiye.
 94. Nable, R. O., Bañuelos, G. S., Paull, J. G. (1997). Boron toxicity. *Plant and soil*, 193(1-2), 181-198.
 95. Nagaoka, T., Ogihara, Y. (1997). Applicability of inter-simple sequence repeat polymorphisms in wheat for use as DNA markers in comparison to RFLP and RAPD markers. *Theoretical and applied genetics*, 94(5), 597-602.
 96. Namura-Ochalska, A. (1993). Expansion of *Tussilago farfara* L. in disturbed environments. II Population reaction to simulated cultivation. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 62(1-2): 83.
 97. Nedelcheva, A., Nadezhda, K., Sidjimov, A. (2015). Pyrrolizidine alkaloids in *Tussilago farfara* from Bulgaria. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*. 29 (Suppl 1): S1-S7.
 98. Nei, M. (1973). Analysis of gene diversity in subdivided populations. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 70(12), 3321-3323.
 99. Nei, M. (1978). Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. *Genetics*, 89(3), 583-590.
 100. Okcu, M., Tozlu, E., Kumlay, A. M., Pehlivan, M. (2009). Ağır metallerin bitkiler üzerine etkileri. *Alinteri Ziraat Bilimler Dergisi*, 17(2), 14-26.
 101. Özbolat, G., Tuli, A. (2016). Ağır metal toksisitesinin insan sağlığına etkileri. *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi*, 25(4), 502-521.

102. Özcan, M. M., Akbulut, M. (2008). Estimation of minerals, nitrate and nitrite contents of medicinal and aromatic plants used as spices, condiments and herbal tea. *Food Chemistry*, 106(2), 852–858.
103. Özer, Z., Tursun, N., Önen, H. (2001). Yabancı Otlarla Sağlıklı Yaşam (Gıda ve Tedavi). 4RENK Yayınları, 253.
104. Özhatay, N., Kültür, Ş. (2006). Check-List of Additional Taxa to the Supplement Flora of Turkey III. *Tr. J. Bot.*, 30: 281-316.
105. Öztürk, F., Kaçar, İ. (2012). Magnezyum Alaşımları ve Kullanım Alanlarının İncelenmesi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 1(2), 12-20.
106. Pfeiffer, T., Gunzel, C., Frey, W. (2008). Clonal reproduction, vegetative multiplication and habitat colonisation in *Tussilago farfara* (Asteraceae): A combined morpho-ecological and molecular study. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 203(4), 281–291.
107. Pilbeam, D. J., Kirkby, E. A. (1983). The physiological role of boron in plants. *Journal of Plant Nutrition*, 6(7), 563–582.
108. Pluess, A. R., Stöcklin, J. (2004). Population genetic diversity of the clonal plant *Geum reptans* (Rosaceae) in the Swiss Alps. *American Journal of Botany*, 91(12), 2013-2021.
109. Pushnik, J. C., Miller, G. W. (1989). Iron regulation of chloroplast photosynthetic function: Mediation of PS I development. *Journal of Plant Nutrition*, 12(4), 407–421.
110. Queralt, I., Ovejero, M., Carvalho, M. L., Marques, A. F., Llabrés, J. M. (2005). Quantitative determination of essential and trace element content of medicinal plants and their infusions by XRF and ICP techniques. *X-Ray Spectrometry: An International Journal*, 34(3), 213-217.
111. Rao, S. R., Ravishankar, G. (2002). Plant cell cultures: Chemical factories of secondary metabolites. *Biotechnology Advances*, 20(2), 101–153.
112. Robinson, B. H., Bischofberger, S., Stoll, A., Schroer, D., Furrer, G., Roulier, S., Gruenwald, A., Attinger, W., Schulin, R. (2008). Plant uptake of trace elements on a Swiss military shooting range: uptake pathways and land management implications. *Environmental Pollution*, 153(3), 668-676.

113. Rout, G. R., Das, P. (2003). Effect of Metal Toxicity on Plant Growth and Metabolism: I. Zinc. *Agronomie*, 23(1), 3–11.
114. Shahid, M., Khalid, S., Abbas, G., Shahid, N., Nadeem, M., Sabir, M., Aslam, M., Dumat, C. (2015). Heavy Metal Stress and Crop Productivity. *Crop Production and Global Environmental Issues*, 1–25.
115. Sharma, P., Dubey, R. S. (2005). Lead toxicity in plants. *Brazilian journal of plant physiology*, 17(1), 35-52.
116. Sharma, R. K., Agrawal, M., Marshall, F. (2007). Heavy metal contamination of soil and vegetables in suburban areas of Varanasi, India. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 66(2), 258–266.
117. Singh, J., Kalamdhad, A. S. (2011). Effects of heavy metals on soil, plants, human health and aquatic life. *International journal of Research in Chemistry and Environment*, 1(2), 15-21.
118. Singh, S., Parihar, P., Singh, R., Singh, V. P., Prasad, S. M. (2016). Heavy Metal Tolerance in Plants: Role of Transcriptomics, Proteomics, Metabolomics, and Ionomics. *Frontiers in Plant Science*, 6.
119. Taiz, L., Zeiger, E. (2002). *Plant Physiology*, 3 Edition. Sinauer Associates Inc Publishers, USA.
120. Törün, B. (2013). Türkiye'de Yetiştirilen Bazı Çeltik Çeşitlerinin Genetik Çeşitliliğinin ISSR Tekniği ile Saptanması. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, Türkiye.
121. Tripathi, D. K., Singh, V. P., Chauhan, D. K., Prasad, S. M., & Dubey, N. K. (2014). Role of macronutrients in plant growth and acclimation: recent advances and future prospective. *Improvement of Crops in the Era of Climatic Changes*, Springer, New York, NY. 197-216.
122. TUBIVES, (Türkiye Bitkileri Veri Servisi) www.tubives.com (Erişim Tarihi: 04.02.2019)
123. Turan, Ş. (2014). Ülkemizde Yaygın Olarak Kullanılan Bazı Tıbbi Bitkilerin Yapraklarında Ağır Metal ve Mineral Besin Element İçeriklerinin Tayini. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.

124. Türkeli, Y. (2010). *Pistacia vera* L. x *Pistacia atlantica* Desf. Melez Populasyonunda Genetik Haritalama. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, Türkiye.
125. USDA ARS. (2019). Agricultural Research Service, National Plant Germplasm System. Germplasm Resources Information Network (GRIN-Taxonomy). National Germplasm Resources Laboratory, Beltsville, Maryland. <https://npgsweb.ars-grin.gov/gringlobal/taxonomydetail.aspx?40789> (Erişim Tarihi: 15.05.2019)
126. Wang, Y., Wu, W. H. (2017). Regulation of potassium transport and signaling in plants. *Current Opinion in Plant Biology*, 39, 123–128.
127. Watson, J. D., Crick, F. H. (1953). Molecular structure of nucleic acids. *Nature*, 171(4356), 737-738.
128. Wesolowski, M., Konieczynski, P. (1996). Concentration and distribution of non-metals in medicinal herbs. A principal component analysis of the data. *Chemia analityczna*, 41, 377-386.
129. White, P. J., Broadley, M. R. (2003). Calcium in plants. *Annals of Botany*, 92(4), 487-511.
130. Wilkinson, S. R., Welch, R. M., Mayland, H. F., Grunes, D. L. (1990). *Magnesium in plants: uptake, distribution, function, and utilization by man and animals*. New York and Basel, Switzerland: Marcel Dekker, Inc, Vol. 26, 34-52.
131. Yruela, I. (2005). Copper in plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 17(1), 145–156.
132. Zietkiewicz, E., Rafalski, A., Labuda, D. (1994). Genome fingerprinting by simple sequence repeat (SSR)-anchored polymerase chain reaction amplification. *Genomics*, 20(2), 176-183.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Cansu Tetik

Doğum Yeri ve Tarihi: Maltepe/İstanbul, 14.11.1994

Yabancı Dili: İngilizce

E-posta: cansuutetik@gmail.com

Öğrenim Durumu:

Derece	Kurum/Bölüm	Yıl
Lise	Yeni Levent Lisesi	2008-2012
Lisans	Marmara Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü	2012-2016
Yüksek Lisans	Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı	2016-

Kongre Etkinlikleri

Hocaoğlu Aslı, Özyiğit İbrahim İlker, Yalçın Bahattin, Atasoy Efsun Görkem, Karahan Neşet Kaan, **Tetik Cansu**, Tatlıdil Abdullah, "Assesment of Mineral Nutrient and Heavy Metal Concentrations in *Macropipus depurator* Shells and Muscle Tissues Collected from The Sea of Marmara in 2016 Summer Season", The Eurasian Agriculture and Natural Science Congress, 2017.

Cansu Tetik, İbrahim İlker Özyiğit, Zeki Severoğlu, Gizem Lokumcu, Neşet Kaan Karahan, Bihter Uçar, Bahattin Yalçın, "İstanbul'un Farklı Habitatlarından Toplanan öksürük otu (*Tussilago farfara* L.) Bitkilerine Ait Populasyonların Mineral Element ve Ağır Metal Birikiminin Araştırılması", IMASCON Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi, Kocaeli, 2019

Gizem Lokumcu, İbrahim İlker Özyiğit, Zeki Severoğlu, **Cansu Tetik**, Neşet Kaan Karahan, Bihter Uçar, Bahattin Yalçın, "İstanbul'un Farklı Habitatlarından Toplanan *Borago officinalis* L. Bitkilerine Ait Populasyonların Besin Elementleri ve Ağır Metal Seviyelerinin Araştırılması", IMASCON Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi, Kocaeli, 2019

Bihter Uçar, İbrahim İlker Özyiğit, İbrahim Ertuğrul Yalçın, Aslı Hocaoğlu Özyiğit, **Cansu Tetik**, Gizem Lokumcu, "Marmara Denizi'ndeki Denizyıldızı (*Astropecten spinulosus*) Populasyonları ve Habitatlarında Ağır Metal Miktarlarının Araştırılması", IMASCON Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi, Kocaeli, 2019