

T.C.
NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KAYSERİ YEŞİLHİSAR İLÇESİ'NDE YETİŞEN *Beta vulgaris* L. (ŞEKER PANCARI) BİTKİSİNİN İZ ELEMENT MİKTARI VE AĞIR METAL AKÜMÜLASYONU AÇISINDAN İZLENMESİ

Tezi Hazırlayan
Hayrun Nisa BÜLBÜL

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Zeliha LEBLEBİCİ

Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Ağustos 2023

T.C.
NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KAYSERİ YEŞİLHİSAR İLÇESİ'NDE YETİŞEN *Beta vulgaris* L. (ŞEKER PANCARI) BİTKİSİNİN İZ ELEMENT MİKTARI VE AĞIR METAL AKÜMÜLASYONU AÇISINDAN İZLENMESİ

Tezi Hazırlayan
Hayrun Nisa BÜLBÜL

Tez Danışmanı
Prof. Dr. Zeliha LEBLEBİCİ

Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı
Yüksek Lisans Tezi

Bu çalışma Nevşehir Hacıbektaş Veli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince desteklenmiştir.
Proje No: TEZ22F11

Ağustos 2023

Prof. Dr. Zeliha LEBLEBİCİ danışmanlığında Hayrun Nisa BÜLBÜL tarafından hazırlanan “**Kayseri Yeşilhisar İlçesi’nde Yetişen *Beta vulgaris* L. (Şeker Pancarı) Bitkisinin İz Element Miktarı ve Ağır Metal Akümülayonu Açısından İzlenmesi**” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalında **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

.../.../2023

JÜRİ

Başkan: Doç. Dr. Fuat BOZOK

Üye: Prof. Dr. Zeliha LEBLEBİCİ

Üye: Doç. Dr. Musa KAR

ONAY

Bu tezin kabulü Enstitü Yönetim Kurulunun tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

...../...../2023

Doç. Dr. Cemal ÇARBOĞA
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİM SAYFASI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada yer alan bütün bilgilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu ve bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Hayrun Nisa BÜLBÜL

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim ve tez çalışmam süresince tüm bilgilerimi benimle paylaşmaktan kaçınmayan, her türlü konuda desteğini benden esirgemeyen ve tezimde büyük emeği olan, aynı zamanda kişilik olarak da bana çok şey katan Sayın Hocam Prof. Dr. Zeliha LEBLEBİCİYE'ye,

Maddi ve manevi olarak her zaman desteklerini hissettiren değerli AİLEME,

Çalışmamda yardımlarını esirgemeyen kardeşlerim Ahsen BÜLBÜL ve Hatice Rüveyda BÜLBÜL'e bu teşekkürü borç bilirim. Çalışmamı, beni her yönden destekleyen ve beni karşılıksız seven aileme adıyorum.

Teknik ve idari yardımlarından dolayı Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Rektörlüğü'ne, Fen-Edebiyat Fakültesi Dekanlığı'na, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölüm Başkanlığı'na ve Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi BAP Birimi'ne TEZ22F11 nolu proje ile desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

KAYSERİ YEŞİLHİSAR İLÇESİ'NDE YETİŞEN *Beta vulgaris* L. (ŞEKER PANCARI) BİTKİSİNİN İZ ELEMENT MİKTARI VE AĞIR METAL AKÜMÜLASYONU AÇISINDAN İZLENMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Hayrun Nisa BÜLBÜL

**NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ**

**Ağustos 2023
ÖZET**

Bu çalışmada Kayseri'nin Yeşilhisar ilçesinde 5 farklı bölge (Kilcan , Kesik, Hacılımezarlığı, Kıraç tepe, Hacıbektaş) ve kontrol bölgesi (Dağılgan) olmak üzere 6 farklı lokaliteden toplanan şeker pancarı (*Beta vulgaris* L.) bitkisinin yaprak, gövde, kök ve yetiştiği toprak örneklerinin, ağır metal (Cr, Zn, Fe, Cu, Co, Cd, Ni, Mn, Pb ve As) içerikleri ICP-MS cihazı kullanılarak analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Dünya sağlık örgütü (WHO) ve Toprak kontrol yönetmeliği limit değerlerine göre karşılaştırılması yapılmıştır.

Şeker pancarında; Cr konsantrasyonu 1,04 - 5,23 μgg^{-1} , Mn konsantrasyonu 12,15 – 78,96 μgg^{-1} , Fe konsantrasyonu 24,73 – 390,66 μgg^{-1} , Co konsantrasyonu 0,00 μgg^{-1} -1,43 μgg^{-1} , Ni konsantrasyonu 1,13 – 32,64 μgg^{-1} , Cu konsantrasyonu 1,02 – 14,78 μgg^{-1} , Zn konsantrasyonu 10,13 -104,26 μgg^{-1} , As konsantrasyonu 0,00 – 3,67 μgg^{-1} , Cd konsantrasyonu 0,00 - 0,45 μgg^{-1} ve Pb konsantrasyonu 0,02 – 1,85 μgg^{-1} arasında tespit edilmiştir.

Bununla birlikte toplanan örneklerde şeker pancarı, toplanan topraklar fark etmeksizin ağır metal bakımından kirlilik göstermektedir. En düşük kirlilik oranı kontrol grubu iken, en az kirlilik deney grubu içerisindeki topraklarda olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre şeker pancarı bitkisinde bazı metaller (Cd ve Pb) WHO ve Toprak kontrol yönetmeliğine göre sınır değer aşmadığı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: ICP-MS, Şeker pancarı, Ağır metal kirliliği

**Tez Danışman: Prof. Dr. Zeliha LEBLEBİCİ
Sayfa Adeti: 96**

**MONITORING OF BETA vulgaris L. (SUGAR BEET) PLANT GROWING IN
KAYSERİ YEŞİLHİSAR DISTRICT FOR TRACE ELEMENT AMOUNT AND
HEAVY METAL ACUMULATION**

Hayrun Nisa BÜLBÜL

**NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ UNIVERSITY GRADUATE SCHOOL OF
NATURAL AND APPLIED SCIENCE**

August 2023

ABSTRACT

In this study, sugar beet (*Beta vulgaris* L.) plant collected from 6 different localities, 5 different regions (Kilcan , Kesik, Hacılımezarlığı, Kıraç Tepe, Hacıbektaş) and the control area (Dağılgan) in Yeşilhisar district of Kayseri, had leaves, stems, roots and growing areas. Heavy metal (Cr, Zn, Fe, Cu, Co, Cd, Ni, Mn, Pb and As) contents of soil samples were analyzed using ICP-MS device. The obtained results were compared according to the limit values of the World Health Organization (WHO) and Soil Control Regulation.

In sugar beet; Cr concentration 1,04 – 5,23 μgg^{-1} , Mn concentration 12,15 – 78,96 μgg^{-1} , Fe concentration 24,73 – 390,66 μgg^{-1} , Co concentration 0,00 μgg^{-1} -1,43 μgg^{-1} , Ni concentration 1,13 – 32 ,64 μgg^{-1} , Cu concentration 1,02 – 14,78 μgg^{-1} , Zn concentration 10,13 -104,26 μgg^{-1} , As concentration 0,00 – 3,67 μgg^{-1} , Cd concentration 0,00 – 0,45 μgg^{-1} and Pb concentration 0,02 –1,85 μgg^{-1} it was determined between.

However, sugar beet in the collected samples shows pollution in terms of heavy metals regardless of the soils collected. While the lowest pollution rate was in the control group, it was determined that the least pollution was in the soils in the experimental group. According to these results, it was concluded that some metals (Cd and Pb) in sugar beet plant do not exceed the limit value according to WHO and Soil control regulations.

Keywords: ICP-MS, Sugar beet, Heavy metal pollution

Thesis Supervisor: Prof. Dr. Zeliha LEBLEBICI

Page Number: 96

İÇİNDEKİLER

| | |
|--|-----|
| KABUL VE ONAY SAYFASI | i |
| TEZ BİLDİRİM SAYFASI | ii |
| TEŞEKKÜR..... | iii |
| ÖZET..... | iv |
| ABSTRACT | iv |
| İÇİNDEKİLER | vi |
| TABLolar LİSTESİ..... | ix |
| ŞEKİLLER LİSTESİ | xii |
| SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ | xiv |
| 1. BÖLÜM | |
| GİRİŞ | 1 |
| 2. BÖLÜM | |
| GENEL BİLGİLER | 4 |
| 2.1. Çalışma Alanının Özellikleri..... | 4 |
| 2.1.1 Coğrafi konumu | 4 |
| 2.1.2 Topoğrafik ve jeolojik yapısı | 5 |
| 2.1.3. İklim özellikleri..... | 6 |
| 2.1.4. Bitki örtüsü özellikleri..... | 6 |
| 2.2 İz Element ve Ağır Metaller..... | 6 |
| 2.2.1 İz elementler..... | 6 |
| 2.2.2 Ağır metaller | 7 |
| 2.2.3. Toprakta ağır metallerin kaynakları | 8 |

| | |
|---|----|
| 2.2.4. Ağır metallerin bulunduğu formlar | 9 |
| 2.3. Ağır Metallerin Çevre ve İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkisi | 9 |
| 2.3.1. Kadmiyum (Cd) | 11 |
| 2.3.2. Kurşun (Pb) | 12 |
| 2.3.3. Nikel (Ni) | 13 |
| 2.3.4. Demir (Fe) | 14 |
| 2.3.5. Bakır (Cu) | 14 |
| 2.3.6. Çinko (Zn) | 15 |
| 2.3.7. Mangan (Mn) | 16 |
| 2.3.8. Kobalt (Co) | 17 |
| 2.3.9. Krom (Cr) | 17 |
| 2.4. Ağır Metallerin Bitkiler Tarafından Alınması | 17 |
| 2.4.1. Pasif alım | 17 |
| 2.4.2. Aktif alım | 18 |
| 2.4.3. Kolaylaştırılmış alım | 18 |
| 2.5. Bitkilerde Ağır Metal Taşınımı | 18 |
| 2.6. Bitkilerde Ağır Metal Tolerans Mekanizması | 18 |
| | |
| 3. BÖLÜM | |
| | |
| MATERYAL VE METOD | 20 |
| 3.1. Materyal | 20 |
| 3.1.1. <i>Beta vulgaris</i> L. Taksonomisi [75] | 20 |
| 3.1.2. <i>Beta vulgaris</i> L. (Şeker Pancarı) | 21 |
| 3.2. Materyallerin Toplanması | 22 |
| 3.2.2 Malzemelerin temizliği | 23 |
| 3.3. Yöntem | 23 |

| | |
|--|-----------|
| 3.3.1. Kullanılan kimyasal maddeler..... | 24 |
| 3.3.2. Materyaller için çözme işlemi..... | 24 |
| 3.3.3. Bitkide ağır metal seviyesinin belirlenmesi | 24 |
| 3.3.4. İstatistiksel analizler..... | 24 |
| 4. BÖLÜM | |
| BULGULAR | |
| 4.1. Verilere Ait Bulgular ve Değerlendirmeler..... | 25 |
| 4.2. Verilerin Analizi..... | 26 |
| 4.2.1. Krom (Cr)..... | 26 |
| 4.2.2. Mangan (Mn) | 29 |
| 4.2.3. Demir (Fe)..... | 33 |
| 4.2.4. Kobalt (Co) | 37 |
| 4.2.5. Nikel (Ni) | 41 |
| 4.2.6. Bakır (Cu) | 45 |
| 4.2.7. Çinko (Zn)..... | 48 |
| 4.2.8. Arsenik (As)..... | 52 |
| 4.2.9. Kadmiyum (Cd) | 56 |
| 4.2.10. Kurşun (Pb)..... | 60 |
| 5. BÖLÜM | |
| TARTIŞMA, SONUÇLAR VE ÖNERİLER..... | 64 |
| KAYNAKLAR | 70 |
| ÖZGEÇMİŞ | 78 |

TABLULAR LİSTESİ

| | | |
|-------------|---|----|
| Tablo 2.1. | Bitkilerde makro ve mikro elementler | 7 |
| Tablo 2.2. | Kirli topraklarda bulunması muhtemel ağır metaller ve antropojenik kaynaklar | 9 |
| Tablo 4.1. | Ağır metallerin toprakta ve bitkide toksik kabul edilen konsantrasyon aralıkları | 25 |
| Tablo 4.2. | Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan 36 pancar örneğine ait Cr konsantrasyonları (μgg^{-1})..... | 26 |
| Tablo 4.3. | Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan toprak örneklerine ait Cr konsantrasyonları (μgg^{-1})..... | 27 |
| Tablo 4.4. | Yaprak, pancar, kök ve toprak örnekleri için İndependent T testi sonuçları | 28 |
| Tablo 4.5. | Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan 36 pancar örneğine ait Mn konsantrasyonları (μgg^{-1})..... | 30 |
| Tablo 4.6. | Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan toprak örneklerine ait Mn konsantrasyonları (μgg^{-1})..... | 30 |
| Tablo 4.7. | Yaprak, pancar, kök ve toprak örnekleri için İndependent T testi sonuçları | 32 |
| Tablo 4.8. | Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan 36 pancar örneğine ait Fe konsantrasyonları (μgg^{-1})..... | 34 |
| Tablo 4.9. | Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan toprak örneklerine ait Fe konsantrasyonları (μgg^{-1})..... | 34 |
| Tablo 4.10 | Yaprak, pancar, kök ve toprak örnekleri için İndependent T testi sonuçları | 36 |
| Tablo 4.11. | Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan 36 pancar örneğine ait Co konsantrasyonları (μgg^{-1})..... | 38 |
| Tablo 4.12. | Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan toprak örneklerine ait Co konsantrasyonları (μgg^{-1})..... | 38 |
| Tablo 4.13 | Yaprak, pancar, kök ve toprak örnekleri için İndependent T testi sonuçları | 40 |
| Tablo 4.14. | Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan 36 pancar örneğine ait Ni konsantrasyonları (μgg^{-1})..... | 42 |

| | | |
|-------------|---|----|
| Tablo 4.15. | Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan toprak örneklerine ait Ni konsantrasyonları (μgg^{-1})..... | 42 |
| Tablo 4.16. | Yaprak, pancar, kök ve toprak örnekleri için İndependent T testi sonuçları | 44 |
| Tablo 4.17. | Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan 36 pancar örneğine ait Cu konsantrasyonları (μgg^{-1})..... | 45 |
| Tablo 4.18. | Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan toprak örneklerine ait Cu konsantrasyonları (μgg^{-1})..... | 46 |
| Tablo 4.19. | Yaprak, pancar, kök ve toprak örnekleri için İndependent T testi sonuçları | 47 |
| Tablo 4.20. | Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan 36 pancar örneğine ait Zn konsantrasyonları (μgg^{-1})..... | 49 |
| Tablo 4.21. | Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan toprak örneklerine ait Zn konsantrasyonları (μgg^{-1})..... | 49 |
| Tablo 4.22. | Yaprak, pancar, kök ve toprak örnekleri için İndependent T testi sonuçları | 51 |
| Tablo 4.23. | Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan 36 pancar örneğine ait As konsantrasyonları (μgg^{-1})..... | 53 |
| Tablo 4.24. | Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan toprak örneklerine ait As konsantrasyonları (μgg^{-1})..... | 53 |
| Tablo 4.25 | Yaprak, pancar, kök ve toprak örnekleri için İndependent T testi sonuçları | 55 |
| Tablo 4.26. | Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan 36 pancar örneğine ait Cd konsantrasyonları (μgg^{-1})..... | 57 |
| Tablo 4.27. | Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan toprak örneklerine ait Cd konsantrasyonları (μgg^{-1})..... | 57 |
| Tablo 4.28. | Yaprak, pancar, kök ve toprak örnekleri için İndependent T testi sonuçları | 59 |
| Tablo 4.29. | Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan 36 pancar örneğine ait Pb konsantrasyonları (μgg^{-1})..... | 61 |
| Tablo 4.30. | Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan toprak örneklerine ait Pb konsantrasyonları (μgg^{-1})..... | 61 |

Tablo 4.31. Yaprak, pancar, kök ve toprak örnekleri için İndependent T testi sonuçları
.....63



ŞEKİLLER LİSTESİ

| | | |
|-------------|--|----|
| Şekil 2.1. | Ağır metallerin doğaya yayınımları | 10 |
| Şekil 2.2. | Ağır metallerin hücre içi etkileri | 11 |
| Şekil 3.1. | Çalışma alanı | 21 |
| Şekil 3.2. | (a) ve (b) Şeker pancarı (<i>Beta vulgaris</i> L.) | 21 |
| Şekil 3.3. | Toplanan örneklerin (gövde, yaprak, kök ve toprak) kurutulduktan sonra paketlenmiş ve etiketlenmiş hali | 23 |
| Şekil 4.2. | Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan toprak örneklerine ait Cr konsantrasyonları (μgg^{-1}) | 28 |
| Şekil 4.3. | Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan 36 pancar örneğine ait Mn konsantrasyonları (μgg^{-1}) | 31 |
| Şekil 4.4. | Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan toprak örneklerine ait Mn konsantrasyonları (μgg^{-1}) | 32 |
| Şekil 4.5. | Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan 36 pancar örneğine ait Fe konsantrasyonları (μgg^{-1}) | 35 |
| Şekil 4.6. | Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan toprak örneklerine ait Fe konsantrasyonları (μgg^{-1}) | 36 |
| Şekil 4.7. | Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan 36 pancar örneğine ait Co konsantrasyonları (μgg^{-1}) | 39 |
| Şekil 4.8. | Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan toprak örneklerine ait Co konsantrasyonları (μgg^{-1}) | 40 |
| Şekil 4.9. | Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan 36 pancar örneğine ait Ni konsantrasyonları (μgg^{-1}) | 43 |
| Şekil 4.10. | Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan toprak örneklerine ait Ni konsantrasyonları (μgg^{-1}) | 44 |
| Şekil 4.11. | Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan 36 pancar örneğine ait Cu konsantrasyonları (μgg^{-1}) | 46 |
| Şekil 4.12. | Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan toprak örneklerine ait Cu konsantrasyonları (μgg^{-1}) | 47 |
| Şekil 4.13. | Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan 36 pancar örneğine ait Zn konsantrasyonları (μgg^{-1}) | 50 |
| Şekil 4.14. | Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan toprak örneklerine ait Zn konsantrasyonları (μgg^{-1}) | 51 |

| | | |
|--------------|---|----|
| Şekil 4. 15. | Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan 36 pancar örneğine ait As konsantrasyonları (μgg^{-1})..... | 54 |
| Şekil 4.16. | Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan toprak örneklerine ait As konsantrasyonları (μgg^{-1})..... | 55 |
| Şekil 4.17 | Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan 36 pancar örneğine ait Cd konsantrasyonları (μgg^{-1})..... | 58 |
| Şekil 4.18. | Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan toprak örneklerine ait Cd konsantrasyonları (μgg^{-1})..... | 59 |
| Şekil 4.19. | Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan 36 pancar örneğine ait Pb konsantrasyonları (μgg^{-1})..... | 62 |
| Şekil 4.20. | Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan toprak örneklerine ait Pb konsantrasyonları (μgg^{-1})..... | 63 |

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

| | |
|---|--|
| μgg^{-1} | Mikrogram / gram |
| CO_2 | Karbondioksit |
| g/cm^3 | Gram/santimetreküp |
| g/mol | Gram/mol |
| HC | Hidrokarbon |
| HNO_3 | Nitrik asit |
| HCl | Hidroklorik asit |
| K | Potasyum |
| CO^3/CO^2 | Karbonat |
| NaHCO^3 | Bikarbonat |
| Mo | Molibden |
| mgkg^{-1} | Miligram/kilogram |
| mg l^{-1} | Miligram/Litre |
| HCl | Hidroklorik asit |
| HNO_3 | Nitrik asit |
| pH | Hidrojen konsantrasyonunun (-) logaritması |
| SO_2 | Kükürt dioksit |

1. BÖLÜM

GİRİŞ

1.1 Amaç ve Kapsam

Günümüzün en önemli küresel sorunlardan biri çevre kirliliğidir. Çevre kirliliğinin en önemli etkeni insanların yaşamını rahat sürdürebilmeleri için yaptığı gelişmelerden kaynaklanmaktadır. Refah içinde yaşamak istemenin yanı sıra hızlı nüfus artışı ve buna bağlı olarak gıdanın olması gerekenden daha azalması, düzensiz kentleşme, insanların gereğinden fazla tüketim gerçekleştirmesi ve hızla gelişen teknolojik gelişmeler çevre kirliliğinin artmasına neden olmuştur. Bu etkenler sonucunda çevreye yoğun miktarda ağır metal yayılmaktadır. Çoğunlukla endüstriyel faaliyetler sonucu ortama yayılan ağır metaller canlı biyolojik sistemlerinde geri döndürülemez büyük hasarlara neden olmaktadır. Sanayileşme ve artan kentleşme ile ağır metallerle temas oranı artmıştır. Doğal ve yapay yollarla çevreye yayılan metaller doğada özellikle toprakta birikerek kompleks yapılar oluşturarak kirliliği yüksek oranlarda arttırmıştır. Artan ağır metal kirliliği insan yaşamının düzenini bozmaktadır. Bu bozunma nüfusun çok olduğu bölgelerde fazla ve nüfusun az olduğu bölgelerde ise oran düşüktür. Bozunmaya uğrayan çevrede yaşamını sürdüren insan ve hayvanların yaşam kalitelerini negatif yönde etkilemektedir.

Son yıllarda artan endüstriyel faaliyetler sonucu su, hava ve toprak kirlenmesindeki meydana gelen artış canlı yaşamını tehdit etmektedir. Bu faaliyetlerde çevreye sızan ağır metaller ekosisteme ciddi zararlar vermektedirler. Hava kirliliği, kükürt dioksit (SO₂), partiküler madde (PM), nitrojen oksitler (NO_x), karbon monoksit (CO), karbondioksit (CO₂), hidrokarbonlar (HC) ve ozon (O₃) gibi kirleticilerin solunumuyla alınması ya da bitkilerin stomaları yardımıyla bu maddeleri almaları yaşamları için tehlike arz etmektedir. Yapay olarak çevreye katılan ağır metallerin yanında doğal yollarla ortama karışan ağır metaller de bulunmaktadır [1]. Partiküler maddeler (PM) rüzgar deniz ve volkan gibi doğal kaynaklarla ortaya yayılır. Partiküler maddeler topraktan havaya rüzgar tarafından, denizden ise dalgalanma ile oluşan buharlaşma sonucu atmosfere taşınmaktadır. Bazı atmosferik kirlenme oluşturan gazlar uzun vadede toprak yapısını bozar, kısa vadede ise sadece bitkileri etkilemektedir [2].

Toprakda insan faaliyetleri sonucu oluşan çeşitli bileşiklerin yayılımıyla, bitkiler ya da bitkiler ile yaşamını sürdüren canlılara zarar vermektedir. Toprak kirliliği, tarım alanlarında aşırı pestisit kullanımı, kontrolsüz gübre kullanımı, hava kirliliği sonucu oluşan asit yağmurları, atık suların toprağa karışması, arıtma çamurlarının toprağa bırakılması gibi nedenlerden dolayı toprak kirliliği oluşmaktadır. Toprakta ağır metallerin akümüasyonu en çok yüzey bölgelerinde veya yüzeye yakın toprak derinliklerinde görülmektedir [3,4]. Bunun sebebi ağır metaller toprakta kil mineralleri üzerinde emilim yaparak ya da topraktaki organik bileşiklerle kompleks yapılar oluşturmaktadır [3]. Toprak derinlere inildikçe ağır metal oranlarında azalma gözlemlenmektedir [5].

Toprakta yetişen bitkiler kökler aracılığı ile ağır metalleri dokularına alır. Gerekli olan elementi kullanır fazla olan metalleri ise dokularında biriktirir. Bu da bitkide minerallerin alınımını, transpirasyon, fotosentez, enzim fonksiyonları, nükleik asit yapısı ve klorofil biyosentezi gibi canlılık faaliyetlerinde değişimlere yol açarken morfolojik olarak yaprak üzerinde kahverengi beneklerin oluşumu, yaprak, gövde ve kök kısımlarında bozulmalar gibi değişik formasyonlara neden olmaktadır [6,7]. Bunlara hücre zarlarında hasar, bitki hormon dengesinin bozulması, bitkide su ilişkisinin değişmesi gibi fizyolojik olaylar da eklenmektedir [6,3].

Bitkiler ağır metal kirliliğinin yanında çevresel stres faktörlerine karşı da savaşılmaktadırlar. Farklı bitki türlerinin, toprakta bulunan diğer stres faktörüne maruziyeti de bitkiyi olumsuz etkiler. Bu duruma tuzlu topraklarda yetişen bitkiler örnek verilebilir. Tuzluluk, yanlış işlemler sonucu veya kontrolsüz gübre kullanımıyla azalan tarım toprakları için önemli problemlerdendir. Özellikle kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde sulama yapılan tarım arazilerinde, özellikle ülkemiz hazine topraklarının yaklaşık %2'sinde, tarım arazilerinin %4'ünde tuzluluk problemi mevcuttur [8].

Topraklarda kullanılan zirai ilaçlarla toprakta alkalileşme oranı artış göstermektedir. Anyon ve katyonun (tuzlaşma sonucu çoraklaşan topraklarda) artış gösterdiği topraklarda yetişen bitkilerden, birkaç tane bulunmaktadır. Bunlardan biri olan şeker pancarı sodyum dirençliliği göstererek, alkali topraklarda büyüme sağlamaktadır [8]. Şeker pancarına gelmeden önce insanlar şeker ihtiyaçlarını tarihin her döneminde tabiatta bulunan çeşitli meyve veya bal gibi tatlandırıcı maddelerle ihtiyaçlarını gidermişlerdir. Daha sonraki zaman dilimlerinde şeker pancarı üretime sunularak pek çok alanda kullanıma uygun hale gelmiştir. Günlük hayatta neredeyse her anımızda kullandığımız şeker pancarından

Üretilen Őekerlerin ne derece sağlıklı olup olmadığını bilmiyoruz. Bunun için de alkali topraklarda yetiŐerek dirençliliğini bize kanıtlayan Şeker pancarına yakından bakmamız gerekmektedir. Pancar her yönden çok amaçlı olarak kullanılmaktadır. Örneğin hayvanların beslenmesinde yem olarak, Şeker için, yaprağı ise pazı sarması gibi yemek olarak atıkları ise küspe veya yakacak olarak kullanılmaktadır. Şeker pancarının kökünü doğrudan olmasa da dolaylı olarak tketmekteyiz bu sebeple Şeker pancarında bulunan element miktarları önem arz etmektedir.

Çalışmamızın amacı; Kayseri'nin Yeşilhisar ilçesinde 5 farklı bölge (Kilcan , Kesik, Hacılımezarlığı, Kıraç tepe, Hacıbektaş) ve kontrol bölgesi (Dağılğan) olmak üzere 6 farklı lokaliteden toplanan Şeker pancarı (*Beta vulgaris* L.) bitkisinin yaprak, gövde, kök ve yetiştiği toprak rneklelerinde tespit edilen ağır metallerin (Cr, Zn, Fe, Cu, Co, Cd, Ni, Mn, Pb ve As) akümülasyonunu belirlemek ve muhtemel ağır metallerin insan sağlığına etkilerini değerlendirmektir.

2. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

2.1. Çalışma Alanının Özellikleri

2.1.1 Coğrafi konumu

Çalışma alanımız İç Anadolu bölgesinde Kayseri il sınırları içerisinde, Kayseri ilinin Yeşilhisar ilçesinde çoraklaşma görülen bölgeler inceleme alanımızı oluşturmaktadır (Şekil 2.1). Toprak yapısı ne olursa olsun üzerinde yetişen bitkiler birçok canlı açısından önem arz etmektedir. Bu toprak içeriklerinde bol miktarda farklı tuz grupları bulunduğundan dolayı “tuzlu toprak” olarak isimlendirilir. Tuzlu topraklar genellikle buharlaşma oranının fazla olduğu ve taban suyunun toprak yüzeyine yakın bulunduğu kesimlerde meydana gelir. Kapalı havzalarda ve delta ovalarında görülmektedir. Alkali toprakların Türkiye’de yayılış alanları; Tuz Gölü, Burdur Gölü ve Acı Göl çevresi gibi tuzlu göllerin etrafındaki arazileri kapsamaktadır [8].

Kayseri ili; İç Anadolu Bölgesinde, 45 ve 18 derece kuzey enlemleri arasında, 56 ve 59 derece doğu boylamları arasında yer alan yüz ölçümü en büyük 8. ilimizdir. Ankara karayoluna olan uzaklığı 316 km’dir. İl alanı Kuzeybatıdan Yozgat’ın Çayıralan ve Boğazlıyan; kuzeydoğusundan Sivas’ın Gemerek, Şarkışla, Kangal ve Gürün; doğudan Kahramanmaraş’ın Afşin ve Göksun; güneyden Adana’nın Tufanbeyli, Saimbeyli, Feke ve Karaisalı; güneybatıdan Niğde’nin Merkez ve Çamardı; batıdan ise Nevşehir’in Derinkuyu, Ürgüp ve Avanos ilçeleri ile çevrilidir. İlimizin yüz ölçümü 17.043 km²’dir ve ülke topraklarımızın %2.2’lik alanını kapsamaktadır. İlimizin yüz ölçümünün % 40’ını tarım arazileri oluşturmaktadır. İl merkezinin rakımı 1.054 m’dir [9]. Kayseri ilinin 16 ilçesi bulunmaktadır. Bunlardan biri çalışma alanımız olan Yeşilhisar’dır. Yeşilhisar ilçesinin yüz ölçümü 913 km²’dir. Kayseri iline uzaklığı 53 km’dir. Rakımı 1132 metredir. İlçe doğusunda Develi, batısında Niğde ve Ürgüp, kuzeyinde İncesu ve güneyinde Niğde yer almaktadır [10,11].

Kayseri ilinin Yeşilhisar ilçesinde tarım arazilerinde yaptığımız bu çalışmada 6 farklı istasyon belirlenmiştir. Bunlar Kilcan, Kesik, Dağılgan (Çakırağıl mevki), Hacılımezarlığı, Dağılgan (Kıraç tepe mevki) ve Hacıbektaş’dır. Bu lokasyonların

belirlenme sebebi; topraklarda çoraklaşma oranının artmasına rağmen bu topraklarda tarım yapıldığı için seçilmiştir. Tarım bitkisi olarak şeker pancarı yetiştirilmektedir.

2.1.2 Topoğrafik ve jeolojik yapısı

Kayseri ili paleozoik zamandan günümüze kadar volkanik alanlar ve yer kabuğunun hareketleriyle çökmeler veya yükselmeler sonucunda günümüzdeki halini almıştır. Yer kabuğunda hareketlenme kırılma ve kıvrılmalar uğrayarak yükselmiş dağlar ve Orta Toroslardan Orta Anadolu'ya doğru kıvrılan yükseltilerden oluşmaktadır. Kayseri ilinin batısı ve orta bölümleri Erciyes Dağı'da dahil olmak üzere volkanik örtülerle kaplıdır. Volkanik örtülerle kaplı alan farklı andezitler, neojen yaşta bazalt lavlar, volkanik tüfler, büyük volkanik kayaçlar ve breşlerle örtülüdür. Erciyes Dağı'nın çevresinde, çöküntülerle oluşan ve ova alanlarının oluşumunu sağlayan büyük geniş çukurluklarda alüvyon yığıntılar oluşmuştur. Çöküntü ovalarındaki alüvyon birikinti kalınlıkları 20-30 metreye yakın kalınlıktadır. Yeşilhisar ilçesi bu kalın tabakalaşma sonucunda formasyona uğrayarak çakıl taşlarını meydana getirmiştir. Yeşilhisar çakıltaşı Sultansazlığı'nın batı düzlüğü boyunca piroklastik neojenlerden beslenmesi ile meydana gelmiştir. Çakıl taşları yuvarlak boyutlu, 20-30 cm'ye yakın büyüklüktedir. Geniş alana yayılmasıyla ilçenin güneyinde Torosların kendisine ait kaya parçaları bulunur. Bu kaya parçaları Permiyen ve Karbonifer yaşlı siyah kireçtaşlarıdır. İlçenin kuzey kısmında Mesozoyik masiflerden gelen diyabazik, diyoritik ve serpantinolitik çakıllar bulunmaktadır. Bazı deformasyonlar sonucunda genellikle gri-yeşilimsi veya kırmızı renkli killi-kumlu toprak yapıları meydana gelmiştir [12]. İl arazisinin % 40.84'ü çayır ve mera alanı, % 39.64'ü tarım alanı, % 6.34'ü orman ve verimli tarımsal ova arasında kalan bölgesel alanları, % 13.18'i tarım dışı arazi bölgelerinden oluşmaktadır [13].

Yeşilhisar bölgesinde ise, ilçeye yakın alanda % 49 ekili arazi, %32 çayır % 13 seyrek bitki örtüsü varken, ilçeye yaklaşık 16 km uzaklıktaki bölgede % 46 ekili arazi, % 25 çayır ve ilçeye 80 km uzaklıktaki bölgede ise % 48 ekili arazi, % 19 çayır bulunmaktadır [14]. Bunu takiben ilçe ekonomisi yoğunluğu tarım üzerinedir.

Ekili arazilerin % 60'ına yakın bölümünde sulu tarım uygulanmaktadır. Sulu tarım uygulamasında elma kayısı gibi meyve çeşitleri üretilirken endüstriyel bitki olarak en çok yetiştirilen tarımsal bitkilerden çeltik, mısır, şeker pancarı, patates, pamuk ve ayçiçeği başta gelmektedir.

2.1.3. İklim özellikleri

Yeşilhisar bölgesinde yazlar kurak ve ılık, kışlar soğuk karlı ve bulutludur . Yıllık sıcaklık -6°C ile 30°C arasında değişim göstermektedir. -13°C altına ve 34°C üzerine çıkması çok nadir gerçekleşen bir durumdur [13].

2.1.4. Bitki örtüsü özellikleri

Kayseri il bölgesinde bulunan ovalarda, dağlarda ve tepelik alanlarda bozkır bitki örtüsü yayılış göstermektedir. İlin yüksek alanlarında orman örtüsüne rastlansa da çoğunluğu bozuk orman yapısı ve çalılıklar ile kaplıdır. İç kesimlerde ormanlık alana rastlanmamaktadır. Dağ etekleri ve tepelerde otsu bitkilerle beraber çalılıklar bulunmaktadır. Aynı zamanda dağ etekleri genellikle taşlık ve bahçeliktir [15]. Dağın yüksek kesimlerinde geven otu bitkisi ve otsu bitkiler yer almaktadır. Çöküntü havza ve ovalarda bozkır bitki örtüsü bulunmasına rağmen zamanla bu alanlar tarım arazisi haline getirilmiştir.

2.2 İz Element ve Ağır Metaller

2.2.1 İz elementler

Bitkiler büyümeleri, gelişmeleri veya yaşamsal faaliyetleri için çok sayıda besin elementlerine ihtiyaçları vardır. Bu besin elementlerinden az kısmı bitkilerde fazla miktarda kullanılmaktadır. Az miktarda ihtiyaç duyulan elementler ‘mikro elementler’ veya ‘mikro besin elementleri’ olarak isimlendirilmektedir. İz elementler; bitki, hayvan veya insan bünyesini direkt olarak ya da dolaylı olarak etkileyen, az miktarda bulunan elementlerdir. Bitkiler için gerekli iz element; demir, çinko, bakır, manganez, klor, flor, brom, molibden, magnezyum, potasyum, sodyum, kalsiyum, sülfür, bor, kobalt, krom, selenyum, vanadyum ve iyot gibi elementlerdir [16, 17].

Tablo 2.1. Bitkilerde makro ve mikro elementler [18]

| Makro elementler | | Mikro elementler (Eser/ İz elementler) | |
|------------------|--------------|--|---------------|
| Kasyon | Anyon | Demir (Fe) | Florür (F) |
| Kalsiyum (Ca) | Fosfat (P) | Çinko (Zn) | Vanadyum (V) |
| Magnezyum (Mg) | Potasyum (K) | Manganez (Mn) | Krom (Cr) |
| Nitrojen (N) | Sülfat (S) | Bakır (u) | Molibden (Mo) |
| | | İyot (I) | Selenyum (Se) |
| | | Kobalt (Co) | Kalay (Sn) |
| | | Nikel (Ni) | Silikon (Si) |

2.2.2 Ağır metaller

Günümüzde 9 milyon kimyasal madde bulunmaktadır ve bunlardan sadece 76000'i günlük yaşamda kullanılanlar arasındadır. Açık denizler ve topraklara bu tür kirleticiler eklenerek kirlenmektedir. Bunlardan başında ağır metaller gelmektedir. Periyodik cetvelde, metalik özellik gösteren elementlerin oluşturduğu, geniş bir alana sahip olan bu metaller geçiş metalleri, yarı metallerin bir kısmını, lantanitler ve aktinidlerin tamamını kapsamaktadır [19]. Ağır metallerin özgül ağırlığı 5 g/cm³'den fazla, elektron dağılımı benzerlik gösteren ve atom numarası ise 20'den büyük aynı zamanda canlılar üzerinde toksisite ve çevre üzerinde kirlilik yaratan metaller olarak tanımlanan elementlerdir [2,20]. Ağır metallerin bulunduğu grupta demir, çinko, bakır, kobalt, nikel vs. gibi metaller bulunmaktadır. Bu metaller yer kabuğunda, daha çok kararlı bileşikler olan karbonat, oksit, silikat ve sülfür halinde stabil bileşik olarak veya silikatlar içinde bağlı olarak bulunurlar [18, 21]. Ağır metal olarak değerlendirilen metallerin bir kısmı canlılar için iz element veya eser element olarak adlandırılmaktadır [15]. Bu elementlerden demir; hücre solunumu için organizmada hemoglobinin taşınımını sağlamaktadır. Bakır; yumuşakçaların ve yüksek kabuklu canlıların kanında oksijeni taşıyan ve kana rengini veren (hemosiyonin) maddeyi bulundurmaktadır [16]. Vanadyum, hücre solunumunda yardımcı elementtir. Çinko; birden fazla enzimde kofaktör olarak görev almaktadır. Kobalt ; B12 vitamininde bulunmaktadır [16,2].

Ağır metallerin sucul ortamdaki konsantrasyonları 1 ppm'den düşüktür. Ancak doğal yollardan; volkanizma ve jeolojik etkinlikler gibi veya antropojenik (insan etkisi ile

oluşan) kaynaklar ile (egsoz, fabrika bacaları, evsel atıklar, tarımsal faaliyetler, işleme veya yanmış kömür sonucunda atmosfere yayılan metaller) sucul ortama karışarak metal konsantrasyonunu arttırmaktadır [4]. Herhangi bir yolla ortama salınan ağır metaller günümüzde çevre kirliliğinin başlıca sebepleri arasındadır.

2.2.3. Toprakta ağır metallerin kaynakları

Toprak, canlılık gösteren varlıkların üzerinde veya içinde yaşadığı ortamdır. Toprakta meydana gelen olaylar ve etkileşimler toprakta istenmeyen etkilere yol açar. Toprak kirliliği; toprağın oluşumu sırasında (doğal oluşum) ya da dışarıdan ortama katılan ek maddeler sonucu; toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapısında meydana gelen bozulmalar olarak tanımlanabilmektedir.

Toprakta ki kirlilik tarımsal ve endüstriyel faaliyetleri takiben; aşırı pestisit kullanımı, kontrolsüz gübre kullanımı, hormon ve ilaç uygulamaları, sıvı ve katı atıkların deşarjı, atık suların tarımsal sulamalarda kullanımı ve radyoaktif serpintiler sonucu kirletilmektedir [22]. Bunların yanında toprağın verimli olan üst kısmında en çok Cd birikim göstermektedir. Organik maddelerin varlığı açısından zengin topraklar ağır metalleri absorbe ederek daha az çözünebilen bileşikler oluşmasına neden olarak toprakta ağır metal kirliliği artar [23].

Toprak üzerindeki kimyasal uygulamaların yanında hava ve sudaki kirlenmeler de toprakta ve dolaylı yoldan bitki ve toprak doğasında da kirliliğe sebep olur. Antropojen etkili endüstriyel faaliyetler, motorlu taşıtların egzozları gibi farklı sebepler sonucunda atmosfere katılan SO₂, CO₂, N₂O, HF ve hidrokarbonlar (HC) gibi kirleticilerin fazla miktarı asit yağmuruna dönüşebilmektedir. Asit yağmurları etkisi ile toprağın asidik özelliği artmaktadır. Asit yağmurunda bulunan ağır metaller bitki üzerinde ve toprakta birikebilmektedir [1,23].

Ağır metaller, topraktaki hareketi ile topraktan sızarak yer altı suyuna karışıp, yer altı suyunu kirletmektedir. Ağır metalin toprak içindeki hareketi toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinden kaynaklıdır. Kimyasal özellik olarak toprağın pH'ı, redoks tepkimesinin gerçekleşme potansiyeli, kation değişim yeteneği ve organik madde miktarı önemli ölçüde etkilemektedir [24].

Toprakta bulunan mikroorganizmalar tarafından üretilen CO₂, enzim aktiviteleri sonucu oluşan metabolitler ve nitrifikasyon olayları gibi biyokimyasal aktiviteler de toprağın

kimyasal bileşenlerini doğrudan etkilemektedir [25]. Toprak pH değerindeki oynamalar artan ağır metal etkinliği topraktaki organik bileşiklerin sınırlandırılmış hareketi ile önlenmesi durumunda bazı metallerin verimliliğini azaltmaktadır [24,1].

Tablo 2.2. Kirli topraklarda bulunan bazı ağır metaller ve antropojenik kaynaklar [26]

| Antropojenik Kaynaklar | Ağır Metal Türleri |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| Birincil Kaynaklar | |
| Gübreler (fosfatlı) | As, Cd, Mn, U, V, Zn, Cu |
| Kireç | As, Pb, |
| Pestisitler | Cu, Mn, Zn, As, Pb, Hg |
| Atıklar | As, Cd, Fe, Pb, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, |
| Sulama | Cd, Pb, Zn, Se |
| İkincil Kaynaklar | |
| Otomobiller | No, Pb, V, Cd |
| Maden sahaları | Cd, Hg, Pb, As |
| Boya | Cd, Pb, |
| Plastik | Co, Cr, Cd, Hg |
| Fosil yakıtlar | As, Pb, Sb, Se, U, V, Zn, Cd |
| Aerosoller | Cd, Pb, As |
| Tekstil | Zn, Al, Ti, Sn |

2.2.4. Ağır metallerin bulunduğu formlar

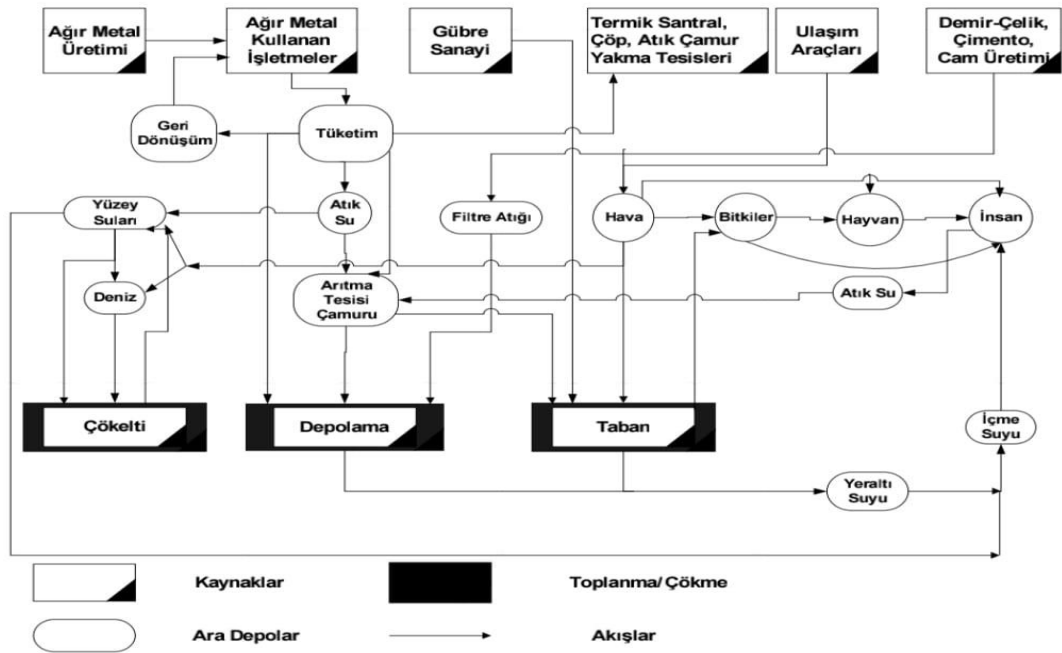
Ağır metaller genelde doğada organik maddeler ile bileşik oluşturmuş halde, çökelti halinde, serbest radikaller ile şelatlı bileşiklerin yapısında erimiş halde ya da minerallerin kristal formlarına moleküler bağlarla bileşik oluşturmuş şekilde bulunabilirler. Farklı şekillerde de katı veya iyon halinde farklı çözeltiler içerisinde bulunmaktadır [25,8].

2.3. Ağır Metallerin Çevre ve İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkisi

Ağır metaller ekolojik sistemde yayınımları sonucunda kirlenmelere yol açarak ciddi çevre problemi haline gelmiştir. Toprağa; insan faaliyetleri sonucu çeşitli bileşikler bulaştırılması ile toprak kirliliği, havaya kükürt dioksit (SO₂), partiküler madde (PM), nitrojen oksitleri (NO₃) ve ozon (O₃) gibi kirleticilerin salınması sonucu hava kirliliği,

havada kalan partiküllerin yağmur ile denizlere veya topraktan sızıntılar ile yer altı suyuna karışması ile suların kirliliği oluşmaktadır[2,27].

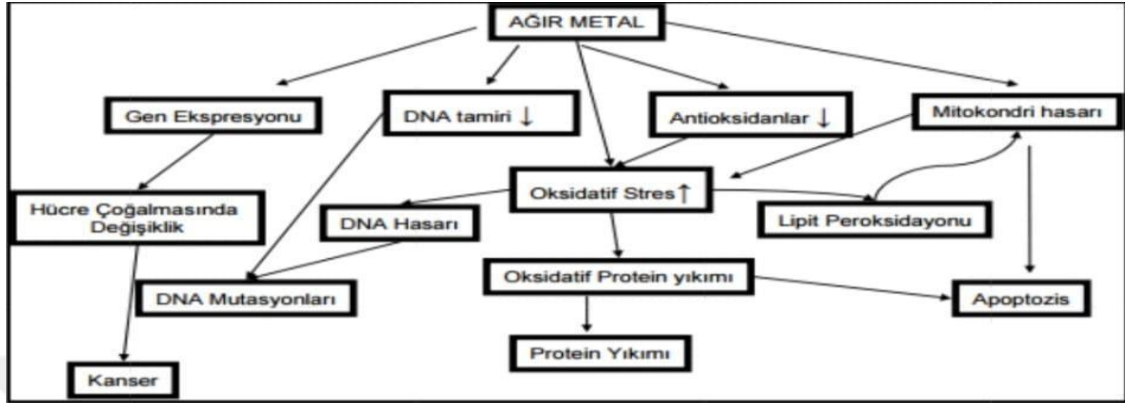
Ağır metaller biyolojik yollara katılma seviyelerine göre yaşamsal etkileri ve yaşamsal olmayan etkilere göre sınıflandırılır. Örneğin bakır hayvanlarda alyuvarlar hücrelerinin, oksidasyon ve redüksiyon proseslerinin bir parçasıdır. Yaşam için gerekli olmayan ağır metaller ise canlı yapısında bozulmalara yol açar [28]. Ağır metaller organik bileşikler ile kompleks bir yapı oluşturarak toksik hale gelir. Bu bileşikler canlı organizma tarafından emilerek hücrenin düzenli aktivitesini bozmaktadır ve son aşama olarak hücre ölümüne (apoptoz) sebep olurlar [3,27]. Metal toksisitesinin, endojen reaktif oksijen türlerinden oluştuğu veya çeşitli metal bileşiklerinin hidrojen peroksit varlığında oksidatif strese neden olduğu bilinmektedir [27]. Kararsız olan serbest radikaller, kararlı haldeki hücrelerle savaşarak kendileri kararlı hale getirmeyi amaçlarlar böylece hücrede hasara sebebiyet verirler [3].



Şekil 2.1. Ağır metallerin doğaya yayınımları [28]

Ağır metaller organizmaya kolayca girebilirler fakat dışarıya atılımları oldukça yavaştır. Dışarıya atılması zaman aldığı için organizmada birikerek zararlı doza ulaşır. Organizmada oluşacak değişimler ağır metalin yoğunluğuna bağlıdır. Bunun yanında

metal iyonunun yapısına, çözünürlük değerine, kimyasal yapısına, redoks ve kompleks oluşturma yeteneğine, vücuda alınış yoluna ve çevrede bulunma sıklığına bağlı olarak etkiler belirlenir [27].



Şekil 2.2. Ağır metallerin hücre içi etkileri [27]

Vücutta oluşan toksik etki sonucu; DNA hasarı, protein yıkımı, apoptozun indüklenmesi, otoimmün hastalıklar (Tip I Diyabet, romatoid artrit, sedef hastalığı (Psoriasis) vb.) organ yapısında meydana gelen değişiklikler sonucu olan hastalıklar (böbrek hastalığı, alerji, egzama, astım, vb) ve sinir sistemi bozuklukları (depresyon, Alzheimer hastalığı, Parkinson hastalığı vb.) olabilir. İleri seviyesi kronik hastalık veya kanserdir [27].

2.3.1. Kadmiyum (Cd)

Kadmiyumun atom numarası 48'dir. Kadmiyum oksit, kadmiyum klorit, kadmiyum sülfat gibi elementlerle bileşik halde bulunmaktadır. Kadmiyum dövülebilir, yumuşak gümüş beyazlığında ve korozyona dayanıklıdır. Doğada çinko bileşikleriyle beraber bulunur. Doğada saf halde bulunmaz ve doğada oldukça az bulunur. Toprakta Cd'un tolere edilebilir miktarı 3 mg/kg⁻¹ [29]; ekstrakte edilebilen Cd'un tolere edilen miktarı 0.2 mg/kg⁻¹'dir [30,32].

Kadmiyum havada, kadmiyum okside dönüşür. Havadaki kadmiyum konsantrasyonu 1 mg/m³ fazlalığında solunum fonksiyonlarda bozulmalar görülür. Endüstriyel faaliyetler sonucu kadmiyum zehirlenmesi kaynak yapım işleminde kullanılan alaşımlar, elektrokimyasal kaplamalar, boyalar ve piller ile olur [2,3]. Suda çözünürlük açısından en yüksek olan metaldir. Bu nedenle doğada hızla yayılır. Zehirlidir. Suda çözünmesi ile Cd²⁺ iyonu halinde bitki ve denizde yaşayan canlılar tarafından alınır. Karaciğer, mantar, kabuklu deniz ürünleri, midye, kakao tozu ve deniz yosunu gibi gıdaların tüketilmesi sonucu vücuda girmektedir [2,3].

İnsan yaşamında; sigara dumanına maruziyet, kahve, çay, kömür yakılması, tohum aşamasında olan bitkilere kullanılan gübreler ve endüstriyel üretim basamaklarında ortaya çıkan gazlarda da kadmiyum oksit bulunmaktadır. Besin maddelerinden buğday, mısır, çeltik, bezelye, pancar, marul ve darı gibi bitkilerin kökleri aracılığıyla alınır [28].

Toprakta yüksek oranda Cd varlığı, bitkide klorofil sentezini bozmaktadır [30,31]. Kadmiyum stresine maruz kalan bitkide azot metabolizmasında görevli olan nitrat ve nitrit redüktaz enzimlerinin etkinliklerini azalmaktadır. Bu durumda bitkinin azot alımı negatif etkilenmektedir [33]. Bitkilerin aşırı kadmiyum maruziyeti sonucu potasyum alımı bakımından azalma olur iken, bitkinin köklerinden su alınımında da azalmalar meydana gelmektedir [34].

Besin değeri yüksek olan buğday, mısır ve darı gibi bitkilerin yanında sebze bitkilerinin de kökleri aracılığıyla kadmiyum alınımı kolaylaşır [35]. Toprak iyileştirilmesi için, kireçleme yapılan arazilerin pH'sı yükseltilerek diğer ağır metaller gibi Cd bitkiye alım oranı da azalmaktadır [36].

Kadmiyum tarım arazilerine farklı yollarla da bulaşabilmektedir. Okyanusların altında varolan kadmiyum ham olarak bulunan fosfatlar aracılığıyla dolaylı yoldan fosforlu gübrelere toprağa ulaşır. Ancak bu şekilde toprağa ulaşan kadmiyum miktarının kesinliği belli değildir. Tarım ilaçlarında ve aynı zamanda fungusitlerde bulunan kadmiyum, bitki ilaçlanması ile toprağa bulaşabilmektedir [30,37].

2.3.2. Kurşun (Pb)

Kurşun, periyodik çizelge de 4A grubunda bulunan en metalik özellik gösteren elementtir. Atom numarası 82 ve atom ağırlığı 207,19 g/mol, erime noktası 27.4°C'dir. Kaynama noktası 1740 °C'dir. Doğada bulunan bileşik formları; galena (PbS), serüsit (PbCO₃) ve anglesittir (PbSO₄). Genellikle uçucu ve atmosferde 7-30 gün gibi süre kalabilirler. Kurşunun yüksek konsantrasyonları cadde/sokaklar, petrol istasyonları, kapalı otoparklar, gişeler ve geçitler gibi motorlu taşıtların yoğun olduğu yerlerde görülmektedir [2].

Kurşun, insan faaliyetleri ile birlikte canlıların yaşadığı ekolojik sisteme en çok zarar veren metal olma özelliğindedir. Kurşun, atmosfere element veya bileşik olarak yayıldığından ve bunun yanında toksisitesinin fazla olmasından kaynaklı olarak çevre kirliliğine sebebiyet veren ağır metallere dendir.

Kurşun M.Ö. 5000'den itibaren metal ürünlerinde, kablo alanlarında, boya ve pestisitlerde kullanışı oldukça yaygındır. İnsan vücuduna besinlerden (65%), sudan (20%), ve solunan havadan (15%) girebildiği belirtilmiştir. [38, 39].

Toprakların kurşun bakımından kirlenmesi daha çok, kurşun içeren yakıt kullanan araçların egzoz çıkışıyla, fosil yakıtların yakılmasıyla, madenlerin işlenmesi ve arıtılması süreçleri boyunca açığa çıkan gazlardan ve kurşun arsenat içeren insektisit ve pestisitlerin toprağa uygulanması şeklinde arttırılarak sıralanabilir [40].

Kurşun toksisitesi özellikle otoyollara yakın bölgelerin topraklarında yetiştirilen kültür bitkileri çok büyük risk altındadırlar [41]. Kurşun elementi toksik seviyelere ulaştığında bitkide hücre duvarı stabilitesini olumsuz olarak etkilemekte, stoma hareketlerini ve yaprak yüzey alanını azaltarak bitkinin su alımında düşümlere neden olmaktadır [42]. Bunların yanında bitkinin kök gelişimindeki negatif etkileriyle katyonik ve anyonik elementlerin bitkiye alınımında büyük etkili sorunlara neden olmaktadır [33].

2.3.3. Nikel (Ni)

Atom numarası 28, erime noktası 1.455 °C, oda sıcaklığında katı haldedir, atom ağırlığı 58.6934'dir. Kaynama noktası 2913°C'dir. Yoğunluğu ise 8.912 gram/cm³ tür. Nikel, dövülebilir, sert, gümüşü beyaz bir metaldir [43]. Nikel madencilik ve kentsel atıkların yakılması ile atmosfere yayılımı artmaktadır. Lağım çamuru karışmış topraklarda ve sigarada (0–0.51µg/g) bulunmaktadır [8]. Bitkiler nikeli doku bünyelerine alır ve bunun devamında bitkiler üzerinden insan ve hayvanlara geçişi kolaylaşır [2].

Trafiğin yoğun olduğu otoyollardan uzaklaştıkça topraktaki Ni konsantrasyonunda azalma görülmekte ve Ni içerikli araç yakıtlarının kullanılması ile toprakta kirliliğe sebep olduğu açıklanmaktadır [5].

Nikelin bitkiler için önemi henüz tam olarak belirlenmese de yinde gerekli bir element olabilmektedir. Nikel, üreaz ve farklı hidrogenaz enzimlerinin temel yapı maddesidir [44]. Bu nedenle Ni varlığı az olan bitkilerde üre uygulamasıyla azotlu gübrelere yararlanamadıkları gibi, üre bu bitkilere toksik etki de yapmaktadır [45].

Aynı zamanda Nikel toksisitesi bitki köklerini tahrip etmekte, tahılların yapraklarında solgun sarı çizgiler ortaya çıkmakta, daha sonra tüm yaprak beyazlaşmaktadır. Yüksek dozlarında da yaprak uçlarında yanma görülmektedir [29]. Toksik etkisini göstermeye yaklaşan Ni, klorofil sentezi ve yağ metabolizması üzerinde negatif etkisiyle bitki

köklerinden alınan bazı besin elementlerinin eksikliklerini ve beslenme bozukluklarını ortaya çıkarmaktadır [46].

2.3.4. Demir (Fe)

Atom numarası 26, atom ağırlığı 55.845'dir. Oda sıcaklığında katı halde bulunur. Yoğunluğu 7.874 gram/cm³ dür. Erime noktası 1538°C, kaynama noktası 2861°C'dir. Kullanım alanı geniş ve ucuz bir metaldir. Parlak, sünek, dövülebilir ve gümüş grisi renktedir. Nemli havada paslanır. Demir kimyasal olarak aktif bir metaldir [47]. Bitkiler bünyelerine az miktarda alır ve klorofil oluşumu için kullanır.

Topraklarda Fe miktarı normalde fazla iken bitkinin ihtiyacı olan yarayışı Fe az miktarlardadır. Bu nedenle bitkilerde Fe eksikliği çok görülür. Demir eksikliği daha çok kireçli topraklarda görülmektedir [48].

Türkiye'nin farklı bölgelerinden alınan 1511 toprak örneği üzerinde yapılan bir araştırmaya göre; toprakların % 27'sinde yarayışı Fe miktarı orta düzeyde ve geri kalan toprakların % 73'ünde ise yüksek düzeylerde bulunmuştur. Topraklarda bir bitki gelişmesine yetecek oranda demir içerirler [49]. Demir elementi yeşil bitkilerde klorofil oluşumu için gerekli olan elementlerden biridir [50].

Demirin bitkide köklerden diğer dokulara kadar olan taşınımı oldukça düşüktür. Bitkinin yaşlı kısmından genç kısmına taşınımı gerçekleşmez. Bu nedenle demir eksikliği önce bitkinin genç kısmında görülmeye başlanır ve yapraklarda ki damarlar arasında sararmalar belirgin olarak ortaya çıkar. Bitkilerde Fe toksisitesi ise olması gereken renkten daha çok koyu yeşil yapraklar, kök ve gövdede bodurlaşma ve bazı bitkilerde mor ile koyu kahverengi arasında farklılaşan yaprak renkleri olarak ortaya çıkmaktadır [51].

2.3.5. Bakır (Cu)

Atom numarası 29, atom ağırlığı 63,57 g/mol, erime noktası 1083 °C, kaynama noktası 2300 °C'dir. Bakır kaya ve minerallerde bulunan elementlerden biridir. Canlıda oksijen taşıyıcıları (hemosiyanin) ya da redoks katalizörleri (sitokrom oksidaz, nitrat redüktaz) gibi işlevleri vardır. Bakırın vücuttaki görevleri arasında; özellikle saç, derinin esnek kısımları, kemik ve bazı iç organların temel bileşenidir [27]. Bakır fosil yakıtların yakılması ile atmosfere karışmaktadır. Havadaki bakır konsantrasyonu ortalama 5–50 ng/m³ 'dür. Toprakta fazla miktarda bulunan bakır, demirin almasını zorlaştırır ve bitkilere zehir etkisi yapmaktadır [2].

Bakır bitki bünyesinde enzim, karbonhidrat ve lipid metabolizmalarında yer alması nedeniyle önemli bir elementtir. Topraklarda Cu kirliliği insan aktivitesi sonucu açığa çıkan çeşitli gazlar ve atmosferik depozitler, pestisit kullanımı, kanalizasyon atıklarının gübre olarak kullanılmasından kaynaklanmaktadır [44].

Topraklarda genellikle toplam Cu 100 mg/kg^{-1} ; ekstrakte edilebilir Cu 0.2 mg/kg^{-1} ; bitki kuru formunda 30 mg/kg^{-1} 'dan fazla bulunması toksiktir. Bakır toksisitesi bitki kök sistemlerinde açığa çıkar [52]. Bitki bünyesindeki toksisite protein sentezi, fotosentez, solunum, iyon alımı ve hücre membran stabilitesi gibi fizyolojik olayların bozmaktadır [31].

Bitkiler bakırı toprak çözeltilisinden Cu^{+2} olarak kontakt değişimi ile alırlar. Yararışlı Cu içeriği yüksek olan topraklarda yetiştirilen bitkilerde toksik etki de görülebilmektedir [53]. Bakır içeriği yüksek olan topraklarda bitkilerin yeterince Fe alamadıkları belirlenmiştir [54].

Topraktan ve yapraktan artan miktarlarda Cu uygulamasının domates bitkisinin ürün miktarı ve kalitesi üzerine olan etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, topraktan uygulanan Cu dozlarının toplam verim, meyve sayısı, kök kuru ağırlığı ve bitki boyunun azalmasına neden olduğu; yaprak ve topraktan yapılan Cu uygulamalarının sadece toprak veya sadece yapraktan uygulamalara göre daha tehlikeli olduğu ortaya çıkarılmıştır [52,55,].

2.3.6. Çinko (Zn)

Çinko atom numarası 30'dir. Atom ağırlığı $65,38 \text{ g/mol}$, erime noktası $419,5 \text{ }^\circ\text{C}$ 'dir. Çinkonun eksikliğinde bitkilerde, ribonükleik asit (RNA) düzeyleri ile hücrede ribozom miktarında azalmalar ve RNA sentezindeki bu azalma ekspresyon seviyesini düşürmektedir. Ayrıca, çinko eksikliğinde, bitkinin IAA (indol-3-asetik asit), ABA (absisik asit) ve triptofan konsantrasyonu azalmaktadır [56]. Çinko metali yüksek konsantrasyonlarda alındığı zaman toksiktir. Çinkonun, suda çözünen farklı formları bitki için uygundur. Bitkilerin çinko alımı toprakta arttıkça doğru orantılı olarak artar [5]

Topraklarda çinko primer mineraller olarak ve toprak komplekslerine bağlı olarak bulunur. Topraklarda çinko; suda çözünebilir şekilde, değişebilir şekilde ve bitkiler tarafından kullanıma uygun olmayan şekilde bulunurlar. Genellikle meyveler çinko yönünden fakir, baklagil bitkileri ise zengindir [57]. Genellikle topraklarda bulunan çinko ile yararışlı çinko arasında ilişki yok denebilecek düzeydedir. Bitkilerin çinko

gereksinimleri birbirlerine göre azdır. Gereksinimden fazla alınan çinko bitkilerde toksik olmaktadır. Çinko eksikliği ilk kez 1935 yılında mısır bitkisinde saptanmıştır [58].

Bitkilerdeki Zn konsantrasyonu bitkinin kuru ağırlığına göre 5–100 mg/kg⁻¹ arasındadır. Çinko toksisitesi bitkilerde 400 mg/kg⁻¹'dan sonra başlamaktadır. Çinko toksisitesinde bitkilerin kök ve sürgün büyümesi azalır, kökler inceler, genç yapraklar kıvrılır, hücre gelişimi kısılır, hücre organelleri parçalanır ve bunlar sonucunda klorofil sentezinin azaldığı belirtilmiştir [59, 31].

Diğer taraftan Zn eksikliği fazla görülen element eksikliğidir. Ülkemizin tarım topraklarında yararlı Zn miktarı düşüktür ve eksikliği söz konusudur (toprakların % 49,83'ünde 0,5 mg/kg⁻¹'dan düşük ve % 32,76'sında 0,5 – 1,0 mg/kg⁻¹ arasındadır). [49].

2.3.7. Mangan (Mn)

Atom numarası 25, atom ağırlığı 54.93'dür. Oda koşullarında katı halde bulunur. Erime noktası 1246 °C, kaynama noktası 2061 °C'dir. Gümüşü gri renkli bir metaldir . Sert ve çok kırılmandır, kaynaşması zordur, kolay oksitlenir. Havada kararır ve çözünmüş oksijenli suda oksitlenir (paslanır) [60].

Toplam Mn düzeyi topraklarda diğer elementlere oranla farklılık göstermektedir. Özellikle nötr veya alkali topraklarda azlığına sıkça rastlanmaktadır [48]. Topraklarda 200–300 mg/kg⁻¹ düzeyinde Mn varlığı bildirilmiştir. Toprakta bulunan yarayışlı Mn ile toplam Mn arasında ilişki yoktur. Toprakta yarayışlı Mn miktarı 1 mg/kg⁻¹ olduğunda bitkilere yeterli olarak kabul edilmektedir [29,61].

Mangan toksisitesi bitki kuru madde esasına göre 100 mg/kg⁻¹'dan fazla Mn içeren bitkilerde toksisitesinin etkisi ortaya çıkmaktadır. Mangan toksisitesi bitkilerin olgun yapraklarında kahverengi lekeler şeklinde ortaya çıkar. Zamanla lekelerin çıktığı bölgelerde mantar oluşumu gözlenmektedir. Mn toksisitesi bitki damarları arasındaki kloritik ve nekrotik alanlarda görülür [15]. Özellikle çift çenekli bitkilerde genç yapraklarda şekil bozulmalarına neden olmaktadır [57].

Besin zinciri yoluyla insana aktarılan Mn, başta solunum sistemi ve beyin üzerinde etkisi gözlenir. Bu etkiler halüsinasyonlar, bitkinlik, uykusuzluk, güçsüzlük, unutkanlık ve sinir hasarları olarak ortaya çıkmaktadır. Mangan ayrıca parkinson, akciğer ambolisi ve bronşite neden olabilir [62].

2.3.8. Kobalt (Co)

Atom numarası 27, atom ağırlığı 58.9331'dir. Oda sıcaklığında katı halde bulunur. Yoğunluğu 8.86 gram/cm³tür. Erime noktası 1495°C, kaynama noktası 2927°C'dir. Sert ferromanyetik, gümüş-beyaz, sert, parlak ve kırılğan bir metaldir. Kimyasal olarak aktiftir ve birçok bileşik oluşturur. Endüstriyel uygulamalarda, askeri alanda, mobil telefon ve dizüstü bilgisayar bataryalarında kullanılmaktadır [2].

Kobalt toprakta değişebilir ve değişemez olarak iki formda bulunur. Adsorbe edilen Co, sadece Cu ve Zn gibi metallerle yer değiştirebilmekte ve değişebilir olmayan formdaki Co ise, kil kafesler arasında tutulmaktadır. Kanalizasyon artıklarındaki miktarının düşük olması toprak kirliliğinde çok görülen metallerden biri olmaz. [5]. Ancak atık sular ile sulanan alanlarda Co miktarı yüksektir. Birçok kültür bitkisinin ihtiyacı olan Co'nun konsantrasyonu toprakta 0.1 mg/kg⁻¹'dan daha azdır. Kobaltın bitkideki konsantrasyonu ise genellikle 0,02 – 0,5 mg/kg⁻¹ düzeylerindedir [5].

2.3.9. Krom (Cr)

Atom numarası 24, atom ağırlığı ise 51.9961, erime noktası 1907°C, kaynama noktası 2671°C'dir. Parlak, kırılğan ve sert metaldir. Rengi gümüş gridir. Havada kararmaz ısıtıldığında yeşil krom oksidi oluşturur [64]. Doğada saf halde bulunmaz. Kromun endüstriyel alanlarda kullanımı, fosil yakıtların, ağaç ve kağıt türevlerinin yanması sonucu farklı krom formları oluşmaktadır.[3, 65]. Kromun bitki bünyesinde hareketi zordur. Yüksek konsantrasyonlarda bulunan Cr, bitkiler için toksik olmaktadır [2].

Bitkide toksik olan Cr'un bitkide ilk tohumun çimlenmesini etkilemektedir. Krom, amilaz etkinliğini ve embriyoya şeker taşınmasını azaltmaktadır ve proteaz etkinliğini artırarak tohumun çimlenmesine engel olmaktadır [31, 33].

Bitkilerde Cr artışı fazla görülmemektedir. Krom zehirlenmesinde bitki kökleri küçük, yapraklar dar ve yaprak rengi kahverengi kırmızı bir renktedir. Yapraklarda küçük yanık lekeler de gözlemlenmektedir [29].

2.4. Ağır Metallerin Bitkiler Tarafından Alınması

Bitkiler atmosferdeki ağır metalleri yapraklarında bulunan stomalar aracılığıyla az miktarda olsa da alabilmektedir. Ancak ağır metallerin alınması büyük oranla kökler aracılığı ile olmaktadır. Ağır metaller bitkiler tarafından üç farklı yolla alınır.

2.4.1. Pasif alını

Metabolik enerji kullanılmadan, hücre içi ve hücre dışı konsantrasyon farklılıkları ve pasif difüzyon kurallarına (elektrokimyasal gradient) göre gerçekleşmektedir. Oluşan denge ile taşınım kolay olarak gerçekleşir. Toprakta, havadan veya sudan, kök ve yapraklar yardımıyla alınan iyonların hücre yüzey membranından sitoplazmaya doğru geçişi olmaktadır. Metabolik engelleyiciler veya sıcaklıktaki değişimlerden etkilenmemektedir [36].

2.4.2. Aktif alımım

ATP enerjisi gerekmeden çoğunlukla taşıyıcı moleküller (kanal proteinler) aracılığı ile olmaktadır. Taşıyıcı moleküller spesifiktir. Metabolik aktivite, oksijen, pH, ışık, iyon konsantrasyonu ve sıcaklık değişimlerinden etkilenmektedir.

2.4.3. Kolaylaştırılmış alımım

Hidrojen iyonu, su molekülleri veya metal bağlayan ajanların her biri hücrede salgılanmaktadır. Taşıyıcı ajan ve iyonların yer değiştirme hareketi ile hücreye alınır. Bu alımında toprakta oluşabilecek metabolik aktiviteler alımımı etkiler.

2.5. Bitkilerde Ağır Metal Taşınımı

Köklerden alınan metaller gövde ve yapraklara ksilem yardımıyla taşınmaktadır. Taşınım bitki türüne göre farklılık göstermektedir. Taşınımında yardımcı protein grupları mevcuttur. Bitkilerde, metal iyonu dengesi ve toleransında işlev gören ağır metal (veya CPx-tip) ATPaz'lar, doğal dirençle ilişkili makrofaj protein (Nramp) ailesi, katyon-difüzyon hızlandırıcı (CDF) protein ailesi ve çinko-demir permeaz (ZIP) ailesi gibi metal taşıyıcıları proteinler olarak sınıflandırılmaktadır. CPx-tip proteini, ağır metal ATPaz'ların Cu, Zn, Cd ve Pb gibi metallerin hücre membranlarından geçişinde rol almaktadır. Aynı zamanda organik asitlerin taşınmasında da rol oynamaktadır [66].

Nramp gen ailesi, demir elementinin taşınmasında aracı olan bir integral zar proteinini kodlamaktadır [67,68]. Bu da bitkilerde demir taşınımında görev alan Nramp proteininin fonksiyonunu ortaya koymuştur.

2.6. Bitkilerde Ağır Metal Tolerans Mekanizması

Bitkilerde herhangi bir ağır metale karşı oluşan tolerans fizyolojik ve moleküler mekanizmalar ile belirlenmektedir. Tolerans mekanizmasında, ağır metal elementlerinin

bitkinin dışında tutulması (exclusion) veya metabolik toleranstan kaynaklanmaktadır [69].

Bitkilerde tolerans mekanizması [69];

- a) Hücre duvarlarına metal bağlanması: kurşun karbonat şeklinde tutulur.
- b) Ağır metallerin vakuolde depolanması

Vakuoller genellikle metal iyonları için depolama bölgesidir. Düşük moleküler ağırlıklı organik bileşiklerin (malat ve oksalat gibi) Cd tiol gruplarına ve Ni histidin ile bağlanmasını takiben vakuollerde depolanır.

- c) Ağır metal bağlayıcı ligandlar (fitoşelatinler (PC'ler) ve metallothioneinler (MT'ler)).

Cd'un, tiol gruplarına, Pb glutathione ve aminoasitlere bağlanarak fitoşelatlar kompleks yapı oluşturarak depolama yapmaktadır. Metallothioneinler ağır metallerle bağlanarak protein bileşikleri oluşturur. Cu ve Zn gibi mikro besin elementlerinin dengesini sağlarken aynı zamanda Cd ve As gibi toksik elementlerin detoksifikasyonunda rol oynamaktadır.

- d) Hücre membranlarına doğru taşınımın azalması: Ağır metaller bitki köklerinde tutularak, gövde ve sürgünlere doğru taşınmasını engellenir ve böylece ağır metalin diğer doku ve organlara taşınmasını en az seviyeye indirmektedir [69].

3.BÖLÜM

MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Bu çalışmada Kayseri ilinin Yeşilhisar ilçesinde (Kılcan, Kesik, Dağılgan (Çakırağıl mevkii), Hacılımezarlığı, Dağılgan (Kıraç tepe mevkii) ve Hacıbektaş) 6 farklı istasyon belirlenerek, kök, yaprak, gövde ve şeker pancarı bitkisinin yetiştiği toprak örnekleri materyal olarak kullanılmıştır.



Şekil 3.1. Çalışma alanı

3.1.1. *Beta vulgaris* L. Taksonomisi [70]

Alem: Plantae

Klad: Angiosperms (kapalı tohumlular)

Klad: Eudicots (iki çenekliler)

Klad: Core eudicots

Takım: Caryophyllales

Familya: Amaranthaceae (ıpanakgiller)

Cins: *Beta*

Tür: *Beta vulgaris* (L.) All.

3.1.2. *Beta vulgaris* L. (Şeker Pancarı)

Şeker pancarının ilk ne zaman kullanıldığına dair bir bilgi bulunmamaktadır [7] Dünyada üretilen şekerin %80'i şeker kamışı ve %20'si şeker pancarından elde edilmektedir [71]. AB ülkelerinde %95 oranında şeker pancarı üretimi yapılmaktadır. Bu durum da AB ülkelerinde pancar ziraati ve sanayisinin gelişmiş olduğu belirlenmiştir. [45,72].

İnsan vücudunun temel işlevlerini yerine getirmede gerekli olan temel besinlerden biri de şekerdir. Bunun yanı sıra tarımsal üretime katkısı, yan ürünleri ve istihdama açısından oldukça önemlidir. Pancar her yönden çok amaçlı olarak kullanılmaktadır. Örneğin hayvanların beslenmesinde yem olarak, şeker için, yaprağı ise pazı sarması gibi yemek olarak atıkları ise küspe veya yakacak olarak değerlendirilmektedir.

Beta vulgaris L.'in tohum yapısı 2-3 cm boyutunda, parlak yüzeyi, kırmızı veya kahve renkli yapıdadır. Topraktan aldığı elementler ve uygun sulama yöntemi ile sulandığında büyür ve gelişir. Gelişmiş olan şeker pancarı 120-200 cm büyüklüğünde (şeker pancarının büyüklüğü yetiştiği iklim ve bitki türüne göre 85–180 cm arasında değişmektedir) çok yıllık otsu ve ticari bir bitkidir. Birden fazla çeşidi bulunmaktadır. Kökü kırmızı, beyaz veya sarı olmakla birlikte lifli bir yapıya sahiptir. Kök kısmı toprak içinde dik bir şekilde büyür, yüzeyi nevrülü ve çizgilerle doludur [70, 45].

Toprak üstünde kalan kısmındaki bazal yapraklar ise geniş veya büzük yaprak yapısına sahip, koyu yeşil renkte, belirgin damar yapısına sahiptir aynı zamanda uzun bir yaprak sapı bulunmaktadır (farklı formlarda bulunan pancarlarda yaprak kısmı da kökü gibi sarı, kırmızı veya beyaz olabilir). Üst yaprakları küçük, dar ve üçgen şekline benzemektedir [70].



(a)



(b)

Şekil 3.2. (a) ve (b) Şeker pancarı (*Beta vulgaris* L.)

Şeker pancarının yetişmiş halinde % 4.5 hücre dokusuna, % 4.5 kimyasal bağlı su, % 90-95 öz suyundan oluşmaktadır. Pancar öz suyu ise % 15,18 şeker (sakkaroz), % 1,0-1,6 diğer şeker dışındaki organik maddeler, % 0,8 inorganik tuzlardan oluşmaktadır [73].

Ekili şeker pancarı, don olayının görülmediği bölgelerde, 15-19 °C arasındaki sıcaklıklarda yetiştirilmektedir. Kuzey ve Güneydoğu Avrupasının Atlantik kıyıları, Akdeniz, Kuzey Afrika ve Batı Asya boyunca yayılım göstermektedir [7]. Türkiye şeker pancarı üretiminde 5. sıradadır. Taşlı ve kumlu topraklarda, alkali topraklarda ve engebeli arazilerde büyüebilmektedirler. Alkali toprakları ve kuraklığı tolere edebilmektedir. Toprakta bulunan ana elementlerin yanında sodyum (Na) ve bor (B) içeren, pH nötr veya hafif aklali topraklarda da yetişmektedir [70,74].

Şeker pancarı kumlu veya ağır alkali topraklarda yetişebilmesi için toprağın su geçirgenliği oldukça az olmalıdır. Böylece toprak suyu tutar ve tuzluluğu aza indirger. Türkiye’de şeker pancarı ekim topraklarının büyük çoğunluğu kireç bulundurma bakımından zengindir. Kireçli toprak reaksiyon göstererek alkali veya hafif alkali oluşum gösterir. Toprağın pH’sı da bu konuda 7-7,5 aralığında olmalıdır. pH’sı 6,5 den düşük olursa tohumun gelişerek toprak yüzeyine çıkışı zor olur bu da pancarda şeker oranını düşürür [75].

3.2. Materyallerin Toplanması

Kayseri Yeşilhisar ilçesinde, Kilcan, Kesik, Dağılgan (Çakırağıl), Hacılımezarlığı (Sazyolu), Dağılgan (Kıraç Tepe) ve Hacıbektaş olmak üzere 6 farklı lokasyon belirlenmiştir. Toprak örnekleri, toprak yüzeyinin 10-15 cm derinliğinden 250 g ile 500 g arası alınarak plastik poşetlerde koyularak, saklanmıştır. Örneklerin alındığı noktaların koordinatlarının belirlenmesi için GPS kullanılmıştır. Alınan toprak örnekleri laboratuvara getirilmiştir. Örnekler kurutma kağıtları üzerine serilerek beş gün boyunca laboratuvar ortam sıcaklığında karıştırılarak kurutulmuştur. Kurutulan örnekler, 2 mm’lik elekten geçirilmiş daha sonra kilitli şeffaf poşetlere konulmuş ve etiketlenmiştir.

Bitki kısmı için, orta büyüklükte altı farklı pancar numunesi alınmıştır. Alınan numunelerin orta büyüklükte ve genç yaprak ayası koparılarak alınmıştır. Kök kısmında bulunan kök uzantıları koparılarak pancar gövde yapısından ayrılmıştır. Toplanan her bir gövde, yaprak ve kök uzantıları ayrı ayrı paketlenerek analiz için laboratuvara götürülmüştür.



Şekil 3.3. Toplanan örneklerin (gövde, yaprak, kök ve toprak) kurutulduktan sonra paketlenmiş ve etiketlenmiş hali

3.2.2 Malzemelerin temizliği

Örnek çalışması için kullanılacak olan malzemeler (cam, plastik ve porselen) önce deterjanlı su içerisinde 24 saat bekletilmiştir. Daha sonra su ile yıkanarak %20'lik Nitrik asit içerisinde 24 saat beklemeye bırakılmıştır. Bekletilen malzemeler sonunda çift distile su ile yıkanmıştır. Yıkanan malzemeler 60 °C'de etüv cihazında kurutulup kullanıma uygun hale getirilmiştir[20].

3.3. Yöntem

Laboratuvara getirilen örnekler yıkanmış ve yıkanmamış olarak ikiye ayrılmıştır. Her iki grup için de bitki parçalarını, kurutulmak üzere, kurutma kağıtlarına zarflayarak 80°C'de inkübasyona bırakılmıştır. Yapraklar için 24 saat, pancar kök ve kök uzantıları için 72 ile 96 saat arası inkübe edilmiştir. Kurutulan parçalar, çift distile su ile yıkanmış havanda dövülerek öğütülmüştür. Her öğütme sonrası havan tekrar ve tekrar yıkanmıştır. Öğütülen örnekler kilitli poşete atılarak etiketlenmiştir [20].

3.3.1. Kullanılan kimyasal maddeler

Çalışma için kullanılacak olan çözeltilerin hazırlanmasında, % 65'lik HNO₃ (Nitrik asit) ve % 37'lik HCl (Hidroklorik asit) kimyasalları kullanılmıştır. Bitki ve uzantılarını çözdürme işleminde HNO₃ kullanılırken toprak örneklerinin çözülmesinde ise 1/3 oranında HNO₃ ve HCl karışımı (1 HNO₃ + 3 HCl= Kral suyu) kullanılmıştır. Bu çözdürme yöntemi en yaygın kullanılan yöntemdir. Örneklerin hazırlanması ve seyreltme işlemi süreçlerinde çift distile su kullanılmıştır [25].

3.3.2. Materyaller için çözme işlemi

Kurutulduktan sonra etiketlenen örneklerin her biri yaklaşık 0,05 g tartılarak üzerine 8 ml HNO₃ (Nitrik asit) ilave edildikten sonra mikrodalga çözme sistemi kullanılarak çözme işlemi gerçekleştirilmiştir [25].

3.3.3. Bitkide ağır metal seviyesinin belirlenmesi

Hücredeki örneklerin kenarları distile su ile yıkanarak 50 ml'lik hacime sahip propilen tüplere aktarılmıştır, tüpler santrifüj cihazına koyularak santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrası propilen tüplerin üzerleri çift distile su ile 10 ml'ye tamamlanarak ICP-MS cihazında ağır metal ölçüm işlemi yapılmıştır [25].

3.3.4. İstatistiksel analizler

Yaptığımız çalışmanın sonucunda elde ettiğimiz veriler kullanılarak gerekli analizler yapılmıştır. Her bir örnek için (yaprak, pancar, kök ve toprak) 3 tekrarlı okunan değerlerin ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerleri hesaplanmıştır. Ortalamaların istatistiksel olarak karşılaştırılmasında $p \leq 0,05$ değeri anlamlı olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca elde edilen verilerin değerlendirilmesinde kolaylık sağlaması açısından SPSS programı kullanılarak %95'lik güven aralığında Independent T testi yapılmıştır. Ortalamalar ve gruplar (yıkamış ve yıkamamış) arası farklılıklar bu test vasıtasıyla kıyaslanarak yorumlanmıştır.

3. BÖLÜM

BULGULAR

4.1. Verilere Ait Bulgular ve Değerlendirmeler

Çalışmamızda; Yeşilhisar ilçesinin sınırları içindeki, tarım arazilerinden toplanan, şeker pancarı numuneleri incelemeye alınmıştır. İnceleme sonrası bitki örneklerinden yaprak, kök ve gövde bölümleri birbirinden ayrılarak analiz edilmiştir. Altı farklı istasyondan toplanan toprak örneklerinde de ağır metal seviyeleri belirlenmeye çalışılmıştır. Tespit edilen ağır metal seviyeleri toprak kontrol yönetmeliği ve WHO (Dünya Sağlık Örgütü) yönetmeliği limit değerlerine göre yorumlanmıştır (Tablo 4.1).

Analiz sonucundaki veriler ortalama, standart hata, minimum ve maksimum değerleri belirlenerek tablolaştırılmıştır. Veriler değerlendirilirken Independent T testi uygulanmış ve elde edilen sonuçlar tablolar halinde sıralanmıştır.

Tablo 4.1. Ağır metallerin toprakta ve bitkide toksik kabul edilen konsantrasyon aralıkları [76,77]

| Ağır metaller | Toprak kontrol yönetmeliğine göre ağır metal sınır değerleri (μgg^{-1})[76] | WHO'nun bitkilerde kabul ettiği ağır metal sınır değerleri (μgg^{-1}) [77]. |
|---------------|--|--|
| As | 20 | 0.5 |
| Cr | 100 | 0.5 |
| Cd | 1-3 | 0.5 |
| Cu | 50-140 | 5 |
| Ni | 30-75 | 5 |
| Pb | 50-300 | 2 |
| Fe | 150-300 | 30 |
| Zn | 150-300 | 50 |
| Co | - | - |
| Mn | 30-300 | 50 |

4.2. Verilerin Analizi

4.2.1. Krom (Cr)

Çalışma sahasındaki altı farklı istasyondan toplanan 36 örneğin Cr konsantrasyonlarında standart hata, ortalama, maximum ve minimum miktarları tabloda verilmiştir (Tablo 4.2). Çalışmamızdaki bulgular sonucunda yıkanmış örnekler arasında en düşük Cr konsantrasyonu Dağılgan istasyonundan alınan yaprak örneğinde $1,04 \mu\text{gg}^{-1}$ değerindedir. Yıkanmış örnekler arasında en yüksek Cr konsantrasyonu Kilcan istasyonundan alınan kök örneğinde $4,57 \mu\text{gg}^{-1}$ değerinde gözlemlenmiştir (Tablo 4.2). Yıkanmamış örnekler arasında en düşük Cr konsantrasyonu Dağılgan istasyonundan alınan yaprak örneğinde $1,06 \mu\text{gg}^{-1}$ değerinde, en yüksek konsantrasyon Kilcan istasyonundan alınan pancar örneğinde $5,23 \mu\text{gg}^{-1}$ değerindedir (Tablo 4.2).

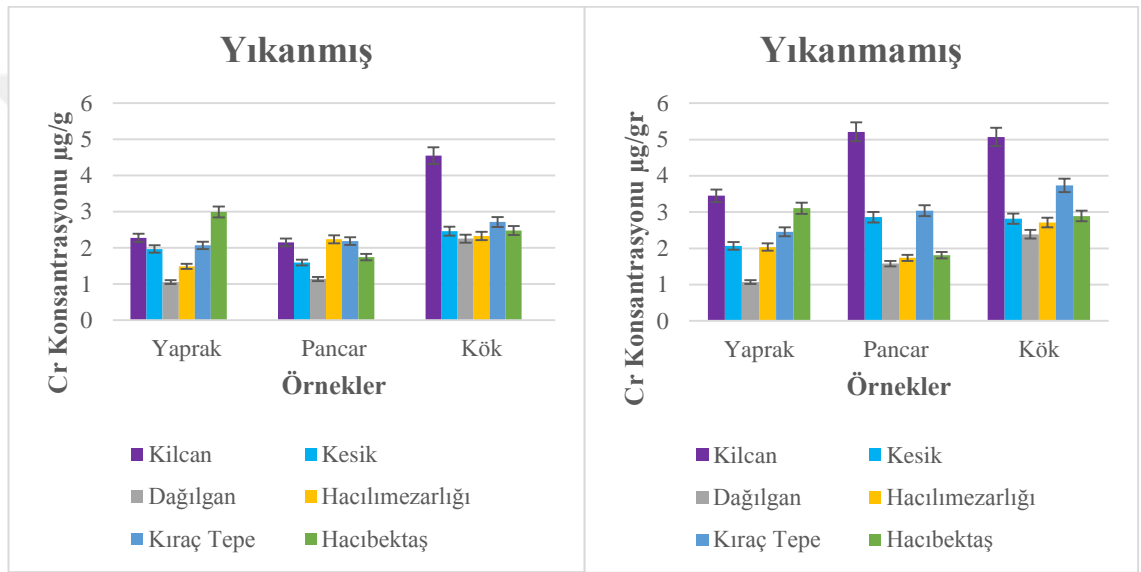
Tablo 4.2. Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan 36 pancar örneğine ait Cr konsantrasyonları (μgg^{-1})

| İstasyon | Bitki parçası | Yıkanmış örnek | Yıkanmış min/max değerleri | Yıkanmamış örnek | Yıkanmamış min/max değerleri |
|-----------------|---------------|----------------|----------------------------|------------------|------------------------------|
| Kilcan | | 2,27± 0,012 | 2,26 / 2,29 | 3,45 ± 0,015 | 3,44 / 3,47 |
| Kesik | | 1,96± 0,005 | 1,96 / 1,97 | 2,06 ± 0,010 | 2,05 / 2,07 |
| Dağılgan | | 1,05± 0,010 | 1,04 / 1,06 | 1,06 ± 0,005 | 1,06 / 1,07 |
| Hacılımezarlığı | Yaprak | 1,48± 0,005 | 1,48 / 1,49 | 2,03± 0,010 | 2,02 / 2,04 |
| Kıraç Tepe | | 2,06± 0,010 | 2,05 / 2,07 | 2,45± 0,010 | 2,44 / 2,46 |
| Hacıbektaş | | 2,99± 0,015 | 2,98 / 3,01 | 3,10± 0,010 | 3,09 / 3,11 |
| Kilcan | | 2,15 ± 0,009 | 2,14 / 2,16 | 5,20 ± 0,023 | 5,18 / 5,23 |
| Kesik | | 1,59 ± 0,009 | 1,58 / 1,60 | 2,85 ± 0,012 | 2,28 / 2,86 |
| Dağılgan | Pancar | 1,14± 0,009 | 1,13 / 1,15 | 1,57 ± 0,010 | 1,56 / 1,58 |
| Hacılımezarlığı | | 2,23 ± 0,009 | 2,22 / 2,24 | 1,73 ± 0,007 | 1,72 / 1,74 |
| Kıraç Tepe | | 2,18 ± 0,009 | 2,17 / 2,19 | 3,03 ± 0,013 | 3,02 / 3,05 |
| Hacıbektaş | | 1,74 ± 0,009 | 1,73 / 1,75 | 1,80 ± 0,007 | 1,80 / 1,81 |
| Kilcan | | 4,55 ± 0,020 | 4,52 / 4,57 | 5,06 ± 0,013 | 5,05 / 5,08 |
| Kesik | | 2,46 ± 0,011 | 2,45 / 2,47 | 2,82 ± 0,008 | 2,81 / 2,83 |
| Dağılgan | Kök | 2,25 ± 0,010 | 2,24 / 2,33 | 2,38 ± 0,010 | 2,37 / 2,39 |
| Hacılımezarlığı | | 2,32 ± 0,010 | 2,31 / 2,33 | 2,71 ± 0,007 | 2,70 / 2,71 |
| Kıraç Tepe | | 2,71 ± 0,012 | 2,70 / 2,72 | 3,73 ± 0,016 | 3,71 / 3,75 |
| Hacıbektaş | | 2,48 ± 0,011 | 2,47 / 2,49 | 2,89 ± 0,008 | 2,88 / 2,89 |

İndependent T testine göre bitkilerin ağır metal seviyelerinin yıkanmış ve yıkanmamış olmasıyla ilişkisi yoktur ($p < 0,05$).

Tablo 4.3. Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan toprak örneklerine ait Cr konsantrasyonları ($\mu\text{g g}^{-1}$)

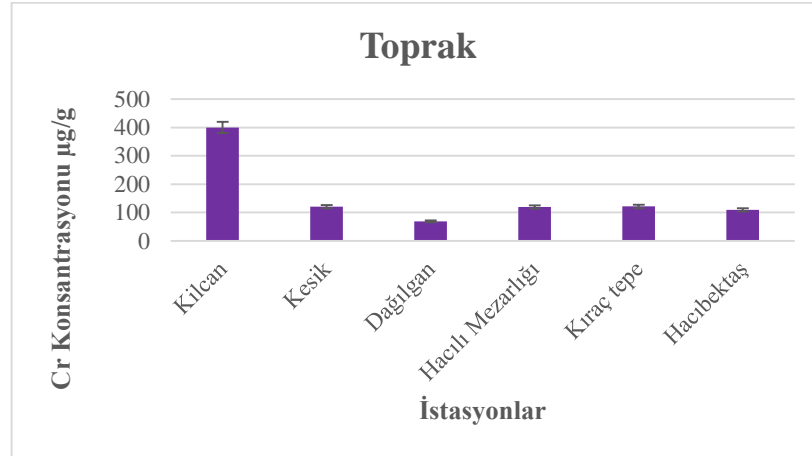
| İstasyon | Minimum | Maximum | Ortalama | Standart hata |
|-----------------|---------|---------|----------|---------------|
| Kilcan | 399,81 | 403,41 | 401,68 | 1,802 |
| Kesik | 120,97 | 122,05 | 121,53 | ,545 |
| Dağılgan | 68,691 | 69,31 | 69,01 | ,309 |
| Hacılımezarlığı | 119,49 | 120,56 | 120,05 | ,538 |
| Kıraç Tepe | 121,44 | 122,54 | 122,01 | ,547 |
| Hacıbektaş | 109,28 | 110,26 | 109,79 | ,492 |



Şekil 4.1. Farklı lokalitelerden alınan şeker pancarı (*Beta vulgaris* L.) Cr konsantrasyonu

Tablo 4.2 ve Şekil 4.1 incelendiğinde Kilcan, Kesik, Dağılgan, Hacılımezarlığı, Kıraç Tepe ve Hacıbektaş istasyonlarında bulunan şeker pancarı yaprağı, pancarı, kökü ve toprağı Cr konsantrasyonlarını göstermektedir. Ölçüm sonucunda Cr için lokasyonlar arası anlamlı fark vardır. ($p < 0,05$). Yıkanmış ve yıkanmamış gruplar arasında fark olmadığı independent T testine göre tespit edilmiştir.

Toprak kontrol yönetmeliğinde verilen sınır değerler ile istasyonlardan aldığımız toprak örneklerini karşılaştırdığımızda, toprağın Cr miktarının Dağılgan ve Hacıbektaş istasyonları hariç sınır değerlerini aştığını görmekteyiz (Tablo 4.3). WHO'nun Cr sınır değerleriyle bitki örneklerimizdeki Cr miktarlarını kıyasladığımızda Cr miktarının sınır değerlerini yüksek oranda aştığı görülmektedir.



Şekil 4.2. Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan toprak örneklerine ait Cr konsantrasyonları ($\mu\text{g g}^{-1}$)

İstasyonlardan toplanan toprak örneklerindeki ağır metal konsantrasyonları karşılaştırıldığında genel olarak en yüksek değerlerin deney gruplarından biri olan Kılcan istasyonundan alınan toprak örneğinde, en düşük değerlerin de kontrol grubu olan Dağılgan istasyonundan alınan toprak örneğinde olduğu görülmektedir (Şekil 4.2).

Tablo 4.4 Yaprak, pancar, kök ve toprak örnekleri için Independent T testi sonuçları

| Cr | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) |
|---------------|-------|-------|--------|--------|-----------------|
| Yaprak | ,417 | ,533 | -,882 | 10 | ,399 |
| | | | -,882 | 9,460 | ,400 |
| Pancar | 3,434 | 0,094 | -1,466 | 10 | 0,173 |
| | | | -1,466 | 5,983 | 0,193 |
| Kök | 0,275 | 0,611 | -0,872 | 10 | 0,403 |
| | | | -0,872 | 9,846 | 0,404 |
| Toprak | 4,348 | 0,053 | -0,782 | 16 | 0,446 |
| | | | -1,792 | 14,002 | 0,095 |

Tablo 4.4 incelendiğinde yaprak örneklerinin varyansı homojen dağılmıştır. Yaprak örneklerinin yıkanmış ve yıkanmamış olması arasında anlamlı bir farklılık gösterilmemektedir ($t[10]= -,882$; $p > 0,05$). Tablo 4.4 incelendiğinde pancar örneklerinin varyansı homojen dağılmıştır. Pancar örneklerinin yıkanmış ve yıkanmamış olması arasında anlamlı bir farklılık gösterilmemektedir ($t[10]= -1,466$; $p > 0,05$). Tablo 4.4 incelendiğinde kök örneklerinin varyansı homojen dağılmıştır. Kök örneklerinin yıkanmış ve yıkanmamış olması arasında anlamlı bir farklılık gösterilmemektedir ($t[10]= -0,872$; $p > 0,05$). Toprak örneklerinin istasyonlara göre aralarında anlamlı bir farklılık yoktur ($p > 0,05$).

4.2.2. Mangan (Mn)

Çalışma alanındaki altı farklı istasyondan alınan 36 örnekte Mn konsantrasyonlarında standart hata, ortalama, maximum ve minimum miktarları tabloda verilmiştir (Tablo 4.4).

Çalışmamızın sonuç verileri arasında yıkanmış örneklerde en düşük Mn konsantrasyonu Hacılımezarlığı istasyonundan alınan yaprak örneğinde $12,15 \mu\text{gg}^{-1}$ değerindedir. Yıkanmış örnekler arasında en yüksek Mn konsantrasyonu Hacılımezarlığı istasyonundan alınan kök örneğinde $78,96 \mu\text{gg}^{-1}$ değerinde gözlemlenmiştir. (Tablo 4.5). Yıkanmamış örnekler arasında en düşük Mn konsantrasyonu Dağılgan istasyonundan alınan yaprak örneğinde $13,05 \mu\text{gg}^{-1}$ değerinde, en yüksek konsantrasyon Hacılı mezarlığı istasyonundan alınan kök örneğinde $78,90 \mu\text{gg}^{-1}$ değerindedir (Tablo 4.5).

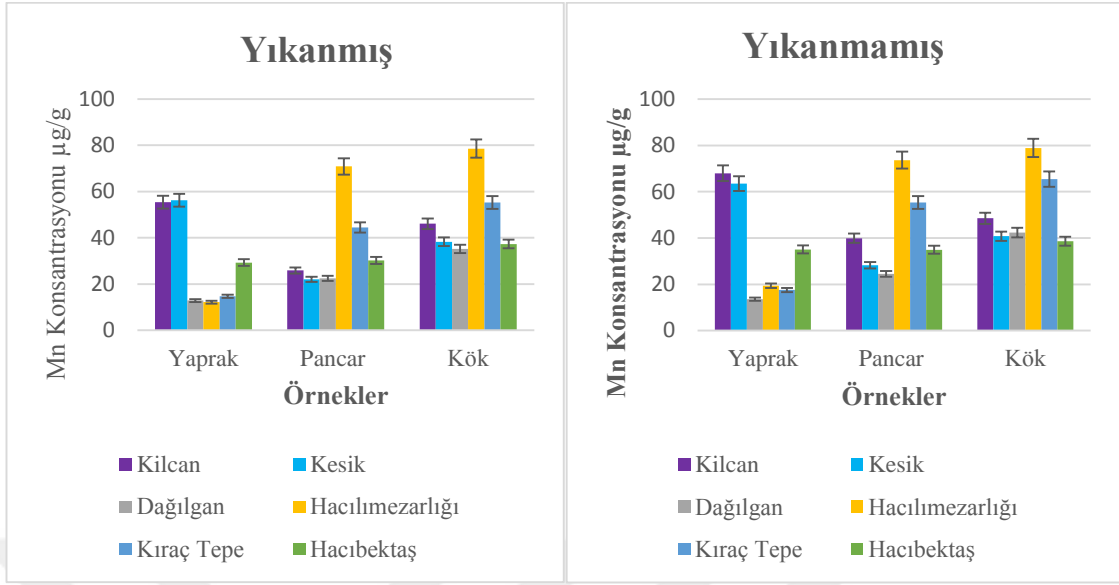
Tablo 4.5. Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan 36 pancar örneğine ait Mn konsantrasyonları (μgg^{-1})

| İstasyon | Bitki parçası | Yıkanmış örnek | Yıkanmış min/max değerleri | Yıkanmamış örnek | Yıkanmamış min/max değerleri |
|-----------------|---------------|----------------|----------------------------|------------------|------------------------------|
| Kilcan | | 55,47 ± 0,250 | 55,21 / 55,71 | 67,95± 0,300 | 67,64 / 68,24 |
| Kesik | | 56,22 ± 0,250 | 55,96 / 56,46 | 63,48± 0,240 | 63,24 / 63,72 |
| Dağılğan | | 12,86 ± 0,190 | 12,67 / 43,05 | 13,56± 0,455 | 13,05 / 13,91 |
| Hacılımezarlığı | Yaprak | 12,20 ± 0,055 | 12,15 / 12,26 | 19,33± 0,085 | 19,25 / 19,42 |
| Kıraç Tepe | | 14,70 ± 0,065 | 14,64 / 14,77 | 17,54± 0,075 | 17,47 / 17,62 |
| Hacıbektaş | | 29,26± 0,130 | 29,13 / 29,39 | 35,03± 0,110 | 34,92 / 35,14 |
| Kilcan | | 25,89 ± 0,116 | 25,77 / 26 | 39,90 ± 0,179 | 39,72 / 40,07 |
| Kesik | | 22,03 ± 0,098 | 21,93 / 22,13 | 28,24 ± 0,126 | 28,11 / 28,36 |
| Dağılğan | Pancar | 22,45 ± 0,100 | 22,35 / 22,55 | 24,46 ± 0,096 | 24,36 / 24,55 |
| Hacılımezarlığı | | 70,85 ± 0,318 | 70,52 / 71,16 | 73,59 ± 0,330 | 73,25 / 73,91 |
| Kıraç Tepe | | 44,52 ± 0,199 | 44,32 / 44,72 | 55,34 ± 0,248 | 55,08 / 55,58 |
| Hacıbektaş | | 30,25 ± 0,135 | 30,11 / 30,38 | 34,90 ± 0,179 | 34,76 / 34,98 |
| Kilcan | | 46,07 ± 0,206 | 45,86 / 46,27 | 48,52 ± 0,155 | 48,36 / 48,67 |
| Kesik | | 38,32 ± 0,172 | 38,14 / 38,48 | 40,77 ± 0,138 | 40,62 / 40,90 |
| Dağılğan | Kök | 35,21 ± 0,158 | 35,04 / 35,36 | 42,35 ± 0,190 | 42,16 / 42,53 |
| Hacılımezarlığı | | 78,58 ± 0,397 | 78,17 / 78,96 | 78,86 ± 0,350 | 77,80 / 78,90 |
| Kıraç Tepe | | 55,23 ± 0,247 | 54,97 / 55,47 | 65,42 ± 0,293 | 65,12 / 65,70 |
| Hacıbektaş | | 37,33 ± 0,167 | 37,16 / 37,50 | 38,61 ± 0,164 | 38,44 / 38,77 |

İndependent T testine göre bitkilerin ağır metal seviyelerinin yıkanmış ve yıkanmamış olmasıyla ilişkisi yoktur ($p<0,05$).

Tablo 4.6. Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan toprak örneklerine ait Mn konsantrasyonları (μgg^{-1})

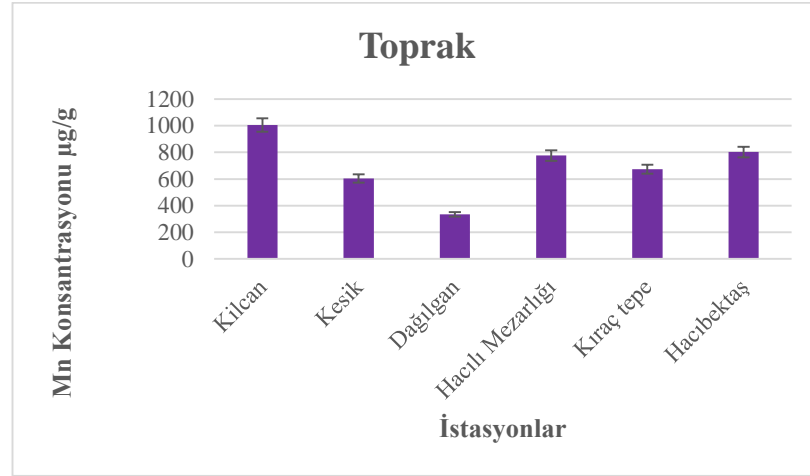
| İstasyon | Minimum | Maximum | Ortalama | Standart hata |
|------------------|---------|---------|----------|---------------|
| Kilcan | 1006,08 | 1015,14 | 1010,78 | 4,536 |
| Kesik | 603,93 | 609,37 | 606,75 | 2,723 |
| Dağılğan | 335,00 | 338,02 | 336,57 | 1,510 |
| Hacılı mezarlığı | 776,04 | 783,02 | 779,66 | 3,499 |
| Kıraç Tepe | 672,61 | 678,66 | 675,75 | 3,032 |
| Hacıbektaş | 802,62 | 809,84 | 806,36 | 3,619 |



Şekil 4.3. Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan 36 pancar örneğine ait Mn konsantrasyonları ($\mu\text{g g}^{-1}$)

Tablo 4.5 ve Şekil 4.3 incelendiğinde Kilcan, Kesik, Dağılgan, Hacılımezarlığı, Kıraç tepe ve Hacibektaş istasyonlarında bulunan şeker pancarı yaprağı, pancarı, kökü ve toprağı Mn konsantrasyonlarını göstermektedir. Ölçüm sonucunda Mn için lokasyonlar arası anlamlı fark vardır ($p < 0,05$). Yıkanmış ve yıkanmamış gruplar arasında fark olmadığı independent T testine göre tespit edilmiştir.

Toprak kontrol yönetmeliğindeki sınır değerler ile istasyonlardan aldığımız toprak örneklerini karşılaştırdığımızda, toprakda bulunan Mn miktarının Dağılgan istasyonu hariç sınır değerine uygun olmadığını söyleyebiliriz (Tablo 4.6). Mn' nin WHO'ya göre bitkide sınır değerleriyle bitki örneklerimizdeki miktarlarını karşılaştırdık. Mn miktarının sınır değerlerini yıkanmış ve yıkanmamış yaprak örneklerinde Kilcan, Kesik, yıkanmış pancarda Hacılımezarlığı, yıkanmamış pancarda Hacılımezarlığı ve Kıraç tepe istasyonu, kökün yıkanmış ve yıkanmamış örneklerinde Hacılımezarlığı ve Kıraç tepe istasyonlarında aştığı görülmektedir.



Şekil 4.4. Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan toprak örneklerine ait Mn konsantrasyonları ($\mu\text{g g}^{-1}$)

İstasyonlardan topladığımız toprak örneklerinin içerisindeki ağır metal konsantrasyonları değerlendirilmiştir. En yüksek değerlerin deney grupları içerisindeki Kılcan istasyonundan alınan toprak örneğinde, en düşük değer ise kontrol grubu olarak belirlediğimiz Dağlıgan istasyonundan alınan toprak örneğinde olduğu görülmektedir (Tablo 4.6).

Tablo 4.7. Yaprak, pancar, kök ve toprak örnekleri için Independent T testi sonuçları

| Mn | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) |
|---------------|-------|-------|--------|--------|-----------------|
| Yaprak | 0,332 | 0,577 | -0,393 | 10 | 0,702 |
| | | | -0,393 | 9,677 | 0,703 |
| Pancar | 0,000 | 0,996 | -0,622 | 10 | 0,548 |
| | | | -0,622 | 9,995 | 0,548 |
| Kök | 0,024 | 0,879 | -0,415 | 10 | 0,687 |
| | | | -0,415 | 9,993 | 0,687 |
| Toprak | 3,884 | 0,066 | 0,923 | 16 | 0,370 |
| | | | 2,112 | 14,035 | 0,053 |

Tablo 4.7 incelendiğinde yaprak örneklerinin varyansı homojen dağılmıştır. Yaprak örneklerinin yıkanmış ve yıkanmamış olması arasında anlamlı bir farklılık gösterilmemektedir ($t[10]= -0,393$; $p > 0,05$). Tablo 4.7 incelendiğinde pancar örneklerinin varyansı homojen dağılmıştır. Pancar örneklerinin yıkanmış ve yıkanmamış olması arasında anlamlı bir farklılık gösterilmemektedir ($t[10]= -0,622$; $p > 0,05$). Tablo 4.7 incelendiğinde kök örneklerinin varyansı homojen dağılmıştır. Kök örneklerinin yıkanmış ve yıkanmamış olması arasında anlamlı bir farklılık gösterilmemektedir ($t[10]=$

-0,415; $p > 0,05$). Toprak örneklerinin istasyonlara göre aralarında anlamlı bir farklılık yoktur ($p > 0,05$).

4.2.3. Demir (Fe)

Çalışma alanındaki altı farklı istasyondan alınan 36 örnekte Fe konsantrasyonlarında standart hata, ortalama, maximum ve minimum miktarları tabloda verilmiştir (Tablo 4.6).

Çalışmamızda ki sonuçlar arasında yıkanmış örneklerde en düşük Fe konsantrasyonu Dağılgan istasyonundan alınan pancar örneğinde $24,73 \mu\text{gg}^{-1}$ değerindedir. Yıkanmış örnekler arasında en yüksek Fe konsantrasyonu Kilcan istasyonundan alınan kök örneğinde $303,60 \mu\text{gg}^{-1}$ değerinde gözlemlenmiştir (Tablo 4.8). Yıkanmamış örnekler arasında en düşük Fe konsantrasyonu Dağılgan istasyonundan alınan pancar örneğinde $69,40 \mu\text{gg}^{-1}$ değerinde, en yüksek konsantrasyon Kilcan istasyonundan alınan yaprak örneğinde $390,66 \mu\text{gg}^{-1}$ değerindedir (Tablo 4.8)

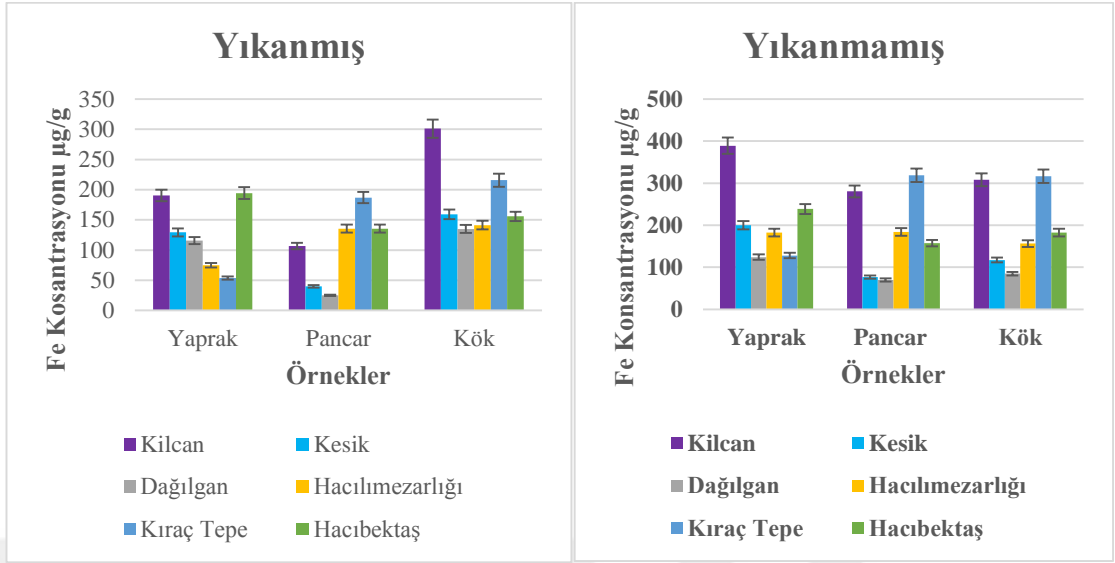
Tablo 4.8. Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan 36 pancar örneğine ait Fe konsantrasyonları (μgg^{-1})

| İstasyon | Bitki parçası | Yıkanmış örnek | Yıkanmış min/max değerleri | Yıkanmamış örnek | Yıkanmamış min/max değerleri |
|-----------------|---------------|----------------|----------------------------|------------------|------------------------------|
| Kilcan | | 190,54 ± 0,851 | 189,66/ 191,36 | 388,98 ± 1,748 | 387,17/390,66 |
| Kesik | | 129,27 ± 0,581 | 128,67/ 129,83 | 199,64 ± 0,445 | 199,18 / 200,07 |
| Dağılğan | | 115,78 ± 0,521 | 115,24/ 116,28 | 124,03 ± 0,555 | 123,46 / 124,57 |
| Hacılımezarlığı | Yaprak | 74,99 ± 0,335 | 74,65/ 75,32 | 182,67 ± 0,830 | 181,93 / 188,57 |
| Kıraç Tepe | | 53,71 ± 0,240 | 53,47 / 53,65 | 127,70 ± 0,576 | 127,11 / 128,26 |
| Hacıbektaş | | 194,27 ± 2,214 | 191,98/ 496,40 | 238,61 ± 0,621 | 237,97 / 239,21 |
| Kilcan | | 106,44 ± 0,477 | 105,94 / 106,90 | 280,49 ± 4,400 | 275,93 / 284,71 |
| Kesik | | 39,95 ± 0,179 | 39,76 / 40,12 | 76,28 ± 0,342 | 75,93 / 76,61 |
| Dağılğan | Pancar | 24,99 ± 0,246 | 24,73 / 25,22 | 69,72 ± 0,313 | 69,40 / 70,02 |
| Hacılımezarlığı | | 135,54 ± 1,057 | 134,44 / 136,50 | 184,20 ± 0,377 | 183,81 / 184,56 |
| Kıraç Tepe | | 186,86 ± 0,838 | 185,98 / 187,60 | 318,94 ± 1,431 | 317,45 / 320,31 |
| Hacıbektaş | | 135,52 ± 0,608 | 134,89 / 136,10 | 157,17 ± 0,705 | 156,43 / 157,84 |
| Kilcan | | 301,08 ± 2,697 | 301,29 / 303,60 | 308,04 ± 1,382 | 306,61 / 309,37 |
| Kesik | | 159,39 ± 0,715 | 158,65 / 160,10 | 177,07 ± 0,525 | 176,53 / 177,58 |
| Dağılğan | Kök | 134,89 ± 0,605 | 134,26 / 135,40 | 84,68 ± 2,175 | 82,43 / 86,77 |
| Hacılımezarlığı | | 141,24 ± 0,633 | 140,58 / 141,80 | 156,13 ± 0,521 | 155,59 / 156,63 |
| Kıraç Tepe | | 215,77 ± 0,968 | 214,77/ 216,70 | 316,49 ± 2,767 | 313,62 / 319,15 |
| Hacıbektaş | | 155,73 ± 0,698 | 155,01/156,40 | 182,11 ± 0,368 | 181,73 / 182,47 |

İndependent T testine göre bitkilerin ağır metal seviyelerinin yıkanmış ve yıkanmamış olmasıyla ilişkisi yoktur ($p < 0,05$).

Tablo 4.9. Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan toprak örneklerine ait Fe konsantrasyonları (μgg^{-1})

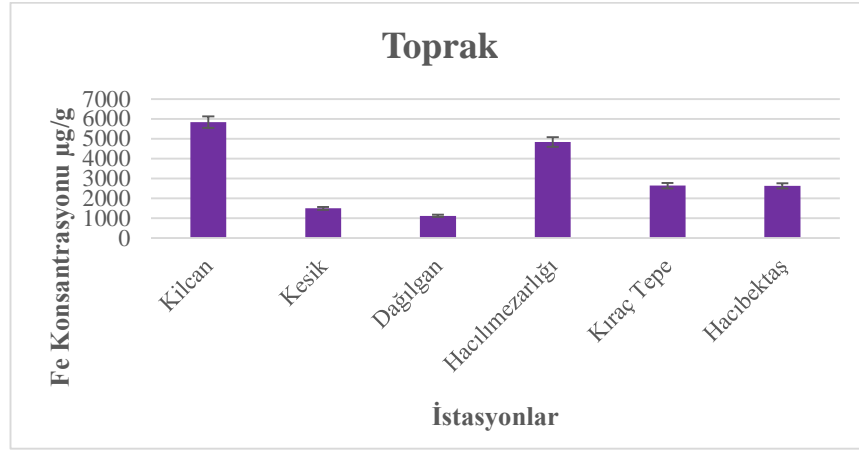
| İstasyon | Minimum | Maximum | Ortalama | Standart hata |
|------------------|---------|---------|----------|---------------|
| Kilcan | 5671,06 | 5992,10 | 5837,52 | 160,849 |
| Kesik | 1412,74 | 1569,46 | 1494,00 | 78,518 |
| Dağılğan | 1055,93 | 1173,43 | 1116,86 | 58,872 |
| Hacılı mezarlığı | 4726,13 | 4948,66 | 4841,52 | 111,496 |
| Kıraç Tepe | 2440,23 | 2927,79 | 2637,48 | 93,973 |
| Hacıbektaş | 2097,03 | 2838,21 | 2622,09 | 120,834 |



Şekil 4.5. Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan 36 pancar örneğine ait Fe konsantrasyonları ($\mu\text{g g}^{-1}$)

Tablo 4.8 ve Şekil 4.5 incelendiğinde Kilcan, Kesik, Dağılgan, Hacılımezarlığı, Kıraç tepe ve Hacibektaş istasyonlarında bulunan şeker pancarı yaprağı, pancarı, kökü ve toprağı Fe konsantrasyonlarını göstermektedir. Ölçüm sonucunda Fe için lokasyonlar arası anlamlı fark vardır. ($p < 0,05$). Yıkanmış ve yıkanmamış gruplar arasında fark olmadığı independet t testine göre tespit edilmiştir.

Toprak kontrol yönetmeliğinde ki sınır değer verileriyle istasyonlardan aldığımız toprak örneklerinin verilerini karşılaştırdığımızda, topraklardaki Fe konsantrasyonunun sınır değerini aştığını söyleyebiliriz (Tablo 4.1). WHO'nun bitkideki sınır değeriyle bitki örneklerimizdeki Fe miktarlarını karşılaştırdığımızda, Fe miktarının sınır değerlerini yüksek oranda aştığı görülmektedir. Ancak pancar örneklerinin her iki grubunda Kesik ve Dağılgan istasyonlarındaki konsantrasyon sınır değerine uygundur.



Şekil 4.6. Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan toprak örneklerine ait Fe konsantrasyonları ($\mu\text{g g}^{-1}$)

İstasyonların toprak örneklerindeki ağır metal konsantrasyonları değerlendirilmeye alındığında genel olarak en yüksek değerlerin deney gruplarından biri olan Kılcan istasyonundan alınan toprak örneğinde, en düşük değerinde kontrol grubu olan Dağılgan istasyonundan alınan toprak örneğinde olduğu görülmektedir.

Tablo 4.10 Yaprak, pancar, kök ve toprak örnekleri için Independent T testi sonuçları

| Fe | F | Sig. | T | Df | Sig. (2-tailed) |
|---------------|--------|-------|--------|--------|-----------------|
| Yaprak | 0,725 | 0,414 | -1,807 | 10 | 0,101 |
| | | | -1,807 | 8,122 | 0,108 |
| Pancar | 1,548 | 0,242 | -1,556 | 10 | 0,151 |
| | | | -1,556 | 8,209 | 0,157 |
| Kök | 0,996 | 0,342 | -0,428 | 10 | 0,677 |
| | | | -0,428 | 8,971 | 0,679 |
| Toprak | 10,575 | 0,005 | -0,522 | 16 | 0,609 |
| | | | -1,076 | 15,284 | 0,299 |

Tablo 4.10 incelendiğinde yaprak örneklerinin varyansı homojen dağılmıştır. Yaprak örneklerinin yıkanmış ve yıkanmamış olması arasında anlamlı bir farklılık gösterilmemektedir ($t[10] = -1,807$; $p > 0,05$). Tablo 4.10 incelendiğinde pancar örneklerinin varyansı homojen dağılmıştır. Pancar örneklerinin yıkanmış ve yıkanmamış olması arasında anlamlı bir farklılık gösterilmemektedir ($t[10] = -1,556$; $p > 0,05$). Tablo 4.10 incelendiğinde kök örneklerinin varyansı homojen dağılmıştır. Kök örneklerinin yıkanmış ve yıkanmamış olması arasında anlamlı bir farklılık gösterilmemektedir ($t[10] = -0,428$; $p > 0,05$). Toprak örneklerinin istasyonlara göre aralarında anlamlı bir farklılık vardır ($p < 0,05$).

4.2.4. Kobalt (Co)

Çalışma alanındaki altı farklı istasyondan alınan 36 örnekte Co konsantrasyonlarında standart hata, ortalama, maximum ve minimum miktarları tabloda verilmiştir (Tablo 4.11).

Çalışmamızdaki verilerin sonuçları arasında yıkanmış örneklede en düşük Co konsantrasyonu Kesik ve Hacılımezarlığı istasyonlarından alınan yaprak örneğinde $0,00 \mu\text{gg}^{-1}$ değerindedir. Yıkanmış örnekler arasında en yüksek Co konsantrasyonu Kıraç tepe istasyonundan alınan yaprak örneğinde $1,23 \mu\text{gg}^{-1}$ değerinde gözlemlenmiştir (Tablo 4.11). Yıkanmamış örnekler arasında en düşük Co konsantrasyonu Dağılgan istasyonundan alınan yaprak örneğinde $0,02 \mu\text{gg}^{-1}$ değerinde, en yüksek konsantrasyon Kıraç Tepe istasyonundan alınan yaprak örneğinde $1,43 \mu\text{gg}^{-1}$ değerindedir (Tablo 4.11).

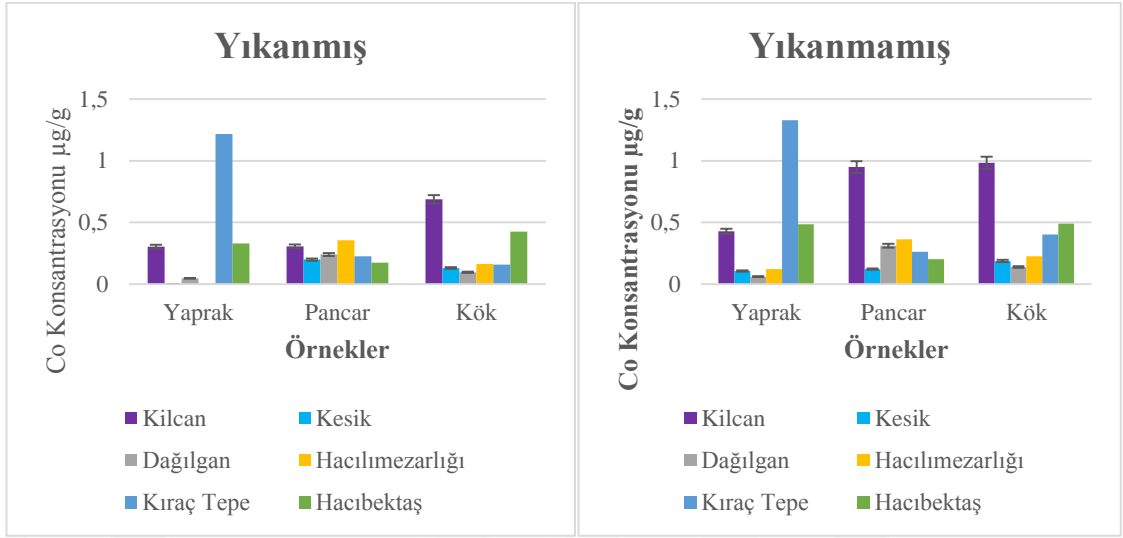
Tablo 4.11. Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan 36 pancar örneğine ait Co konsantrasyonları (μgg^{-1})

| İstasyon | Bitki parçası | Yıkanmış örnek | Yıkanmış min/max değerleri | Yıkanmamış örnek | Yıkanmamış min/max değerleri |
|-----------------|---------------|----------------|----------------------------|------------------|------------------------------|
| Kilcan | | 0,30 ±0,001 | ,30 / ,30 | 0,42±0,001 | ,42 / ,42 |
| Kesik | | 0,00±,000 | ,00 / ,00 | 0,10±0,000 | ,10 / ,10 |
| Dağılğan | | 0,04±0,000 | ,04 / ,04 | 0,06±0,000 | ,02 / ,08 |
| Hacılımezarlığı | Yaprak | 0,00±0,000 | ,00 / ,00 | 0,12±0,000 | ,10 / ,13 |
| Kıraç Tepe | | 1,21±0,014 | 1,20 / 1,23 | 1,32±0,000 | 1,12 / 1,43 |
| Hacibektaş | | 0,32±0,001 | ,32 / ,33 | 0,48±0,000 | ,38 / ,40 |
| Kilcan | | 0,30 ± 0,001 | ,30 / ,30 | 0,94 ± 0,004 | ,94 / ,95 |
| Kesik | | 0,19 ± 0,000 | ,19 / ,19 | 0,12 ± 0,000 | ,12 / ,12 |
| Dağılğan | | 0,24 ± 0,001 | ,23 / ,24 | 0,31 ± 0,000 | ,30 / ,34 |
| Hacılımezarlığı | Pancar | 0,35 ± 0,001 | ,35 / ,35 | 0,36 ± 0,000 | ,34 / ,38 |
| Kıraç Tepe | | 0,22 ± 0,001 | ,22 / ,22 | 0,26 ± 0,001 | ,24 / ,28 |
| Hacibektaş | | 0,17 ± 0,000 | ,17 / ,17 | 0,20 ± 0,000 | ,20 / ,24 |
| Kilcan | | 0,68 ± 0,003 | ,68 / ,68 | 0,98 ± 0,001 | ,96 / ,99 |
| Kesik | | 0,13 ± 0,000 | ,12 / ,13 | 0,18 ± 0,000 | ,16 / ,19 |
| Dağılğan | Kök | 0,09 ± 0,000 | ,09 / ,09 | 0,13 ± 0,001 | ,11 / ,14 |
| Hacılımezarlığı | | 0,16 ± 0,000 | ,16 / ,16 | 0,22 ± 0,000 | ,20 / ,24 |
| Kıraç Tepe | | 0,15 ± 0,000 | ,15 / ,15 | 0,40 ± 0,001 | ,39 / ,40 |
| Hacibektaş | | 0,42 ± 0,001 | ,42 / ,42 | 0,48 ± 0,000 | ,48 / ,48 |

İndependent T testine göre bitkilerin ağır metal seviyelerinin yıkanmış ve yıkanmamış olmasıyla ilişkisi yoktur ($p<0,05$).

Tablo 4.12. Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan toprak örneklerine ait Co konsantrasyonları (μgg^{-1})

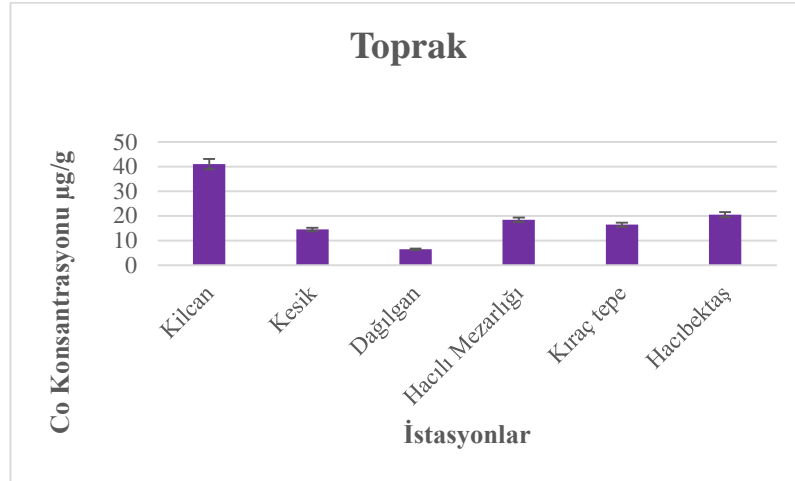
| İstasyon | | Minimum | Maximum | Ortalama | Standart hata |
|-----------------|--------|---------|---------|----------|---------------|
| Kilcan | | 41,05 | 41,42 | 41,24 | ,185 |
| Kesik | | 14,46 | 14,59 | 14,53 | ,065 |
| Dağılğan | Toprak | 6,40 | 6,45 | 6,43 | ,028 |
| Hacılımezarlığı | | 18,35 | 18,51 | 18,43 | ,082 |
| Kıraç Tepe | | 16,42 | 16,57 | 16,49 | ,074 |
| Hacibektaş | | 20,52 | 20,70 | 20,62 | ,092 |



Şekil 4.7. Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan 36 pancar örneğine ait Co konsantrasyonları($\mu\text{g g}^{-1}$)

Tablo 4.11 ve Şekil 4.7 incelendiğinde Kilcan, Kesik, Dağılgan, Hacılımezarlığı, Kıraç tepe ve Hacıbektaş istasyonlarında bulunan şeker pancarı yaprağı, pancarı, kökü ve toprağı Co konsantrasyonlarını göstermektedir. Ölçüm sonucunda Co için lokasyonlar arası anlamlı fark vardır. ($p < 0,05$). Yıkanmış ve yıkanmamış gruplar arasında fark olmadığı independet t testine göre tespit edilmiştir.

Toprak kontrol yönetmeliğindeki sınır verileriyle istasyonlardan aldığımız toprak örneklerinin verilerini kıyasladığımızda, topraklardaki Co miktarının sınır değerini geçmediğini söyleyebiliriz (Tablo 4.1). WHO'nun Co için bitkilerde bulunması gereken sınır değerleriyle, bitki örneklerimizden çıkan Co miktarlarını karşılaştırdığımızda, Co miktarının sınır değerlerini aşmadığı görülmektedir.



Şekil 4.8. Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan toprak örneklerine ait Co konsantrasyonları ($\mu\text{g g}^{-1}$)

İstasyonlardan alınan toprak örneklerindeki ağır metal konsantrasyonları değerlendirildiğinde genel olarak en yüksek değer deney grubundan Kılcan istasyonundan alınan toprak örneğinde, en düşük değer ise kontrol grubu olarak değerlendirdiğimiz Dağılgan istasyonundan alınan toprak örneğinde olduğu görülmektedir (Tablo 4.12). Toprak kontrol yönetmeliği verileriyle istasyonlardan aldığımız toprak örneklerini karşılaştırdığımızda ağır metaller açısından toprak örneklerimizin sınır değerlerini aşmadığı (Tablo 4.1) görülmektedir.

Tablo 4.13 Yaprak, pancar, kök ve toprak örnekleri için Independent T testi sonuçları

| Co | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) |
|---------------|-------|-------|--------|--------|-----------------|
| Yaprak | 0,002 | 0,963 | -0,323 | 10 | 0,753 |
| | | | -0,323 | 9,995 | 0,753 |
| Pancar | 2,889 | 0,120 | -0,756 | 10 | 0,467 |
| | | | -0,756 | 5,483 | 0,481 |
| Kök | 0,157 | 0,700 | -0,792 | 10 | 0,447 |
| | | | -0,792 | 9,186 | 0,448 |
| Toprak | 3,361 | 0,085 | 0,167 | 16 | 0,870 |
| | | | 0,382 | 14,008 | 0,708 |

Tablo 4.13 incelendiğinde yaprak örneklerinin varyansı homojen dağılmamıştır. Yaprak örneklerinin yıkanmış ve yıkanmamış olması arasında anlamlı bir farklılık gösterilmemektedir ($t[10] = -0,323$; $p > 0,05$). Tablo 4.13 incelendiğinde pancar örneklerinin varyansı homojen dağılmıştır. Pancar örneklerinin yıkanmış ve yıkanmamış olması arasında anlamlı bir farklılık gösterilmemektedir ($t[10] = -0,756$; $p > 0,05$). Tablo

4.7 incelendiğinde kök örneklerinin varyansı homojen dağılmıştır. Kök örneklerinin yıkanmış ve yıkanmamış olması arasında anlamlı bir farklılık gösterilmemektedir ($t[10]=-0,792$; $p > 0,05$). Toprak örneklerinin istasyonlara göre aralarında anlamlı bir farklılık yoktur ($p>0,05$).

4.2.5. Nikel (Ni)

Çalışma alanındaki altı farklı istasyondan alınan 36 örnekte Ni konsantrasyonlarında standart hata, ortalama, maximum ve minimum miktarları tabloda verilmiştir (Tablo 4.14).

Çalışmamızdaki veriler değerlendirildiğinde, yıkanmış örnekler arasında en düşük Ni konsantrasyonu Kesik ve Hacıbektaş istasyonlarından alınan pancar örneğinde $1,13 \mu\text{gg}^{-1}$ değerindedir. Yıkanmış örnekler arasında en yüksek Ni konsantrasyonu Kıraç tepe istasyonundan alınan yaprak örneğinde $25,89 \mu\text{gg}^{-1}$ değerinde gözlemlenmiştir (Tablo 4.14). Yıkanmamış örnekler arasında en düşük Ni konsantrasyonu Hacıbektaş istasyonundan alınan pancar örneğinde $1,14 \mu\text{gg}^{-1}$ değerinde, en yüksek konsantrasyon Kıraç Tepe istasyonundan alınan yaprak örneğinde $32,64 \mu\text{gg}^{-1}$ değerindedir (Tablo 4.14).

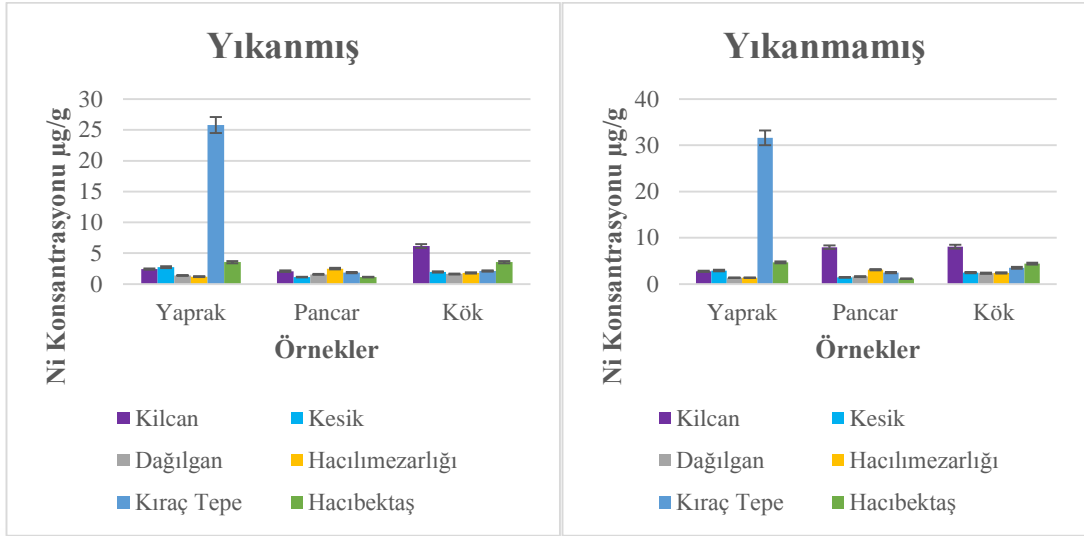
Tablo 4.14. Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan 36 pancar örneğine ait Ni konsantrasyonları (μgg^{-1})

| İstasyon | Bitki parçası | Yıkanmış örnek | Yıkanmış min/max değerleri | Yıkanmamış örnek | Yıkanmamış min/max değerleri |
|-----------------|---------------|----------------|----------------------------|------------------|------------------------------|
| Kilcan | | 2,42 ± 0,012 | 2,40 / 2,43 | 2,72 ± 0,012 | 2,71 / 2,73 |
| Kesik | | 2,73 ± 0,012 | 2,72 / 2,74 | 2,92 ± 0,013 | 2,90 / 2,93 |
| Dağılğan | | 1,38 ± 0,006 | 1,37 / 1,38 | 1,39 ± 0,005 | 1,37 / 1,40 |
| Hacılımezarlığı | Yaprak | 1,20 ± 0,005 | 1,19 / 1,21 | 1,36 ± 0,010 | 1,35 / 1,37 |
| Kıraç tepe | | 25,78 ± 0,115 | 25,66 / 25,89 | 31,64 ± 0,007 | 31,63 / 32,64 |
| Hacibektaş | | 3,56 ± 0,016 | 3,54 / 3,58 | 4,69 ± 0,007 | 4,68 / 4,80 |
| Kilcan | | 2,09 ± 0,009 | 1,99 / 2,01 | 7,97 ± 0,035 | 7,93 / 8 |
| Kesik | | 1,13 ± 0,005 | 1,13 / 1,14 | 1,44 ± 0,006 | 1,43 / 1,45 |
| Dağılğan | Pancar | 1,56 ± 0,007 | 1,56 / 1,57 | 1,62 ± 0,006 | 1,61 / 1,63 |
| Hacılımezarlığı | | 2,49 ± 0,011 | 2,48 / 2,50 | 3,10 ± 0,005 | 3,10 / 3,11 |
| Kıraç tepe | | 1,84 ± 0,008 | 1,83 / 1,85 | 2,46 ± 0,011 | 2,45 / 2,47 |
| Hacibektaş | | 1,13 ± 0,005 | 1,13 / 1,14 | 1,14 ± 0,005 | 1,14 / 1,15 |
| Kilcan | | 6,18 ± 0,027 | 6,15 / 6,21 | 8,06 ± 0,018 | 8,04 / 8,07 |
| Kesik | | 1,97 ± 0,008 | 1,96 / 1,97 | 2,46 ± 0,006 | 2,45 / 2,48 |
| Dağılğan | Kök | 1,64 ± 0,007 | 1,63 / 1,65 | 2,34 ± 0,010 | 2,33 / 2,35 |
| Hacılımezarlığı | | 1,81 ± 0,008 | 1,80 / 1,82 | 2,42 ± 0,006 | 2,41 / 2,44 |
| Kıraç tepe | | 2,12 ± 0,009 | 2,11 / 2,13 | 3,51 ± 0,015 | 3,49 / 3,52 |
| Hacibektaş | | 3,56 ± 0,015 | 3,54 / 3,57 | 4,41 ± 0,006 | 4,40 / 4,42 |

İndependent T testine göre bitkilerin ağır metal seviyelerinin yıkanmış ve yıkanmamış olmasıyla ilişkisi yoktur ($p < 0,05$).

Tablo 4.15. Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan toprak örneklerine ait Ni konsantrasyonları (μgg^{-1})

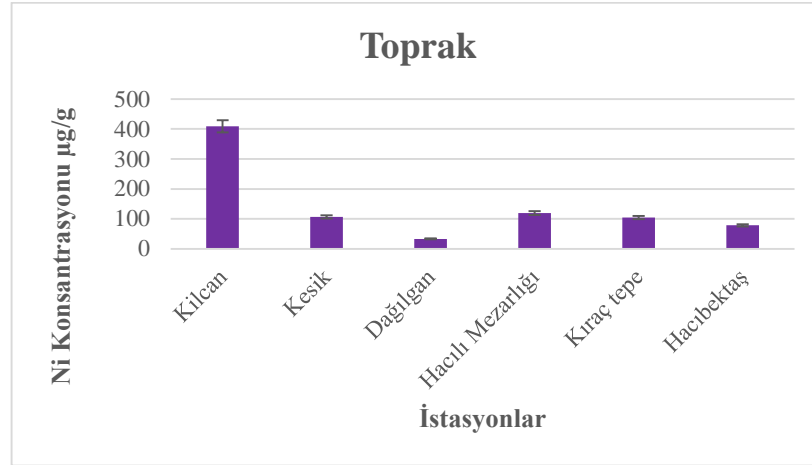
| İstasyon | Minimum | Maximum | Ortalama | Standart hata |
|-----------------|---------|---------|----------|---------------|
| Kilcan | 408,66 | 412,34 | 410,57 | 1,842 |
| Kesik | 106,57 | 107,53 | 107,07 | ,480 |
| Dağılğan | 32,99 | 33,29 | 33,14 | ,148 |
| Hacılımezarlığı | 119,41 | 120,49 | 119,97 | ,538 |
| Kıraç tepe | 104,76 | 105,70 | 105,25 | ,472 |
| Hacibektaş | 78,56 | 79,27 | 78,93 | ,354 |



Şekil 4.9. Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan 36 pancar örneğine ait Ni konsantrasyonları ($\mu\text{g g}^{-1}$)

Tablo 4.14 ve Şekil 4.9 incelendiğinde Kilcan, Kesik, Dağılgan, Hacılımezarlığı, Kıraç tepe ve Hacıbektaş istasyonlarında bulunan şeker pancarı yaprağı, pancarı, kökü ve toprağı Ni konsantrasyonlarını göstermektedir. Ölçüm sonucunda Ni için lokasyonlar arası anlamlı fark vardır.) ($p < 0,05$). Yıkanmış ve yıkanmamış gruplar arasında fark olmadığı independet t testine göre tespit edilmiştir.

Toprak kontrol yönetmeliğindeki sınır değerler ile istasyonlardan aldığımız toprak örneklerinin miktarlarını karşılaştırdığımızda, topraklardaki Ni miktarının sınır değerini Dağılgan istasyonu hariç aştığını söyleyebiliriz (Tablo 4.1). WHO'daki sınır değere göre bitki örneklerimizdeki Ni miktarlarını karşılaştırdığımızda, Ni miktarının sınır değerine köklerden Kilcan ve Hacıbektaş istasyonlarında, yıkanmış ve yıkanmamış yaprak örneklerinde Kıraç tepe istasyonu, yıkanmamış pancar örneğinde Kilcan istasyonu hariç uygun olduğu görülmektedir.



Şekil 4.10. Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan toprak örneklerine ait Ni konsantrasyonları ($\mu\text{g g}^{-1}$)

İstasyonlardaki toprak örneklerinde Ni ağır metalinin konsantrasyonları değerlendirildiğinde genel olarak en yüksek değerlerin deney grupları içerisinde Kilcan istasyonunda alınan toprak örneğinde, en düşük değerlerin ise kontrol grubu olan Dağılgan istasyonundan alınan toprak örneğinde olduğu görülmektedir (Tablo 4.15).

Tablo 4.16. Yaprak, pancar, kök ve toprak örnekleri için Independent T testi sonuçları

| Ni | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) |
|---------------|-------|-------|--------|--------|-----------------|
| Yaprak | 0,132 | 0,723 | -0,204 | 10 | 0,843 |
| | | | -0,204 | 9,585 | 0,843 |
| Pancar | 3,330 | 0,098 | -0,836 | 10 | 0,422 |
| | | | -0,836 | 5,392 | 0,438 |
| Kök | 0,132 | 0,724 | -0,856 | 10 | 0,412 |
| | | | -0,856 | 9,524 | 0,413 |
| Toprak | 4,073 | 0,061 | -0,949 | 16 | 0,357 |
| | | | -2,174 | 14,001 | 0,047 |

Tablo 4.16 incelendiğinde yaprak örneklerinin varyansı homojen dağılmamıştır. Yaprak örneklerinin yıkanmış ve yıkanmamış olması arasında anlamlı bir farklılık gösterilmemektedir ($t[10] = -0,204$; $p > 0,05$). Tablo 4.16 incelendiğinde pancar örneklerinin varyansı homojen dağılmıştır. Pancar örneklerinin yıkanmış ve yıkanmamış olması arasında anlamlı bir farklılık gösterilmemektedir ($t[10] = -0,836$; $p > 0,05$). Tablo 4.16 incelendiğinde kök örneklerinin varyansı homojen dağılmıştır. Kök örneklerinin yıkanmış ve yıkanmamış olması arasında anlamlı bir farklılık gösterilmemektedir ($t[10] = -0,856$; $p > 0,05$). Toprak örneklerinin istasyonlara göre aralarında anlamlı bir farklılık yoktur ($p > 0,05$).

4.2.6. Bakır (Cu)

Çalışma alanındaki altı farklı istasyondan alınan 36 örnekte Cu konsantrasyonlarında standart hata, ortalama, maximum ve minimum miktarları tabloda verilmiştir (Tablo 4.17).

Çalışmamızda verilerin sonuçlarına göre, yıkanmış örnekler arasında en düşük Cu konsantrasyonu Kıraç tepe istasyonlarından alınan yaprak örneğinde $1,02 \mu\text{gg}^{-1}$ değerindedir. Yıkanmış örnekler arasında en yüksek Cu konsantrasyonu Kıraç tepe istasyonundan alınan pancar örneğinde $14,76 \mu\text{gg}^{-1}$ değerinde gözlemlenmiştir (Tablo 4.17). Yıkanmamış örnekler arasında en düşük Cu konsantrasyonu Kıraç Tepe istasyonundan alınan pancar örneğinde $1,83 \mu\text{gg}^{-1}$ değerinde, en yüksek konsantrasyon Kıraç Tepe istasyonundan alınan yaprak örneğinde $14,78 \mu\text{gg}^{-1}$ değerindedir (Tablo 4.17).

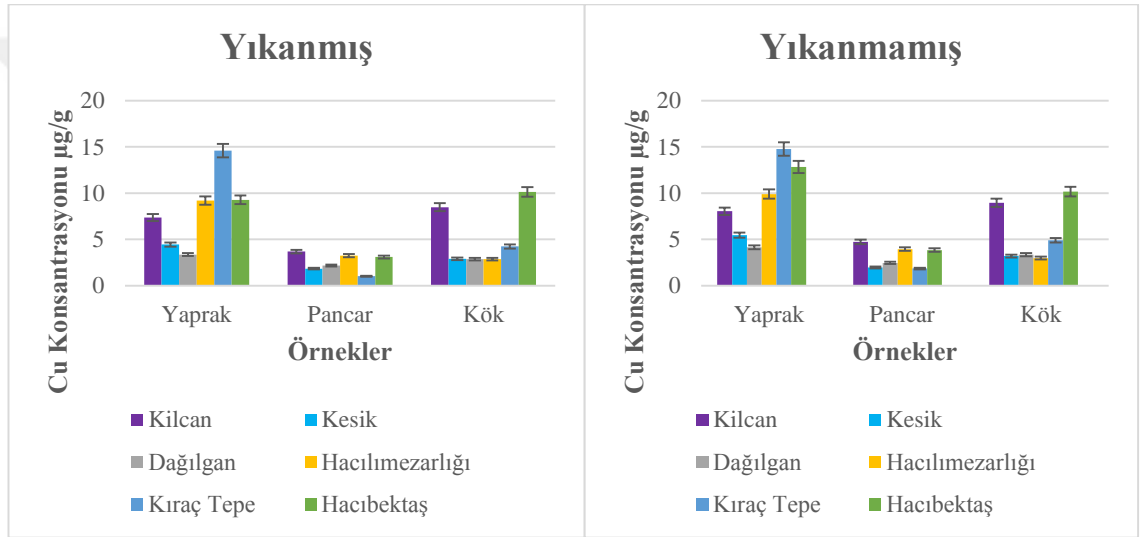
Tablo 4.17. Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan 36 pancar örneğine ait Cu konsantrasyonları (μgg^{-1})

| İstasyon | Bitki parçası | Yıkanmış örnek | Yıkanmış min/max değerleri | Yıkanmamış örnek | Yıkanmamış min/max değerleri |
|-----------------|---------------|-------------------|----------------------------|-------------------|------------------------------|
| Kılcan | | $7,36 \pm 0,033$ | 7,32 / 7,39 | $8,05 \pm 0,027$ | 8,02 / 8,07 |
| Kesik | | $4,44 \pm 0,019$ | 4,42 / 4,46 | $5,46 \pm 0,015$ | 5,44 / 5,48 |
| Dağılgan | | $3,36 \pm 1,730$ | 1,36 / 4,38 | $4,15 \pm 0,011$ | 4,14 / 4,16 |
| Hacılımezarlığı | Yaprak | $9,20 \pm 0,041$ | 9,15 / 9,24 | $9,90 \pm 0,044$ | 9,86 / 9,95 |
| Kıraç tepe | | $14,61 \pm 0,155$ | 14,45 / 14,76 | $14,77 \pm 0,021$ | 14,76 / 14,78 |
| Hacıbektaş | | $9,28 \pm 0,041$ | 9,24 / 9,32 | $12,83 \pm 0,057$ | 12,77 / 12,88 |
| Kılcan | | $3,69 \pm 0,016$ | 3,67 / 3,70 | $4,74 \pm 0,021$ | 4,72 / 4,76 |
| Kesik | | $1,84 \pm 0,008$ | 1,83 / 1,85 | $1,97 \pm 0,008$ | 1,96 / 1,98 |
| Dağılgan | Pancar | $2,17 \pm 0,009$ | 2,16 / 2,18 | $2,46 \pm 0,011$ | 2,45 / 2,57 |
| Hacılımezarlığı | | $3,25 \pm 0,014$ | 3,23 / 3,26 | $3,95 \pm 0,013$ | 3,94 / 3,96 |
| Kıraç tepe | | $1,03 \pm 0,004$ | 1,02 / 1,03 | $1,84 \pm 0,008$ | 1,83 / 1,85 |
| Hacıbektaş | | $3,10 \pm 0,013$ | 3,08 / 3,11 | $3,85 \pm 0,012$ | 3,83 / 3,86 |
| Kılcan | | $8,48 \pm 0,038$ | 8,44 / 8,52 | $8,97 \pm 0,031$ | 8,94 / 9 |
| Kesik | | $2,90 \pm 0,013$ | 2,88 / 2,91 | $3,20 \pm 0,009$ | 3,19 / 3,21 |
| Dağılgan | Kök | $2,85 \pm 0,012$ | 2,84 / 2,87 | $3,34 \pm 0,014$ | 3,32 / 3,35 |
| Hacılımezarlığı | | $2,86 \pm 0,012$ | 2,85 / 2,88 | $2,98 \pm 0,012$ | 2,97 / 2,99 |
| Kıraç tepe | | $4,23 \pm 0,019$ | 4,21 / 4,25 | $4,92 \pm 0,013$ | 4,90 / 4,93 |
| Hacıbektaş | | $10,13 \pm ,045$ | 10,08 / 10,17 | $10,17 \pm 0,014$ | 10,16 / 10,19 |

İndependent T testine göre bitkilerin ağır metal seviyelerinin yıkanmış ve yıkanmamış olmasıyla ilişkisi yoktur ($p < 0,05$).

Tablo 4.18. Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan toprak örneklerine ait Cu konsantrasyonları ($\mu\text{g g}^{-1}$)

| İstasyon | Minimum | Maximum | Ortalama | Standart hata |
|------------------------|---------|---------|----------|---------------|
| Kilcan | 42,79 | 43,17 | 42,99 | ,192 |
| Kesik | 18,66 | 18,82 | 18,74 | ,084 |
| Dağılgan | 8,77 | 8,85 | 8,81 | ,039 |
| Hacılımezarlığı | 28,09 | 28,34 | 28,22 | ,126 |
| Kıraç tepe | 21,60 | 21,79 | 21,70 | ,097 |
| Hacıbektaş | 33,07 | 33,37 | 33,22 | ,149 |

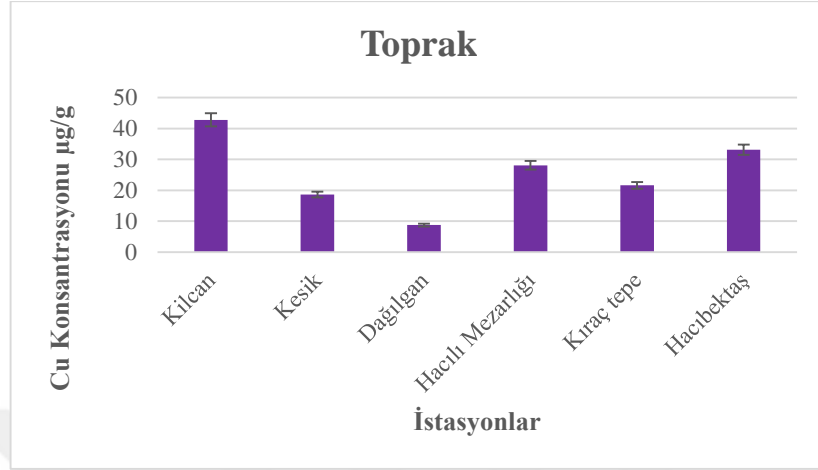


Şekil 4.11. Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan 36 pancar örneğine ait Cu konsantrasyonları ($\mu\text{g g}^{-1}$)

Tablo 4.17 ve Şekil 4.11 incelendiğinde Kilcan, Kesik, Dağılgan, Hacılımezarlığı, Kıraç tepe ve Hacıbektaş istasyonlarında bulunan şeker pancarı yaprağı, pancarı, kökü ve toprağı Cu konsantrasyonlarını göstermektedir. Ölçüm sonucunda Cu için lokasyonlar arası anlamlı fark vardır. ($p < 0,05$). Yıkanmış ve yıkanmamış gruplar arasında fark olmadığı independet t testine göre tespit edilmiştir.

Toprak kontrol yönetmeliğindeki sınır değere göre çalışma alanındaki topraklarda Cu miktarının sınır değerini aşmadığını söyleyebiliriz. (Tablo 4.1). WHO'daki sınır değer ile, örneklerimizdeki Cu miktarlarını karşılaştırdığımızda, sınır değerini yıkanmış yaprakta Kilcan, Hacılı mezarlığı, Kıraç tepe ve Hacıbektaş istasyonlarının, yıkanmış kökte Kilcan ve Hacıbektaş istasyonları, yıkanmamış örneklerde Kilcan ve Hacılımezarlığı, Kıraç tepe ve Hacıbektaş istasyonları, yıkanmamış kökte Kilcan ve

Hacıbektaş istasyonlarında aştığı görülmektedir. Diğer istasyonlarda sınır değerlerini aşmamıştır.



Şekil 4.12. Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan toprak örneklerine ait Cu konsantrasyonları (μg^{-1})

İstasyonlardan toplanan toprak örneklerindeki ağır metal konsantrasyonlarına bakıldığında (Tablo 4.18) genel olarak en yüksek değerlerin deney gruplarından biri olarak değerlendirilen Kılcan istasyonundan alınan toprak örneğinde, en düşük değerlerin ise kontrol grubu olan Dağılgan istasyonundan alınan toprak örneğinde olduğu görülmektedir.

Tablo 4.19. Yaprak, pancar, kök ve toprak örnekleri için Independent T testi sonuçları

| Cu | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) |
|---------------|-------|-------|--------|--------|-----------------|
| Yaprak | 0,063 | 0,806 | -0,488 | 10 | 0,636 |
| | | | -0,488 | 9,994 | 0,636 |
| Pancar | 0,847 | 0,379 | -0,976 | 10 | 0,352 |
| | | | -0,976 | 9,692 | 0,353 |
| Kök | 0,008 | 0,932 | -0,190 | 10 | 0,853 |
| | | | -0,190 | 9,996 | 0,853 |
| Toprak | 5,073 | 0,039 | 1,316 | 16 | 0,207 |
| | | | 3,013 | 14,023 | 0,009 |

Tablo 4.19 incelendiğinde yaprak örneklerinin varyansı homojen dağılmıştır. Yaprak örneklerinin yıkanmış ve yıkanmamış olması arasında anlamlı bir farklılık gösterilmemektedir ($t[10]= -0,488$; $p > 0,05$). Tablo 4.19 incelendiğinde pancar örneklerinin varyansı homojen dağılmıştır. Pancar örneklerinin yıkanmış ve yıkanmamış olması arasında anlamlı bir farklılık gösterilmemektedir ($t[10]= -0,976$; $p > 0,05$). Tablo

4.19 incelendiğinde kök örneklerinin varyansı homojen dağılmıştır. Kök örneklerinin yıkanmış ve yıkanmamış olması arasında anlamlı bir farklılık gösterilmemektedir ($t[10]=-0,190$; $p > 0,05$). Toprak örneklerinin istasyonlara göre aralarında anlamlı bir farklılık vardır ($p<0,05$).

4.2.7. Çinko (Zn)

Çalışma alanındaki altı farklı istasyondan alınan 36 örnekte Zn konsantrasyonlarında standart hata, ortalama, maximum ve minimum miktarları tabloda verilmiştir (Tablo 4.20).

Çalışmamızda elde ettiğimiz veriler arasında yıkanmış örnekler arasında en düşük Zn konsantrasyonu Kıraç tepe istasyonlarından alınan pancar örneğinde $10,13 \mu\text{gg}^{-1}$ değerindedir. Yıkanmış örnekler arasında en yüksek Zn konsantrasyonu Kilcan istasyonundan alınan yaprak örneğinde $48,67 \mu\text{gg}^{-1}$ değerinde gözlemlenmiştir (Tablo 4.20). Yıkanmamış örnekler arasında en düşük Zn konsantrasyonu Kesik istasyonundan alınan pancar örneğinde $11,54 \mu\text{gg}^{-1}$ değerinde, en yüksek konsantrasyon Hacıbektaş istasyonundan alınan yaprak örneğinde $104,26 \mu\text{gg}^{-1}$ değerindedir (Tablo4.20).

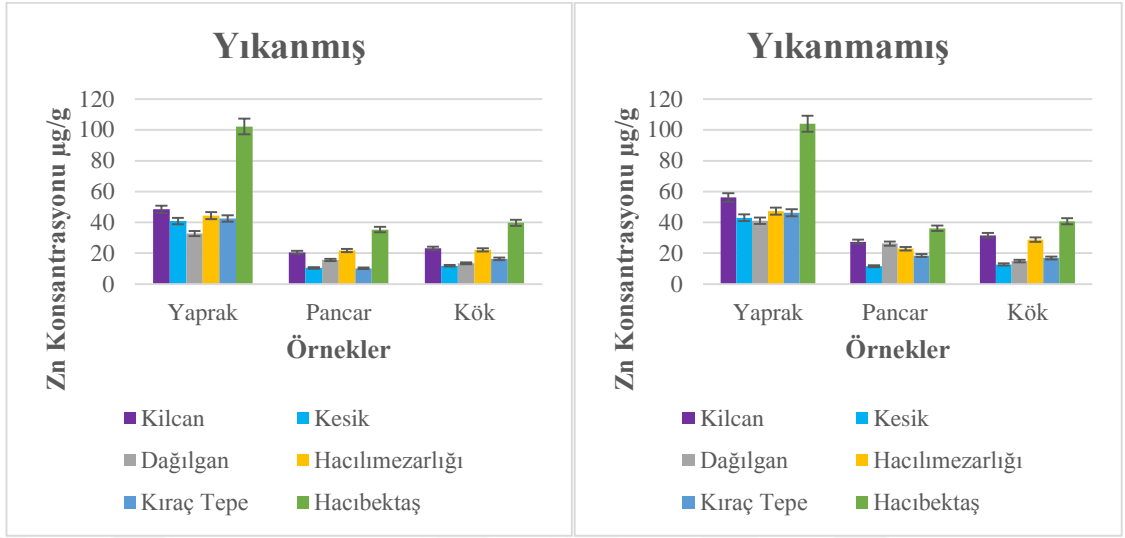
Tablo 4.20. Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan 36 pancar örneğine ait Zn konsantrasyonları (μgg^{-1})

| İstasyon | Bitki parçası | Yıkanmış örnek | Yıkanmış min/max değerleri | Yıkanmamış örnek | Yıkanmamış min/max değerleri |
|-----------------|---------------|----------------|----------------------------|------------------|------------------------------|
| Kilcan | | 48,47 ± 0,217 | 48,24 / 48,67 | 56,17 ± 3,375 | 52,27 / 58,18 |
| Kesik | | 40,82 ± 0,183 | 40,63 / 40,99 | 43,009 ± 0,103 | 42,90 / 43,10 |
| Dağılğan | | 32,83 ± 1,763 | 31,01 / 34,5 | 41,004 ± 0,094 | 40,90 / 41,09 |
| Hacılımezarlığı | Yaprak | 44,36 ± 0,199 | 44,15 / 44,55 | 47,31 ± 0,123 | 47,18 / 47,43 |
| Kıraç tepe | | 42,53 ± 0,191 | 42,33 / 42,71 | 46,17 ± 0,162 | 46,01 / 46,34 |
| Hacıbektaş | | 102,22 ± 0,458 | 101,75 / 102,6 | 104,06 ± 0,197 | 103,86/104,26 |
| Kilcan | | 20,45 ± 0,091 | 20,36 / 20,54 | 27,46 ± 0,123 | 27,33 / 27,58 |
| Kesik | | 10,45 ± 0,046 | 10,40 / 10,50 | 11,59 ± 0,052 | 11,54 / 11,64 |
| Dağılğan | Pancar | 15,63 ± 0,070 | 15,56 / 15,70 | 26,27 ± 0,117 | 26,15 / 26,38 |
| Hacılımezarlığı | | 21,73 ± 0,097 | 21,63 / 21,82 | 22,95± 0,089 | 22,85 / 24,03 |
| Kıraç tepe | | 10,17 ± 0,045 | 10,13 / 10,22 | 18,52± ,038 | 18,48 / 18,56 |
| Hacıbektaş | | 35,27 ± 0,158 | 35,11 / 35,42 | 36,13± 0,117 | 36,01 / 36,24 |
| Kilcan | | 23,16 ± 0,103 | 23,05 / 23,26 | 31,56 ± 0,141 | 31,41 / 31,70 |
| Kesik | | 11,88 ± 0,053 | 11,82 / 11,93 | 12,71 ± 0,04 | 12,66 / 12,76 |
| Dağılğan | Kök | 13,40 ± 0,060 | 13,33 / 13,45 | 14,90 ± 0,066 | 14,83 / 14,96 |
| Hacılımezarlığı | | 22,18 ± 0,099 | 22,08 / 22,28 | 28,83 ± 0,084 | 28,74 / 28,91 |
| Kıraç tepe | | 16,32 ± 0,073 | 16,24 / 16,39 | 16,88 ± 0,072 | 16,81 / 16,95 |
| Hacıbektaş | | 39,78 ± 0,178 | 39,60 / 39,95 | 40,74 ± 0,124 | 40,61 / 40,86 |

İndependent T testine göre bitkilerin ağır metal seviyelerinin yıkanmış ve yıkanmamış olmasıyla ilişkisi yoktur ($p<0,05$).

Tablo 4.21. Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan toprak örneklerine ait Zn konsantrasyonları (μgg^{-1})

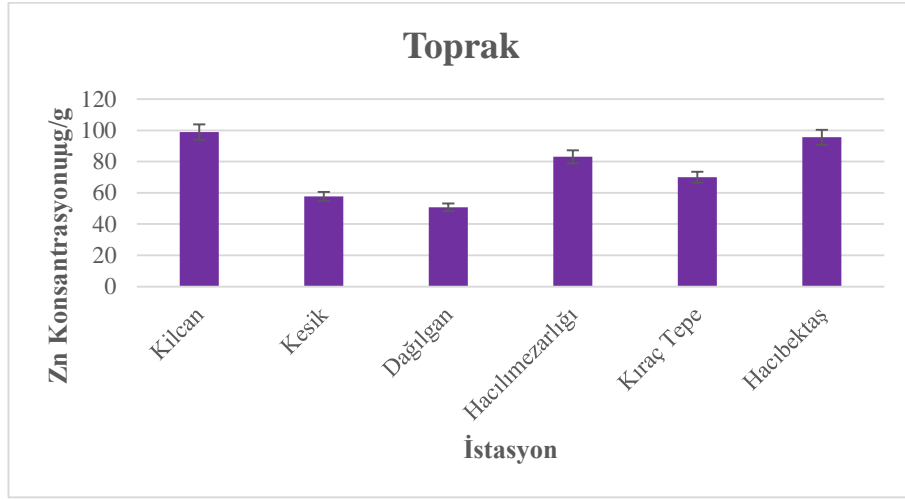
| İstasyon | Minimum | Maximum | Ortalama | Standart hata |
|-----------------|---------|---------|----------|---------------|
| Kilcan | 98,42 | 99,31 | 98,88 | ,443 |
| Kesik | 57,47 | 57,99 | 57,74 | ,259 |
| Dağılğan | 50,44 | 50,98 | 50,72 | ,272 |
| Hacılımezarlığı | 82,63 | 83,38 | 83,02 | ,372 |
| Kıraç tepe | 69,71 | 70,33 | 70,03 | ,314 |
| Hacıbektaş | 95,05 | 95,91 | 95,50 | ,428 |



Şekil 4.13. Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan 36 pancar örneğine ait Zn konsantrasyonları (μg^{-1})

Tablo 4.20 ve Şekil 4.13 incelendiğinde Kilcan, Kesik, Dağılgan, Hacılmezarlığı, Kıraç tepe ve Hacıbektaş istasyonlarında bulunan şeker pancarı yaprağı, pancarı, kökü ve toprağı Zn konsantrasyonlarını göstermektedir. Ölçüm sonucunda Zn için lokasyonlar arası anlamlı fark vardır. ($p < 0,05$). Yıkanmış ve yıkanmamış gruplar arasında fark olmadığı independet t testine göre tespit edilmiştir.

Toprak kontrol yönetmeliğindeki sınır değer ile kendi toprak örneğimizde Zn miktarı kıyaslanınca, topraklardaki Zn miktarının sınır değerini aşmadığını söyleyebiliriz. (Tablo 4.1). WHO'ya göre sınır değerini örneklerimizdeki değerlerle karşılaştırılması sonucu, Zn miktarının sınır değerini Hacıbektaş istasyonundan alınan yıkanmış ve yıkanmamış yaprak örneklerinde ve Kilcan yaprak örneğinde sınır değerini aştığı görülmektedir.



Şekil 4.14. Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan toprak örneklerine ait Zn konsantrasyonları ($\mu\text{g g}^{-1}$)

İstasyonlardan topladığımız toprak örneklerinde ağır metal konsantrasyonları değerlendirilmeye alındığında (Tablo 4.21) genel olarak en yüksek değerlerin deney grupları arasında olan Kilcan istasyonundan alınan toprak örneğinde, en düşük değer ise kontrol grubu olarak değerlendirdiğimiz Dağılgan istasyonundan alınan toprak örneğinde olduğu görülmektedir.

Tablo 4.22. Yaprak, pancar, kök ve toprak örnekleri için Independent T testi sonuçları

| Zn | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) |
|---------------|-------|-------|--------|--------|-----------------|
| Yaprak | 0,008 | 0,931 | -0,311 | 10 | 0,762 |
| | | | -0,311 | 9,976 | 0,762 |
| Pancar | 0,043 | 0,840 | -0,929 | 10 | 0,375 |
| | | | -0,929 | 9,882 | 0,375 |
| Kök | 0,557 | 0,473 | -0,486 | 10 | 0,637 |
| | | | -0,486 | 9,907 | 0,637 |
| Toprak | 8,008 | 0,012 | 2,205 | 16 | 0,042 |
| | | | 5,045 | 14,079 | 0,000 |

Tablo 4.22 incelendiğinde yaprak örneklerinin varyansı homojen dağılmamıştır. Yaprak örneklerinin yıkanmış ve yıkanmamış olması arasında anlamlı bir farklılık gösterilmemektedir ($t[10] = -0,311$; $p > 0,05$). Tablo 4.22 incelendiğinde pancar örneklerinin varyansı homojen dağılmıştır. Pancar örneklerinin yıkanmış ve yıkanmamış olması arasında anlamlı bir farklılık gösterilmemektedir ($t[10] = -0,929$; $p > 0,05$). Tablo 4.22 incelendiğinde kök örneklerinin varyansı homojen dağılmıştır. Kök örneklerinin yıkanmış ve yıkanmamış olması arasında anlamlı bir farklılık gösterilmemektedir ($t[10] =$

-0,486; $p > 0,05$). Toprak örneklerinin istasyonlara göre aralarında anlamlı bir farklılık vardır ($p < 0,05$).

4.2.8. Arsenik (As)

Çalışma alanındaki altı farklı istasyondan alınan 36 örnekte As konsantrasyonlarında standart hata, ortalama, maximum ve minimum miktarları tabloda verilmiştir (Tablo 4.23).

Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar arasında yıkanmış örnekler arasında en düşük As konsantrasyonu kök örneklerinin toplandığı istasyonlar ve Dağılgan, Hacılımezarlığı ve Kıraç Tepe istasyonlarından alınan pancar örneğinde $,000 \mu\text{gg}^{-1}$ değerindedir. Yıkanmış örnekler arasında en yüksek As konsantrasyonu Kilcan istasyonundan alınan yaprak örneğinde $3,36 \mu\text{gg}^{-1}$ değerinde gözlemlenmiştir (Tablo 4.23). Yıkanmamış örnekler arasında en düşük As konsantrasyonu Dağılgan ve Hacılımezarlığı istasyonundan alınan pancar örneğinde ve aynı zamanda istasyonlardan toplanan kök örneklerinde $,000 \mu\text{gg}^{-1}$ değerinde, en yüksek konsantrasyon Kilcan istasyonundan alınan yaprak örneğinde $3,67 \mu\text{gg}^{-1}$ değerindedir (Tablo 4.23).

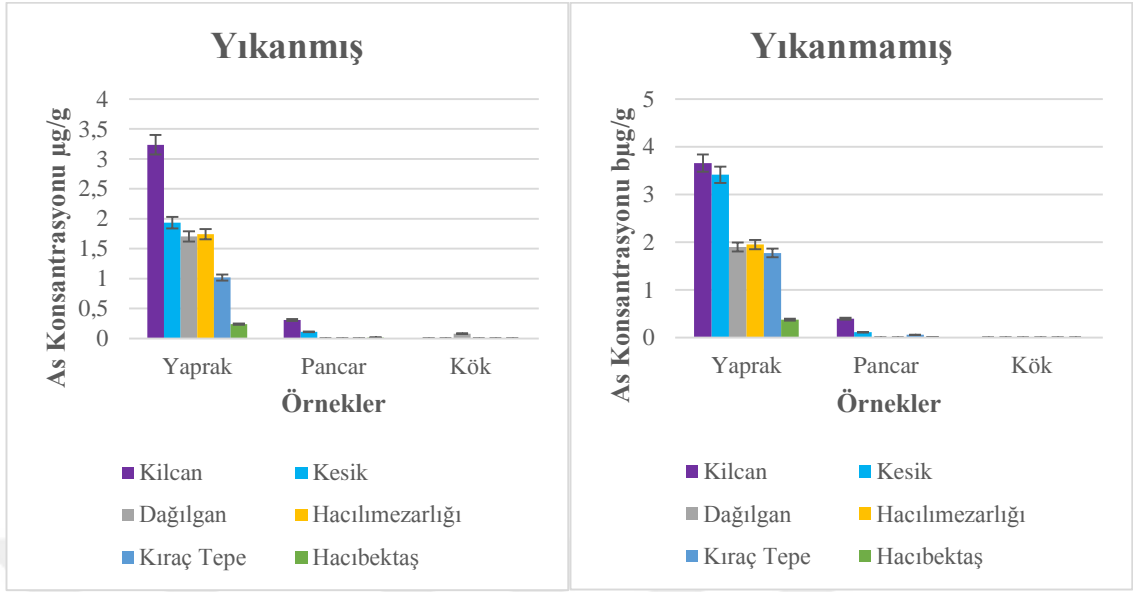
Tablo 4.23. Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan 36 pancar örneğine ait As konsantrasyonları (μgg^{-1})

| İstasyon | Bitki parçası | Yıkanmış örnek | Yıkanmış min/max değerleri | Yıkanmamış örnek | Yıkanmamış min/max değerleri |
|------------------------|---------------|----------------|----------------------------|------------------|------------------------------|
| Kilcan | | 3,23 ± 0,135 | 3,09 / 3,36 | 3,65 ± 0,016 | 3,63 / 3,67 |
| Kesik | | 1,93 ± 0,067 | 1,86 / 1,95 | 3,41 ± 0,015 | 3,39 / 3,43 |
| Dağılğan | | 1,70 ± 0,039 | 1,66 / 1,74 | 1,90 ± 0,008 | 1,89 / 1,90 |
| Hacılımezarlıği | Yaprak | 1,74 ± 0,025 | 1,71 / 1,76 | 1,95 ± 0,008 | 1,94 / 1,96 |
| Kıraç tepe | | 1,01 ± 0,012 | 1 / 1,03 | 1,77 ± 0,003 | 1,77 / 1,78 |
| Hacıbektaş | | 0,23 ± 0,014 | 0,22 / 0,25 | 0,37 ± 0,002 | ,37 / ,38 |
| Kilcan | | 0,30 ± 0,001 | ,30 / ,31 | 0,40±,000 | ,039/,042 |
| Kesik | | 0,10 ±0,000 | ,10 / ,10 | 0,11±,000 | ,11 / ,11 |
| Dağılğan | Pancar | 0,00±0,000 | ,00/,00 | 0,00±,000 | ,00/,00 |
| Hacılımezarlıği | | 0,00±0,000 | ,00/,00 | 0,00±,000 | ,00/,00 |
| Kıraç tepe | | 0,00±0,000 | ,00/,00 | 0,06±,000 | ,06 / ,06 |
| Hacıbektaş | | 0,01±0,000 | ,01 / ,01 | 0,01±,000 | ,01 / ,01 |
| Kilcan | | 0,00 ± 0,000 | ,00/,00 | 0,00±0,000 | ,00/,00 |
| Kesik | | 0,00 ± 0,000 | ,00/,00 | 0,004±0,000 | ,00/,00 |
| Dağılğan | Kök | 0,00 ± 0,000 | ,00/,00 | 0,00±0,000 | ,00/,00 |
| Hacılımezarlıği | | 0,00±0,000 | ,00/,00 | 0,00±0,000 | ,00/,00 |
| Kıraç tepe | | 0,00 ±0,000 | ,00/,00 | 0,00±0,000 | ,00/,00 |
| Hacıbektaş | | 0,00 ±0,000 | ,00/,00 | 0,00±0,000 | ,00/,00 |

İndependent T testine göre bitkilerin ağır metal seviyelerinin yıkanmış ve yıkanmamış olmasıyla ilişkisi yoktur ($p<0,05$).

Tablo 4.24. Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan toprak örneklerine ait As konsantrasyonları (μgg^{-1})

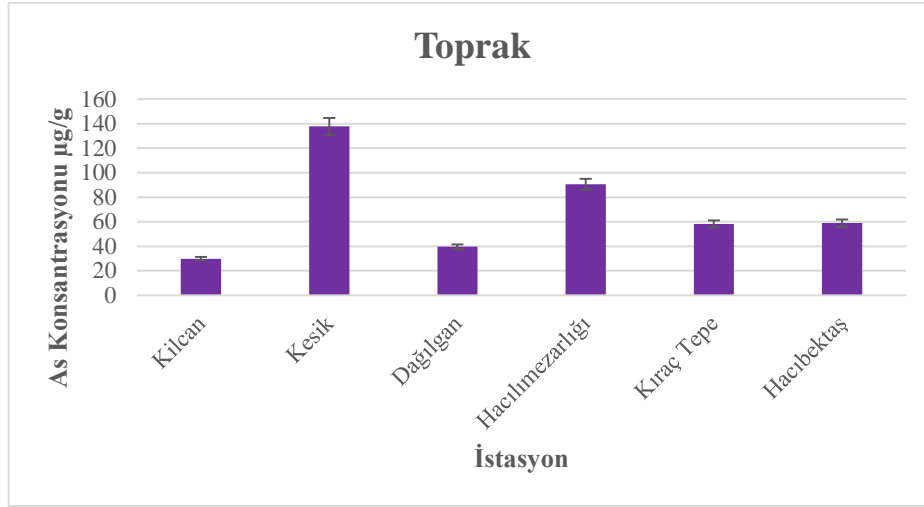
| İstasyon | Minimum | Maximum | Ortalama | Standart hata |
|------------------------|---------|---------|----------|---------------|
| Kilcan | 29,52 | 29,94 | 29,88 | 1,310 |
| Kesik | 137,14 | 138,37 | 137,78 | ,618 |
| Dağılğan | 39,10 | 39,99 | 39,56 | ,446 |
| Hacılımezarlıği | 90,15 | 90,96 | 90,57 | ,406 |
| Kıraç tepe | 57,86 | 58,38 | 58,13 | ,260 |
| Hacıbektaş | 58,59 | 59,12 | 58,86 | ,264 |



Şekil 4. 15. Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan 36 pancar örneğine ait As konsantrasyonları ($\mu\text{g g}^{-1}$)

Tablo 4.23 ve Şekil 4.15 incelendiğinde Kilcan, Kesik, Dağılgan, Hacılımezarlığı, Kıraç tepe ve Hacıbektaş istasyonlarında bulunan şeker pancarı yaprağı, pancarı, kökü ve toprağı As konsantrasyonlarını göstermektedir. Ölçüm sonucunda As için lokasyonlar arası anlamlı fark vardır. ($p < 0,05$). Yıkanmış ve yıkanmamış gruplar arasında fark olmadığı independet t testine göre tespit edilmiştir.

Toprak kontrol yönetmeliğindeki sınır değer ile toprak örneklerimizdeki As miktarını karşılaştırdığımızda sınır değerini aştığını söyleyebiliriz (Tablo 4.1). WHO'nun belirlediği sınır değerlerle bitki örneklerimizdeki As miktarlarını karşılaştırdığımızda As miktarının yıkanmış ve yıkanmamış her yaprak örneğinde sınır değerlerini aştığı görülmektedir. Diğer örneklerde Kilcan istasyonu hariç diğer istasyonlarda sınır değerini aşmamıştır.



Şekil 4.16. Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan toprak örneklerine ait As konsantrasyonları ($\mu\text{g g}^{-1}$)

İstasyonlardan toplanan toprak örneklerinde ağır metal miktarları değerlendirildiğinde (Tablo 4.24) genel olarak en yüksek değerler deney grupları arasında olan Kesik istasyonundan alınan toprak örneğinde, en düşük değerlerin ise yine deney gruplarından biri olarak değerlendirilen Kilcan istasyonundan alınan toprak örneğinde olduğu görülmektedir.

Tablo 4.25 Yaprak, pancar, kök ve toprak örnekleri için Independent T testi sonuçları

| As | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) |
|---------------|-------|-------|--------|--------|-----------------|
| Yaprak | 0,346 | 0,569 | -0,836 | 10 | 0,422 |
| | | | -0,836 | 9,665 | 0,423 |
| Pancar | 3,369 | 0,096 | 0,637 | 10 | 0,538 |
| | | | 0,637 | 6,240 | 0,547 |
| Kök | 5,638 | 0,039 | 0,946 | 10 | 0,367 |
| | | | 0,946 | 5,024 | 0,388 |
| Toprak | 8,781 | 0,009 | -0,509 | 16 | 0,617 |
| | | | -1,167 | 14,006 | 0,263 |

Tablo 4.25 incelendiğinde yaprak örneklerinin varyansı homojen dağılmamıştır. Yaprak örneklerinin yıkanmış ve yıkanmamış olması arasında anlamlı bir farklılık gösterilmemektedir ($t[10] = -0,836$; $p > 0,05$). Tablo 4.25 incelendiğinde pancar örneklerinin varyansı homojen dağılmıştır. Pancar örneklerinin yıkanmış ve yıkanmamış olması arasında anlamlı bir farklılık gösterilmemektedir ($t[10] = 0,637$; $p > 0,05$). Tablo 4.25 incelendiğinde kök örneklerinin varyansı homojen dağılmamıştır. Kök örneklerinin yıkanmış ve yıkanmamış olması arasında anlamlı bir farklılık gösterilmemektedir.

($t[5,024]=,946$; $p > 0,05$). Toprak örneklerinin istasyonlara göre aralarında anlamlı bir farklılık yoktur ($p>0,05$).

4.2.9. Kadmiyum (Cd)

Çalışma alanındaki altı farklı istasyondan alınan 36 örnekte Cd konsantrasyonlarında standart hata, ortalama, maximum ve minimum miktarları tabloda verilmiştir (Tablo 4.26).

Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar arasında yıkanmış örnekler arasında en düşük Cd konsantrasyonu Dağılgan istasyonlarından alınan pancar örneğinde $,00 \mu\text{gg}^{-1}$ değerindedir. Yıkanmış örnekler arasında en yüksek Cd konsantrasyonu Kilcan istasyonundan alınan yaprak örneğinde, $32 \mu\text{gg}^{-1}$ değerinde gözlemlenmiştir. (Tablo 4.26). Yıkanmamış örnekler arasında en düşük Cd konsantrasyonu Hacılımezarlığı istasyonundan alınan yaprak örneğinde $,03 \mu\text{gg}^{-1}$ değerinde, en yüksek konsantrasyon Kilcan istasyonundan alınan yaprak örneğinde $,45 \mu\text{gg}^{-1}$ değerindedir (Tablo 4.26).

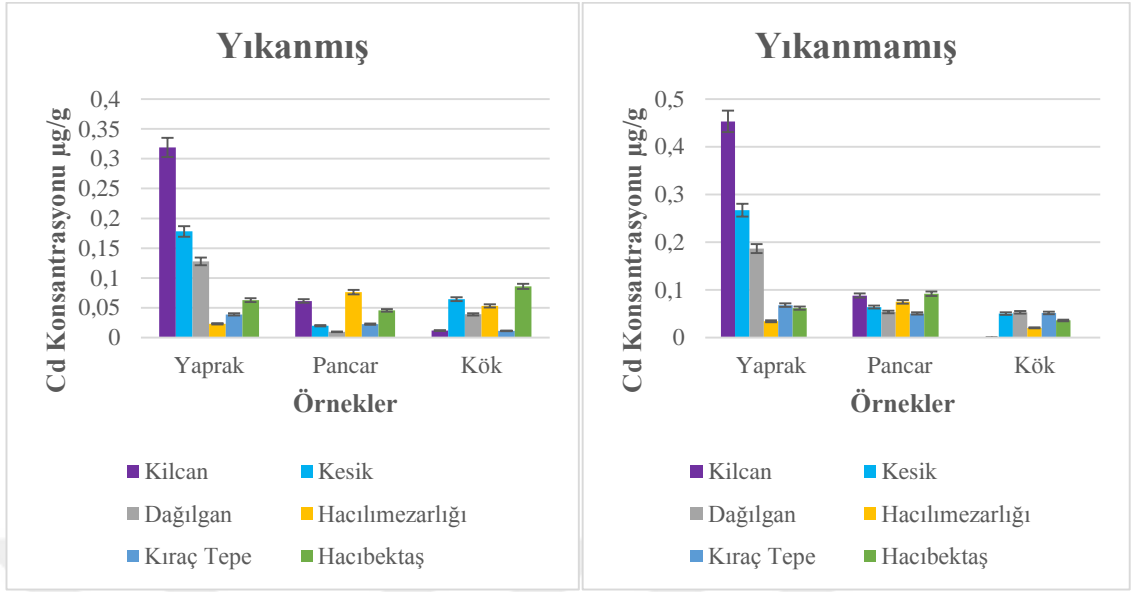
Tablo 4.26. Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan 36 pancar örneğine ait Cd konsantrasyonları (μgg^{-1})

| İstasyon | Bitki parçası | Yıkanmış örnek | Yıkanmış min/max değerleri | Yıkanmamış örnek | Yıkanmamış min/max değerleri |
|-----------------|---------------|----------------|----------------------------|------------------|------------------------------|
| Kilcan | | 0,31 ± 0,001 | ,31/,32 | 0,45 ± 0,000 | ,45 / ,45 |
| Kesik | | 0,17 ± 0,000 | ,17 / ,18 | 0,26 ± 0,000 | ,26 / ,26 |
| Dağılgan | | 0,12 ± 0,000 | ,12 / ,13 | 0,18 ± 0,000 | ,18 / ,18 |
| Hacılımezarlığı | Yaprak | 0,02 ± 0,000 | ,02 / ,02 | 0,03 ± 0,000 | ,03 / ,03 |
| Kıraç tepe | | 0,03 ± 0,000 | ,03 / ,03 | 0,06± 0,000 | ,06/,06 |
| Hacıbektaş | | 0,06 ± 0,000 | ,06 / ,06 | 0,06 ± 0,000 | ,06/,06 |
| Kilcan | | 0,06 ± 0,000 | ,06/,06 | 0,08 ± 0,000 | ,028 / ,08 |
| Kesik | | 0,01 ± 0,000 | ,01/,02 | 0,04 ± 0,000 | ,04 / ,04 |
| Dağılgan | Pancar | 0,00 ± 0,000 | ,00/,01 | 0,05 ± 0,000 | ,05 / ,05 |
| Hacılımezarlığı | | 0,07 ± 0,000 | ,07 / ,07 | 0,08 ± 0,000 | ,08 / ,08 |
| Kıraç tepe | | 0,02 ± 0,000 | ,02 / ,02 | 0,04± 0,000 | ,04 / ,04 |
| Hacıbektaş | | 0,04 ± 0,000 | ,04 / ,04 | 0,05 ± 0,000 | ,05 / ,05 |
| Kilcan | | 0,01 ± 0,000 | ,01/ ,01 | 0,01±0,000 | ,01/,01 |
| Kesik | | 0,06 ± 0,000 | ,06 / ,06 | 0,06 ± 0,000 | ,06 / ,06 |
| Dağılgan | Kök | 0,03± 0,000 | ,03/,04 | 0,05 ± 0,000 | ,05 / ,05 |
| Hacılımezarlığı | | 0,05 ± 0,000 | ,05 / ,05 | 0,07 ± 0,000 | ,07 / ,07 |
| Kıraç tepe | | 0,01 ± 0,000 | ,01/,01 | 0,05 ± 0,000 | ,05 / ,05 |
| Hacıbektaş | | 0,08 ± 0,000 | ,08/,08 | 0,09 ± 0,000 | ,09 / ,09 |

İndependent T testine göre bitkilerin ağır metal seviyelerinin yıkanmış ve yıkanmamış olmasıyla ilişkisi yoktur ($p<0,05$).

Tablo 4.27. Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan toprak örneklerine ait Cd konsantrasyonları (μgg^{-1})

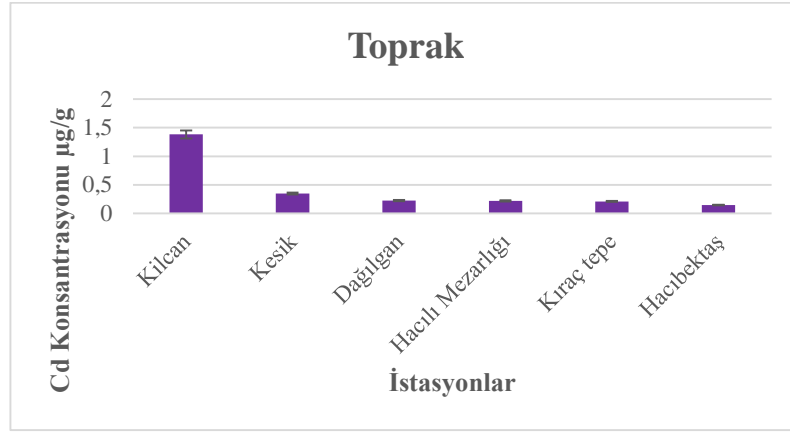
| İstasyon | Minimum | Maximum | Ortalama | Standart hata |
|-----------------|---------|---------|----------|---------------|
| Kilcan | 1,38 | 1,39 | 1,38 | ,006 |
| Kesik | ,34 | ,35 | ,34 | ,001 |
| Dağılgan | ,22 | ,22 | ,22 | ,001 |
| Hacılımezarlığı | ,22 | ,22 | ,22 | ,00099 |
| Kıraç tepe | ,21 | ,21 | ,21 | ,00095 |
| Hacıbektaş | ,14 | ,14 | ,14 | ,00066 |



Şekil 4.17 Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan 36 pancar örneğine ait Cd konsantrasyonları ($\mu\text{g g}^{-1}$)

Tablo 4.26 ve Şekil 4.17 incelendiğinde Kilcan, Kesik, Dağılğan, Hacılımezarlığı, Kıraç tepe ve Hacıbektaş istasyonlarında bulunan şeker pancarı yaprağı, pancarı, kökü ve toprağı Cd konsantrasyonlarını göstermektedir. Ölçüm sonucunda Cd için lokasyonlar arası anlamlı fark vardır. ($p < 0,05$). Yaprak ve pancar örneklerinde yıkanmış ve yıkanmamış gruplar arasında fark olmadığı independent t testine göre tespit edilmiştir. Kök örneklerinde ise yıkanmış ve yıkanmamış örnekler arasında anlamlı fark vardır.

Toprak kontrol yönetmeliğindeki sınır değer verilerine göre, örneklerimizi karşılaştırdığımızda topraklardaki Cd miktarının sınır değerini aşmadığını söyleyebiliriz. (Tablo 4.1). WHO'ya göre sınır değer ile örneklerimiz arasındaki Cd miktarlarını karşılaştırdığımızda Cd miktarının sınır değerlerini aşmadığı görülmektedir.



Şekil 4.18. Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan toprak örneklerine ait Cd konsantrasyonları ($\mu\text{g g}^{-1}$)

İstasyonlardaki toprak örneklerinde ağır metal miktarları değerlendirilmeye alındığında (Tablo 4.27) genel olarak en yüksek değerlerin deney grubu olan Kilcan istasyonundan alınan toprak örneğinde, en düşük değerlerin ise yine deney gruplarından biri olarak değerlendirilen Hacıbektaş istasyonundan alınan toprak örneğinde olduğu görülmektedir.

Tablo 4.28. Yaprak, pancar, kök ve toprak örnekleri için Independent T testi sonuçları

| Cd | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) |
|---------------|-------|-------|--------|--------|-----------------|
| Yaprak | 0,840 | 0,381 | -0,670 | 10 | 0,518 |
| | | | -0,670 | 8,888 | 0,520 |
| Pancar | 1,714 | 0,220 | -0,857 | 10 | 0,411 |
| | | | -0,857 | 9,165 | 0,413 |
| Kök | 0,113 | 0,743 | -0,524 | 10 | 0,612 |
| | | | -0,524 | 9,958 | 0,612 |
| Toprak | 4,575 | 0,048 | -1,188 | 16 | 0,252 |
| | | | -2,721 | 14,000 | 0,017 |

Tablo 4.28 incelendiğinde yaprak örneklerinin varyansı homojen dağılmamıştır. Yaprak örneklerinin yıkanmış ve yıkanmamış olması arasında anlamlı bir farklılık gösterilmemektedir ($t[10] = -0,670$; $p > 0,05$). Tablo 4.28 incelendiğinde pancar örneklerinin varyansı homojen dağılmamıştır. Pancar örneklerinin yıkanmış ve yıkanmamış olması arasında anlamlı bir farklılık gösterilmemektedir ($t[10] = -0,857$; $p > 0,05$). Tablo 4.28 incelendiğinde kök örneklerinin varyansı homojen dağılmıştır. Kök örneklerinin yıkanmış ve yıkanmamış olması arasında anlamlı bir farklılık gösterilmemektedir ($t[10] = -0,524$; $p > 0,05$). Toprak örneklerinin istasyonlara göre aralarında anlamlı bir farklılık vardır ($p < 0,05$).

4.2.10. Kurşun (Pb)

Çalışma alanındaki altı farklı istasyondan alınan 36 örnekte Pb konsantrasyonlarında standart hata, ortalama, maximum ve minimum miktarları tabloda verilmiştir (Tablo 4.29).

Çalışmamızda elde ettiğimiz verilerde, yıkanmış örnekler arasında en düşük Pb konsantrasyonu Kesik istasyonlarından alınan pancar örneğinde $,08 \mu\text{gg}^{-1}$ değerindedir. Yıkanmış örnekler arasında en yüksek Pb konsantrasyonu Kilcan istasyonundan alınan yaprak örneğinde $1,57 \mu\text{gg}^{-1}$ değerinde gözlemlenmiştir (Tablo 4.29). Yıkanmamış örnekler arasında en düşük Pb konsantrasyonu Kesik istasyonundan alınan kök örneğinde $,14 \mu\text{gg}^{-1}$ değerinde, en yüksek konsantrasyon Kesik istasyonundan alınan yaprak örneğinde $1,85 \mu\text{gg}^{-1}$ değerindedir (Tablo 4.29).

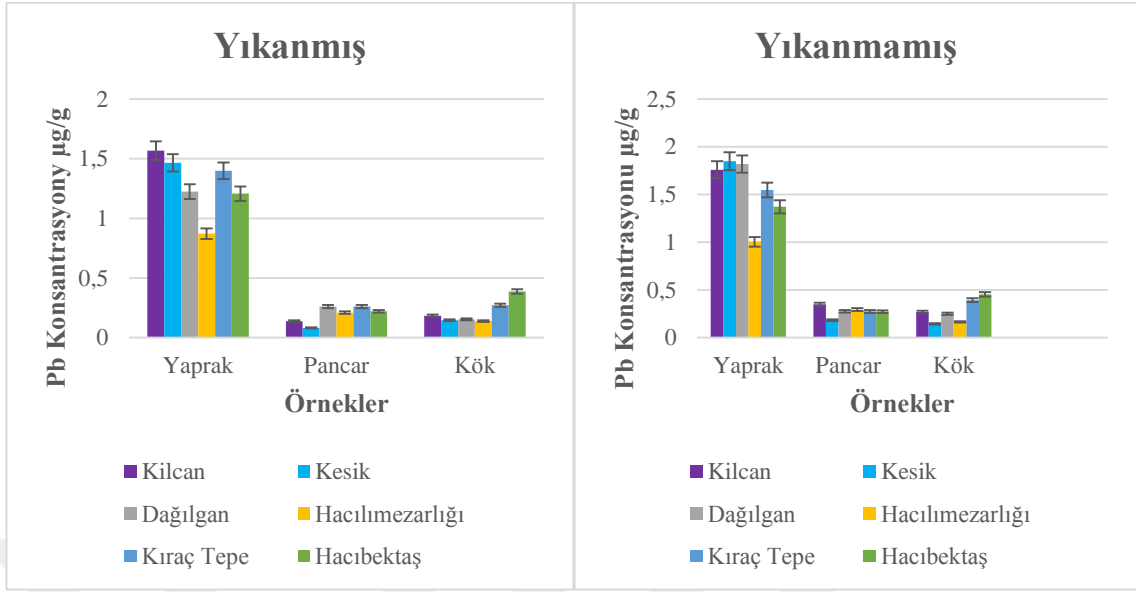
Tablo 4.29. Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan 36 pancar örneğine ait Pb konsantrasyonları (μgg^{-1})

| İstasyon | Bitki parçası | Yıkanmış örnek | Yıkanmış min/max değerleri | Yıkanmamış örnek | Yıkanmamış min/max değerleri |
|-----------------|---------------|----------------|----------------------------|------------------|------------------------------|
| Kilcan | | 1,56 ± 0,007 | 1,56 / 1,57 | 1,75 ± 0,003 | 1,75 / 1,76 |
| Kesik | | 1,46 ± 0,006 | 1,45 / 1,47 | 1,84 ± 0,003 | 1,84 / 1,85 |
| Dağılgan | | 1,22 ± 0,005 | 1,21 / 1,22 | 1,81 ± 0,003 | 1,81 / 1,82 |
| Hacılımezarlığı | Yaprak | 0,87 ± 0,003 | ,867 / ,875 | 1,00 ± 0,004 | 1,00/1,00 |
| Kıraç tepe | | 1,39 ± 0,006 | 1,39 / 1,40 | 1,54 ± 0,002 | 1,54 / 1,55 |
| Hacibektaş | | 1,20 ± 0,005 | 1,20 / 1,21 | 1,37 ± 0,001 | 1,37 / 1,37 |
| Kilcan | | 0,13 ± 0,000 | ,136 / ,138 | 0,34 ± 0,001 | ,34 / ,35 |
| Kesik | | 0,08 ± 0,000 | ,08 / ,08 | 0,18 ± 0,000 | ,18 / ,18 |
| Dağılgan | | 0,26 ± 0,001 | ,25 / ,02 | 0,27 ± 0,001 | ,27 / ,28 |
| Hacılımezarlığı | Pancar | 0,21 ± 0,000 | ,20 / ,21 | 0,29 ± 0,001 | ,29 / ,29 |
| Kıraç tepe | | 0,26 ± 0,001 | ,26 / ,26 | 0,27 ± 0,001 | ,27 / ,27 |
| Hacibektaş | | 0,22 ± 0,000 | ,22 / ,22 | 0,27 ± 0,000 | ,27 / ,27 |
| Kilcan | | 0,18 ± 0,000 | ,18 / ,18 | 0,26 ± 0,001 | ,26 / ,26 |
| Kesik | | 0,14 ± 0,000 | ,14 / ,14 | 0,14 ± 0,000 | ,14 / ,16 |
| Dağılgan | | 0,15 ± 0,000 | ,15 / ,155 | 0,25 ± 0,001 | ,24 / ,25 |
| Hacılımezarlığı | Kök | 0,13 ± 0,000 | ,13 / ,14 | 0,16 ± 0,000 | ,16 / ,16 |
| Kıraç tepe | | 0,27 ± 0,001 | ,27 / ,27 | 0,39 ± 0,001 | ,39 / ,39 |
| Hacibektaş | | 0,38 ± 0,001 | ,38 / ,38 | 0,45 ± 0,000 | ,45 / ,45 |

İndependent T testine göre bitkilerin ağır metal seviyelerinin yıkanmış ve yıkanmamış olmasıyla ilişkisi yoktur ($p < 0,05$).

Tablo 4.30. Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan toprak örneklerine ait Pb konsantrasyonları (μgg^{-1})

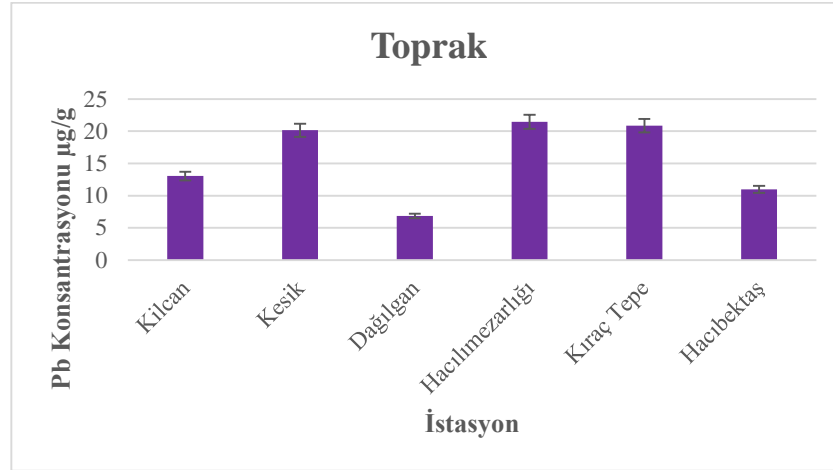
| İstasyon | | Minimum | Maximum | Ortalama | Standart hata |
|-----------------|--------|---------|---------|----------|---------------|
| Kilcan | | 12,98 | 13,09 | 13,04 | ,058 |
| Kesik | | 20,06 | 20,24 | 20,15 | ,090 |
| Dağılgan | Toprak | 6,72 | 6,96 | 6,84 | ,120 |
| Hacılımezarlığı | | 21,36 | 21,55 | 21,46 | ,096 |
| Kıraç tepe | | 20,75 | 20,94 | 20,85 | ,093 |
| Hacibektaş | | 10,93 | 11,03 | 10,98 | ,049 |



Şekil 4.19. Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan 36 pancar örneğine ait Pb konsantrasyonları ($\mu\text{g g}^{-1}$)

Tablo 4.29 ve Şekil 4.19 incelendiğinde Kilcan, Kesik, Dağılgan, Hacılımezarlığı, Kıraç tepe ve Hacıbektaş istasyonlarında bulunan şeker pancarı yaprağı, pancarı, kökü ve toprağı Pb konsantrasyonlarını göstermektedir. Ölçüm sonucunda Pb için lokasyonlar arası anlamlı fark vardır ($p < 0,05$). Örneklerde yaprak örneği hariç yıkanmış ve yıkanmamış gruplar arasında fark olmadığı independet t testine göre tespit edilmiştir.

Toprak kontrol yönetmeliğinin belirlemiş olduğu sınır değer ile, toprak örneklerimizdeki kıyasladığımızda Pb miktarının sınır değerini aşmadığını söyleyebiliriz (Tablo 4.1). WHO'nun sınır değerine göre örneklerimizdeki Pb miktarlarını karşılaştırdığımızda Pb miktarının sınır değerlerini aşmadığı görülmektedir.



Şekil 4.20. Araştırmada altı farklı istasyondan toplanan toprak örneklerine ait Pb konsantrasyonları ($\mu\text{g g}^{-1}$)

İstasyonlardan toplanan toprak örnekleri değerlendirildiğinde (Tablo 4.30) en yüksek değer Hacılımezarlığı istasyonundan alınan toprak örneğinde, en düşük değer ise kontrol grubumuz olan Dağılgan istasyonundan alınan toprak örneğinde olduğu görülmektedir.

Tablo 4.31. Yaprak, pancar, kök ve toprak örnekleri için Independent T testi sonuçları

| Pb | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) |
|---------------|-------|-------|--------|--------|-----------------|
| Yaprak | 0,458 | 0,514 | -1,610 | 10 | 0,138 |
| | | | -1,610 | 9,319 | 0,141 |
| Pancar | 1,413 | 0,262 | -2,168 | 10 | 0,055 |
| | | | -2,168 | 9,217 | 0,058 |
| Kök | 0,348 | 0,569 | -1,019 | 10 | 0,332 |
| | | | -1,019 | 9,509 | 0,333 |
| Toprak | 2,551 | 0,130 | -3,515 | 16 | 0,003 |
| | | | -8,052 | 14,016 | 0,000 |

Tablo 4.31 incelendiğinde yaprak örneklerinin varyansı homojen dağılmıştır. Yaprak örneklerinin yıkanmış ve yıkanmamış olması arasında anlamlı bir farklılık gösterilmemektedir ($t[10] = -1,610$; $p > 0,05$). Tablo 4.31 incelendiğinde pancar örneklerinin varyansı homojen dağılmıştır. Pancar örneklerinin yıkanmış ve yıkanmamış olması arasında anlamlı bir farklılık gösterilmemektedir ($t[10] = -2,168$; $p > 0,05$). Tablo 4.31 incelendiğinde kök örneklerinin varyansı homojen dağılmıştır. Kök örneklerinin yıkanmış ve yıkanmamış olması arasında anlamlı bir farklılık gösterilmemektedir ($t[10] = -1,019$; $p > 0,05$). Toprak örneklerinin istasyonlara göre aralarında anlamlı bir farklılık yoktur ($p > 0,05$).

4. BÖLÜM

TARTIŞMA, SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Ağır metal kirliliği son yıllarda artan sanayileşme faaliyetleri ile birlikte trafik yoğunluğu ve dikkatsiz gübre kullanımının giderek artmasına bağlı olarak, tarım topraklarından bitkilere bulaşan ağır metal seviyelerinde de ciddi artışlar meydana gelmiştir. Topraktaki ağır metal kirliliğinin artması insan faaliyetlerinin yanı sıra toprak yapısından veya yer altı suyuna farklı yollarla bulaşan metallere de doğal olarak kirlilik göstermektedir.

Tarım alanlarında artan metal kirliliği hem toprağın yapısını bozmakta hem de yetişen bitkilerin verimini ve aynı zamanda da kalitesini düşürmektedir. Ağır metallerin toprakta birikmesi, toprak verimliliğini ve bitki kalitesini azaltmakla kalmayıp, bitkilerde fotosentezi, solunumu, su alımını ve taşınımını, protein sentezini, büyüme ve gelişim gibi birçok yaşamsal faaliyetlerini olumsuz etkilemesi ile birlikte bitki sağlığını da bozmaktadır [78]. Bunların yanında en büyük etkisi ise bu bitkilerin insanlar tarafından tüketilmesi ve bunları takip eden sağlık problemlerine neden olmalarıdır [79].

Ağır metaller besin zinciri yolu ile insan vücuduna girebilmektedir. Ağır metallere iz elementler insan metabolik faaliyetleri için gerekli iken, toksik metallerin fazlası vücutta birikerek zararlı etki göstermektedir. Örneğin arsenik; karaciğer büyümesine, kansızlığa deride lezyonlara, yüksek miktarı ise kemik ve solunum sistemi kanserine yol açmaktadır. Arsenik gibi birçok metalin vücutta birikimi metalin türüne bağlı olarak kusma, sarılık, halsizlik, kemik erimesi, kanser, sinir sistemi bozuklukları gibi birçok olumsuz etkileri görülmektedir [80].

Çalışmamızda; Kayseri Yeşilhisar bölgesinde yetişen şeker pancarı bitkisinden sonbahar döneminde örnekler toplanmıştır. Bu örneklerde Cu, Mn, Zn, Ni, Cr, Pb, As, Fe, Cd ve Co miktarları saptanmıştır.

Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçları değerlendirmeye aldığımızda;

Topladığımız örnek parçaların içerisinde, istasyonlar arasında en yüksek ağır metal miktarı deney gruplarından biri olan Kilcan istasyonunda, en düşük değerler ise kontrol grubumuz olan Dağılgan istasyonunda tespit edilmiştir ($p < 0.05$).

WHO'nun belirlediği ağır metal sınır değerleriyle (Cu, Mn, Zn, Ni, Cr, Pb, As, Fe, Cd ve Co) bitki parçalarımızın ağır metal miktarını kıyasladığımızda Cd ve Pb harici diğer ağır metallerin sınır değerini aştığı görülmektedir. Yaprak örneklerinin çoğunda ağır metal varlığı yüksek oranda tespit edilmiştir. Genel bitki bölümlerinde ki sonuçlar çoğunlukla WHO'ya göre sınır değerlerin üzerinde olduğu görülmüştür .

Şeker pancarında ağır metal konsantrasyonları üzerine yapılan çalışmalar şu şekildedir; Şatana, Hayrabolu'da şeker pancarı üzerine yaptığı çalışmada Co ve Cr ağır metal analizinde; “Co 0,944 mg/kg ve Cr 0,067 mg/kg olduğunu” belirtmiştir [81]. Bizim çalışmamıza göre karşılaştığımızda Co konsantrasyonu Kesik istasyonundaki verilerine göre düşük iken, diğer istasyonlarda bu oran yüksektir. Cr konsantrasyonu her istasyonda yüksek çıkmıştır.

Singh ve Agrawal'ın yaptığı çalışmada, “atık sularla sulanan şeker pancarında Cd, Pb ve Ni konsantrasyonlarının sınır değerini aştığını” belirtmiştir [82]. Konsantrasyonlarda kök kısmında en yüksek Zn ve en düşük Cd iken sürgününde Mn konsantrasyonu yüksek ve Cd konsantrasyonunun en düşük olduğunu belirtilmiştir. Pancarda Cd 4,75 – 6,16 μgg^{-1} , Cu 20,28 – 25,10 μgg^{-1} , Pb 25,50 – 30,33 μgg^{-1} , Zn 53,02 – 56,73 μgg^{-1} , Ni 21,32 – 33,28 μgg^{-1} , ve Cr 6,03 – 8,56 μgg^{-1} konsantrasyonları tespit edilmiştir. Bizim çalışmamıza göre Cr, Ni, Cu, Zn ve Cd konsantrasyon verileri Singh ve Agrawal (2012)'in çalışmasının sonuçlarına göre düşüktür.

Önal, kanalizasyon suyunun sulama suyu olarak kullanıldığı şeker pancarının, ekimi yapıldığı toprak, kök ve yapraklarında ağır metal analizlerinde “Zn, Cu, Pb, Ni ve Cd seviyeleri sınır değerini aşmıştır, ancar Cr değerinin sınırı geçmediği” belirtilmiştir [83]. Yaptığımız çalışmaya göre Cd ve Pb sınır değeri aşmamıştır. Yani Önal'ın çalışmasının sonucuna göre paralellik göstermemektedir. Cr, Zn, Cu ve Ni değerleri bizim verilerde de sınır değeri aşmıştır.

Singh ve Agrawal'ın çalışmasında, sulama sularına katılan kanalizasyon suyu ile şeker pancarı bitkisinin sulanmasıyla “Ni, Cd, Cu, Cr, Pb ve Zn konsantrasyonlarının sınır değerini aştığı ama Cd, Ni ve Zn konsantrasyonlarının sınır değerinin çok fazla üstünde olduğu saptanmıştır”[84].

Singh ve arkadaşları, farklı konsantrasyonlarda atık kül verdiği şeker pancarına “Cr, Zn, Cu, Pb, Ni ve Cd ağır metalinin bitkide alımını arttırdığını belirtmişlerdir” [85].

Yılmaz ve Temizgül, şeker pancarı sulama suyuna, kanalizasyon suyunu belli oranlarda katılarak sulama yapılmıştır. “Pancarda Ni, Cu, Pb ve Cd konsantrasyonlarının %25 oranında, Cr ve Zn %50 ‘lik dozunda yüksek olarak belirlenmiştir” [86].

İstasyonlardan topladığımız toprak örneklerindeki ağır meta varlığı (Tablo 4.17) genel olarak en yüksek değerler deney grubumuzdan biri olan Kilcan istasyonundan alınan toprak örneğinde, en düşük değerlerin ise kontrol grubu olan Dağılgan istasyonundan alınan toprak örneğinde olduğu görülmektedir ($p < 0,05$).

Toprak kontrol yönetmeliğinin belirlemiş olduğu sınır değer ile istasyonlardan aldığımız toprak örneklerini kıyasladığımızda toprak örneklerimizde Cu, Zn, Cd ve Pb ağır metaller açısından sınır değerlerini aşmadığı (Tablo 4.1), diğer ağır metallerin ise değerlerini aştığı görülmektedir.

Şeker pancarında Cd sonuçları incelendiğinde $0,14 - 1,98 \mu\text{gg}^{-1}$ arasında olduğu tespit edilmiştir. Cd kirliliği en çok Kilcan istasyonunda olduğu belirlenmiştir. Toprak kontrol yönetmeliği’nin belirlediği sınır değere göre Pb konsantrasyonu sınır değeri geçmemektedir.

Şeker pancarının yetiştiği tarım topraklarında yapılan literatür çalışmalarında, Cd konsantrasyon çalışmaları şu şekilde kayıtlara geçmiştir; $0,024 - 0,063 \text{ ppm}$ [45], $0,55 - 8,85 \text{ ppm}$ [86], $0,6 - 2,3 \text{ ppm}$ [88] $25,58-4,26 \text{ ppm}$ [87] , $1,3 \text{ ppm}$ [84], $0,30$ [83], $5,62 \text{ ppm}$ [81], ve $4,1 \text{ ppm}$ [89]. Çalışmamızda Cd değeri $0,14 - 1,38 \text{ ppm}$ değerleri arasında Kumar Sharma ve ark. [87], Önal [83] ve Sharma ve ark. [89] ‘nın yaptığı çalışma ile uyumluluk gösterirken diğer literatür çalışmalarından daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Şeker pancarında Pb sonuçları incelendiğinde $6,96 - 21,55 \mu\text{gg}^{-1}$ arasında olduğu tespit edilmiştir. Pb kirliliği en çok Dağılgan istasyonunda tespit edilmiştir. Sebebi kontrolsüz gübre kullanımı olmak üzere diğer etkenler gelmektedir. WHO’ya göre Pb konsantrasyonu sınır değeri geçmemektedir.

Şeker pancarının yetiştiği tarım topraklarında Pb konsantrasyonu literatür çalışmalarında gözlenen sonuçlar ise şu şekildedir; $0,804 - 2,632 \text{ ppm}$ [45], $0,46 - 44,50 \text{ ppm}$ [86], $2,9 - 10,3 \text{ ppm}$ [88], $196,91 - 8,13 \text{ ppm}$ [87], $10,8 \text{ ppm}$ [83], $02,50 \text{ ppm}$ [84], $25,33 \text{ ppm}$ [81], $2- 51,78 \text{ ppm}$ [89]. Çalışmamız Yılmaz ve Temizgül [86], Kumar Sharma ve ark. [87], Chopra ve Pathak [88], Singh [85], ve Sun ve ark. [90]’ nin yaptıkları çalışmalarla benzerlik gösterirken diğer çalışmalara göre yüksek çıkmıştır.

Demir sonuçlarını incelediğimizde en yüksek değer deney gurubu olan Kilcan istasyonunda ve en düşük konsantrasyon Dağılgan istasyonundadır. Sırasıyla 5671,06-1055,93 μgg^{-1} olarak tespit edilmiştir. Toprak kontrol yönetmeliğine göre Fe düzeyi yüksek çıkmıştır.

Yapılan literatür çalışmalarında toprakta gözlenen demir değerleri şöyledir; 5,12- 16,96 ppm [45], 27,60 ppm [84], Çalışmamız yaptıkları çalışmalarla benzerlik göstermemektedir.

Şeker pancarında Ni sonuçları incelendiğinde 32,99 –408,66 μgg^{-1} arasında olduğu tespit edilmiştir. Ni kirliliği en çok deney grubu olan Kilcan istasyonunda tespit edilmiştir. Sebebi kontrolsüz gübre kullanımı olmak üzere diğer etkenler gelmektedir. WHO ‘ya göre Ni konsantrasyonu sınır değerini geçmektedir.

Şeker pancarının yetiştiği tarım topraklarında Ni konsantrasyonu literatür çalışmalarında gözlenen sonuçlar ise şu şekildedir; 0,060 – 1,250 ppm [45], 2,00 – 34,45 ppm [86], 14,2 ppm [81], 8,50 ppm [84], ve 125,48 – 5,97 ppm [87]. Çalışmamız Kumar Sharma ve ark [87]’nin yaptığı çalışma ile benzerlik ,gösterirken diğer çalışmalara göre yüksek çıkmıştır.

Zn kirliliği en çok deney grubu olan Kilcan istasyonunda tespit edilmiştir. Sebebi kontrolsüz gübre kullanımı olmak üzere diğer etkenler gelmektedir. WHO‘ya göre Zn konsantrasyonu sınır değerinden düşüktür.

Şeker pancarının yetiştiği tarım topraklarında Zn konsantrasyonu literatür çalışmalarında verilen sonuçlar ise şu şekildedir; 0,32 – 5,52 ppm [45], 14,23 – 387,78 ppm [86], 83 – 133 ppm [88] , 305,94 – 14,30 ppm [87], 42,3 ppm [83], 13,45 ppm [84], 28,45 ppm [81] ve 104,67 ppm [89]. Çalışmamızda Zn değeri 50,72 – 98,88 ppm değerleri arasında Kumar Sharma ve ark. [87], Chopra ve Pathak [88] ve Sharma ve ark. [89]’ nin yaptığı çalışma sonuçları ile uyumlu iken diğer literatür çalışmalarında bu değerlerin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Cr bakımından şeker pancarı örneklerinin ağır metal kirlenmesi en çok deney gruplarından biri olan Kilcan istasyonunda tespit edilmiştir. Toprak kontrol yönetmeliğine göre Cr konsantrasyonu sınır değerini geçmektedir.

Şeker pancarının yetiştiği tarım topraklarında Cr konsantrasyonu literatür çalışmalarında gözlenen sonuçlar ise şu şekildedir; 13,46 – 679,89 ppm [86],93,06 – 3,5 ppm [87] , 17,6

ppm [83], 16,00 ppm [81], 54,87 ppm [84]. Çalışmamızda Cr değeri 69,01- 401,68 ppm değerleri arasında Kumar Sharma ve ark.[87] ve Chopra ve Pathak [88]' nın yaptığı çalışmanın sonuçları ile uyumlu iken diğer literatür çalışmalarındaki verilerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Şeker pancarının yetiştiği tarım topraklarında Cu konsantrasyonu literatür çalışmalarında saptanan veriler ise şu şekildedir; 0,71 – 3,39 ppm [45], 2,55 – 203,45 ppm [86], 9,8 – 19,3 ppm [88], 36,75 – 6,19 ppm [87], 19,6 ppm [83], 8,80 ppm [84], 16,43 ppm [81], ve 49,06 ppm [89]. Çalışmamızda Cu değeri 8,815 – 42,99 ppm değerleri arasında Sharma ve ark. [89] ve Chopra ve Pathak [88]' nın yaptığı çalışmanın sonuçları ile uyumlu iken diğer literatür çalışmalarındaki verilere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Şeker pancarının yetiştiği tarım topraklarında Mn konsantrasyonu literatür çalışmalarında gözlenen sonuçlar ise şu şekildedir; 2,70 – 13,18 ppm [45], 0,36 – 339,36 ppm [86], 149,7 ppm [83],ve 546,65 ppm [81]. Çalışmamızda Mn değeri 336,02 – 1010,78 ppm değerleri arasında Kumar Sharma ve ark. [87]' nın yaptığı çalışma verileri ile uyumlu iken diğer literatür çalışmalarındaki verilere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Şeker pancarında Zn sonuçları incelendiğinde 50,72– 98,88 μgg^{-1} arasında olduğu tespit edilmiştir. Zn kirliliği en çok deney grubu olan Kilcan istasyonunda tespit edilmiştir. WHO 'ya göre Zn konsantrasyonu sınır değerini geçmemektedir.

Sonuç olarak Kayseri'nin Yeşilhisar ilçesinde yetiştirilen şeker pancarının ağır metalden yoksun olmadığı ancak bazı metaller için sınır değerler dahilinde kabul edilebilir olduğu belirlenmiştir. Yaptığımız çalışma ve literatüre göre istasyonun neresi olduğu fark etmeksizin ağır metal birikimi bitkiler için oldukça fazladır. Çalışmamızda örneklerin yıkanmış olması ağır metal konsantrasyonunun bitkideki varlığına azda olsa etki etmektedir. Tarım topraklarına, ülkemizde atık sularla sulama yapılmasının önüne geçilmeli ve gerekli önlemler alınmalıdır. Toprağın bizler için ne kadar önemli olduğu her platformda vurgulanmalı ve kirlilik en aza indirgenmelidir. Verimi ve kalitesi yüksek tohumların üretimi artırılarak zirai ilaç kullanımına bağlılık azaltılmalıdır. Ülkenin ve dünyanın her yerinde bu tür çalışmalar artırılarak toprak kirliliği belirlenmeli ve buna uygun toprak bakım prosedürleri geliştirilmelidir. Yoğun kirliliğin olduğu topraklara fitoremediasyon yöntemlerinden uygun olan yöntem belirlenerek, gerekli işlemler gerçekleştirilmelidir. Bir tek şeker pancarı değil birçok bitki günümüzde yoğun miktarda hem havadan hem topraktan hem de sudan ağır metale maruz kalmaktadır. Sonuç olarak

şeker pancarı üzerine yapılan uygulamalar yetkili kurumlarca düzenlenmeli, gübre, pestisit ve herbisit türevli zirai ilaçların kullanımı denetlenmelidir. Böylece bitkideki kirlilik ve verimde azalma en aza indirgenebilecektir.



KAYNAKLAR

1. Sarı, T., “ Edirne ve çevresinde otoban kenarlarındaki topraklarda bazı ağır metal kirliliğinin araştırılması”, *Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, s.5-19, Tekirdağ, 2009.
2. Seven, T., Can, B., Darande, B. N., Ocak, S., “Hava ve Toprakta Ağır Metal Kirliliği”, *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1(2), 91-103, 2018
3. Can, E., “Nevşehir organize sanayi bölgesi topraklarında ağır metal kirliliğinin belirlenmesi ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ile mekânsal analizi”, *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, s. 1-3, Nevşehir, 2021.
4. Arıkan, E.N., “Bazı ağır metallerle kirlenmiş tarım topraklarının çim bitkisi (*Lolium Perenne* L.) kullanılarak fitoremediasyon yöntemleriyle doğal arıtımı”, *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, s. 1-10, Nevşehir, 2021.
5. Tok, H.H., "Çevre kirliliği", *Anadolu matbaacılık*, İstanbul, 1997.
6. Yalçın, V., “ Bazı ağır metallerin (Pb, Cd, Ni) sucul bitkiler (*Salvinia natans* (L.) All., *Lemna minor* L.) üzerinde yaptığı stres ve biyolojik yanıtlar”, *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, s. 1-3, Nevşehir, 2014.
7. Çelebi, H., Gök, G., “ Topraklarda otoyol ve trafik kaynaklı ağır metal kirliliğinin değerlendirilmesi”, *Pamukkale Univ Muh Bilim Derg*, 24(6), 1169-1178, 2018.
8. Karaoğlu, M., Yalçın, A. M., “Toprak tuzluluğu ve Iğdır ovası örneği”, *Journal of Agriculture*, 1,1, 27-41, 2018.
9. İnternet: Tarım Orman Bakanlığı “Tarım Havzaları”
<https://www.tarimorman.gov.tr/>
10. İnternet: Kayseri “Yeşilhisar ilçesi” <http://www.kayseri.gov.tr/yesilhisar>
11. İnternet: “Yeşilhisar”<http://www.yesilhisar.gov.tr/yesilhisar-tarihi-23-04-2009>
12. İnternet: Tarım ve Orman Bakanlığı “ Coğrafi Yapı”
<https://kayseri.tarimorman.gov.tr/Menu/80/Cografı-Yapı>
13. İnternet: Meteoroloji Genel Müdürlüğü “Kayseri Yeşilhisar yıllık hava durumu”

14. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=KAYSERI>
15. Bozdağ, A., “Yeşilhisar kuzeyinin jeomorfolojisi”, *İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul, 1996.
16. Özbolat, İ., Kara, Ö., “Bitki Besin Elementleri: Kaynakları, İşlevleri, Eksik ve Fazlalıkları”, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 19(1): 218-228, 2017.
17. Ergene, A., “Toprak Bilgisi”, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, Erzurum, 1996.
18. Estelli Çolak, B., “Farklı bünyeli topraklarda yetiştirilen ayçiçeği ve yonca bitkilerinin ağır metal absorpsiyonları”, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 53(3), 333-341, 2016.
19. Okçu, M., Tozlu, E.M., Kumlay, A., Pehlivan, M., “Ağır metallerin bitkiler üzerinde etkileri”, *Alınları Dergisi*, 17(B), 14-26, 2009.
20. Arslan, M., Çetin, S., Erdurmuş, C., “Tuz Stresinin Bitki Gelişimindeki Olumsuz Etkileri ve Bazı Yem Bitkilerinin Tuzluluk Toleransları”, *Ziraat Mühendisliği Dergisi*, 360, 2013.
21. Yıldız, N., “Toprak kirletici bazı ağır metallerin (Zn, Cu, Cd, Cr, Pb, Co ve Ni) belirlenmesinde kullanılan yöntemler”, *Atatürk Univ. Ziraat Fak. Dergisi*, 32(2), 207-213, 2001.
22. Bakar, C., Babab, A., “Metaller ve İnsan Sağlığı: Yirminci Yüzyıldan Bugüne Geleceğe Misar Kalan Çevre Sağlık Sorunu”, *1. Tıbbi Jeoloji Çalıştayı*, Nevşehir, 2009.
23. Doğan, F.N., Karpuzcu, M.E., “Türkiye’de tarım kaynaklı pestisit kirliliğinin durumu ve alternatif kontrol tedbirlerinin incelenmesi”, *Pamukkale Univ Muh Bilim Derg*, 25(6), 734-747, 2019
24. Pak, O., “Kırklareli sınırları içerisindeki otoban kenarında bulunan tarım arazilerinde bazı ağır metal kirliliğinin araştırılması”, *Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tez*, s. 4-7, Tekirdağ, 2011.
25. Pak, O., “Kırklareli sınırları içerisindeki otoban kenarında bulunan tarım arazilerinde bazı ağır metal kirliliğinin araştırılması”, *Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tez*, s. 30-44, Tekirdağ, 2011.

26. Özyürek, F., “Nevşehir’de farklı su kaynakları ile sulanan sebzelerde ağır metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn) birikimi”, *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, s. 7-39, Nevşehir, 2016.
27. Sarı, T., “Edirne ve çevresinde otoban kenarlarındaki topraklarda bazı ağır metal kirliliğinin araştırılması”, *Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, s.5-19, Tekirdağ, 2009.
28. Özbolat, G., Tuli, A., “Ağır Metal Toksikitesinin İnsan Sağlığına Etkileri, *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi* , 25(4):502-521, 2016.
29. Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A Ve Timur, S.. Metallerin Çevresel Etkileri- I. www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf. -2007
30. Topbaş, M.T., Brohi, A.R., Karaman, M.R., “Çevre Kirliliği”, T.C. Çevre Bakanlığı,s. 340, Ankara, 1998.
31. Küçük, C., Karaoğlu, M., “Elements and Heavy Metals”, *Proceedings Book of II. International Iğdır Symposium*, s. 27- 36, Iğdır, 2017.
32. Pak, O., “Kırklareli sınırları içerisindeki otoban kenarında bulunan tarım arazilerinde bazı ağır metal kirliliğinin araştırılması”, *Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tez*, s. 26-30, Tekirdağ, 2011.
33. Alloway, B. J., “Soil Processes and Behavior of Heavy Metal Heavy Metals in Soils”, *Alloway, B. J* , s. 105-368, Japon, 1995.
34. Asri, F.Ö., Sönmez, S., Çıtak, S., “Kadmiyum Çevre ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri”, *Derim*, 24 (1), 32-39, 2007.
35. Veselov, D., Kudoyarova, G., Symonyan, M and Veselov, St., “Effect of Cadmium on Ion uptake, Transpiration and Cytokinin Content in Wheat Seedlings.”, *Bulgarian Journal of Plant Physiology*, Spesical issue, 353-359, 2003.
36. Schroeder, H.A., Balasa, J.J., “Cadmium: Uptake by vegetables from superphosphate by soil”, *Science Journal*,140:819-820, 1963.
37. Lagerwerff, J.V., “Uptake of cadmium, lead and zinc by radish from soil and air”, *Soil Sci.*,111: 129-133, 1971.
38. Ross, R.G.,Stewart, D.K.R., “Cadmium residues in apple fruit and foliage following a cover spray of cadmium chloride”, *Can. J. Plant Sci.*, 49, 49-52, 1969.
39. İnternet: Maden Teknik ve Arama Kurumu “Kurşun”, <https://www.mta.gov.tr/v3.0/metalik-madenler/kursun>

40. İnternet: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü “Kurşun”
<https://www.mta.gov.tr/v3.0/metalik-madenler/kursun>
41. Brams, E., “Relationships of soil cadmium and lead to the enviroment peripheral to industrial cities”, *International Seminar or soil Environments and Fertility Management in Intensive Agricultural (SEFMIA)*, Soc. of the Science of soil and Manure, s. 369-382, Tokyo, 1977.
42. Sümer, A., Adiloğlu, S., Çetinkaya, O., Adiloğlu, A, Sungur, A., Akbulak, C., “Karamenderes Havzası Topraklarında Bazı Ağır Metallerin (Cr,Ni,Pb) Kirliliğinin Araştırılması”, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10-1, 2013.
43. Kıran, S., Özkay, F., Kuşvuran, Ş., Ellialtıoğlu, Ş., “Kurşunun Kıvırcık Salata (*Lactuca sativa* var. *crispa*) Bitkisinin Bazı Morfolojik ve Biyokimyasal Özelliklerine Etkisi”, *Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der.*, 5(1): 83-88, 2015.
44. İnternet: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü “Nikel”
<https://www.mta.gov.tr/v3.0/metalik-madenler/nikel>
45. Kul, S., Gül, V., Cengiz, İ., “Toprak ve nitkilerde ağır metal kirliliğinin araştırılması: Bayburt ili örneği”, *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 6(2), 195-203, 2021.
46. Arslan, B., Geçgel, Ü., Şatana, A., “Trakya Bölgesi’nde üretilen şeker pancarında (*Beta vulgaris L.*) ağır metal içerikleri”, *Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi*, Tekirdağ, 2015.
47. Zengin, K.F ve Munzuroğlu, Ö., 2005. Fasulye Fidelerinin (*Phaseolus vulgaris L.* Strike) Klorofil ve Karotenoid Miktarı Üzerine Bazı Ağır Metallerin (Ni⁺², Co⁺², Cr⁺³, Zn⁺²) Etkileri”, *F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17(1); 164-172.
48. İnternet: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü “Demir”
<https://www.mta.gov.tr/v3.0/metalik-madenler/demir>
49. Şiray, A., “Şeker Pancarı Tarımı”, Ankara, 1990.
50. Eyüpoğlu, F., N. Kurucu, S. Talaz, “Türkiye topraklarının bitkiye yararışlı bazı mikroelementler (Fe, Cu, Zn, Mn) bakımından genel durumu”, *Toprak Gübre Araştırma Enstitüsü Yayınları*, Yayın no:217, Ankara, 1996.
51. Horoz, a., Korkmaz, A., Akınoğlu, G., Boz, E., “Bitkilerde Demir Klorozun Nedenleri ve Giderme Yöntemleri”, *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 4 (1), 32 – 42, 2016.

52. Pak, O., “Kırklareli sınırları içerisindeki otoban kenarında bulunan tarım arazilerinde bazı ağır metal kirliliğinin araştırılması”, *Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tez*, s. 12-14, Tekirdağ, 2011.
53. Sharma, P., Dubey, R.S., “Lead toxicity in Plants”, *Braz. J. Plant Physiol.*, 17(1):35- 52, 2005.
54. Kafkasyalı, D., “Bakır Toksikitesinin Bitkilerde Fizyolojik, Morfolojik, Biyokimyasal ve Transkripsiyonel Düzeydeki Etkileri”, *S.Ü. Fen Fakültesi Fen Dergisi*, 47 (1), 16-34, 2021.
55. Sommer, A.L., “Copper and plant growth”, *Soil Sci.* 60: 71-80, 1945.
56. Sönmez, S., Kaplan, M., Sönmez, N.K Ve Kaya, H., “Toprakta Yapılan Bakır Uygulamalarının Toprak Ph’sı Ve Bitki Besin Maddesi İçerikleri Üzerine Etkisi.”, *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(1);150-158, 2006.
57. Sungur, A., Özcan, H., “DTPA ve BCR Ardışık Ekstraksiyon Yöntemleriyle Toprak Örneklerinde Ağır Metal Analizi”, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10 (3), 2013.
58. İnal, S., Sönmez, O., “Mikoriza ve Farklı Demir Dozları Uygulanmasının Çinko Toksikitesi Üzerine Etkileri”, *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi dergisi*, 15 (2), 1-11, 2011.
59. Barnette, R.M., Warner, J.D., “Responses of chlorotic corn plants to the application of zinc sulfate to the soil”, *Soil Sci.*, 39, 145-159, 1935.
60. Rout, G.R., Das, P., “Effect of metal toxicity on plant growth and metabolism: I. Zinc”, *Agronomie*, 23, 3- 11, 2003.
61. İnternet: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü “Manganez” <https://www.mta.gov.tr/v3.0/metalik-madenler/manganez>
62. Kacar, B., “Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri. III. Toprak Analizleri.” *A.Ü. Ziraat Fak. Eğit., Araşt. ve Gel. Vakfı Dergisi*, 3, 1995.
63. İnternet: Hacettepe Üniversitesi “Mangan Nörotoksitesisi” <https://hisam.hacettepe.edu.tr/ismeslek hastaliklari/mangan.pdf>
64. Adlioğlu, S., Sağlam, M.T., “Karayolu Kenarındaki Tarım Arazilerindeki Toprak Ekstrakte Edilebilir Kobalt (Co) İçerikleri”, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 15, 24-29, 2015.
65. İnternet: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü “Krom” <https://www.mta.gov.tr/v3.0/metalik-madenler/krom>

66. Akyol, E., “Bazı sebze ve baharatlarda ağır metal düzeyi”, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, s.25-54, Denizli, 2018.
67. Doğru, A., Altundağ, H., Dündar, M.Ş., “Bitkilerde ağır metal hiperakümülyasyonu ve fitoremediasyon”, *Journal of Agricultural Biotechnology (JOINABT)*, 2(2), 32-55, 2021.
68. Dalyan, E., “*Brassica juncea* var. P78 bitkisine bazı ağır metallerin uygulanmasıyla anlatımı değişen genlerin tanımlanması ve belirlenmesi”, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, s.53-76, İstanbul, 2012.
69. Terzi, H., Yıldız, M., “Ağır metaller ve fitoremediasyon: fizyolojik ve moleküler mekanizmalar”, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimler Dergisi*, 11, 1-22, 2011.
70. Dalyan, E., “*Brassica juncea* var. P78 bitkisine bazı ağır metallerin uygulanmasıyla anlatımı değişen genlerin tanımlanması ve belirlenmesi”, *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, s.5-10, İstanbul, 2012.
71. İnternet: Kayseri Şeker “Beta vulgaris L.” <https://www.kayseriseker.com.tr/bilgi-bankasi/seker-pancari-hakkinda-her-sey/10>
72. İnternet: Tarım Orman Bakanlığı “Dünyada şeker” <https://www.tarimorman.gov.tr/SDB/Menu/95/Dunya-Seker-Sektorune-Iliskin-Sorular>
73. Erdinç, H., “Türkiye’de şeker sanayinin gelişimi ve şeker sanayisinde izlenen politikalar”, *Anadolu University Journal of Social Science*, 17(3), 9-26-2017.
74. T.Ş.F.A.Ş. 2015. Türkiye Şeker Fabrikaları Anonim Şirketi. www.turkseker.gov.tr (Erişim tarihi 25.09.2015) .
75. Doğru, A., “Bitkilerde Kurşun Toksisitesi ve Kurşun Toleransı” *Black Sea Journal of Agriculture*, 3(4): 329-339, 2020.
76. Şentürk, Ö., “Şeker Pancarı Ürün Raporu”, *Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü*, T.C. Tarım Ve Orman Bakanlığı, Ankara, 2020.
77. Avcı, S., “Türkiye’de Şeker Pancarı Ziraatinin Coğrafi Esasları”, *Coğrafya Dergisi*, 4, 266-288, 1996.

78. Turkey Soil Pollution Control Regulation (TSP 24609) December 2001, From the Ministry of Environment, *Official Gazzette*, No: 24609.
79. FAO/WHO Codex Alimentarius International Food Standards Codex Stan-179. Codex Alimentarius commission, 2003.
80. T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, “Çevre Sağlığı Pestisitler”, Ankara, 2012.
81. Bağdatlı, M.C., “Pb, Cd ve Ni kirliliğine maruz kalmış tarım topraklarının yonca (*Medicago sativa* L.) bitkisi kullanılarak doğal arıtımı”, *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, s.16-25, Nevşehir, 2019.
82. Şatana, A., “Cr and Co Contents of Sugar Beet in Alkali Soils”, *6th International Symposium on Ecology and Environmental Problems ISEEP*, 17-20 , s.172, Antalya, 2011.
83. Singh, A., Agrawal, M., “Effects of Waste Water Irrigation on Physical and Biochemical Characteristics of Soil and Metal Partitioning in *Beta vulgaris* L. Agric Res”, 1(4), 379–391, 2012.
84. Önal, K., “The effects of sewage sludge on the heavy metal contents of sugar beet plant.”, *Listy Cukrovarnicke a Reparske*, 120 (5-6), 156-157, 2004.
85. Singh, R.P., Agrawal, M., “Arıtma çamuru ıslahının ağır metal birikimi üzerindeki etkileri ve bunun sonucunda *Beta vulgaris* bitkilerinin tepkileri”, *Chemosphere*, 67(11), 2229–2240, 2007.
86. Singh, A., Sharma, R.K., Agrawal, S.B., “Uçucu kül katılmasının *Beta vulgaris* bitkilerinin ağır metal birikimi, büyümesi ve verim tepkileri üzerindeki etkileri”, *Bioresource Technology*, 99(15), 7200–7207, 2008.
87. Yılmaz, D.D., Temizgül, A., “Şehir Arıtma Çamur Dozlarının Şeker Pancarının (*Beta vulgaris* var. saccharifera) Klorofil İçeriği ve Ağır Metal Konsantrasyonuna Etkisi”, *Biyoremediasyon Dergisi*, 16(3), 131–140, 2012.
88. Kumar Sharma, R., Agrawal, M. ve Marshall, F., “Hindistan, Varanasi'nin banliyö bölgelerinde toprak ve sebzelerin ağır metal kontaminasyonu”, *Ekotoksikoloji ve Çevre Güvenliği*, 66(2), 258–266 2007.
89. Chopra, A.K., Pathak, C., “Hindistan Dehradun'da atıksu ile sulanan alanlarda yetiştirilen sebzelerde insan sağlığı riskine göre ağır metal birikimi”, *Çevresel İzleme ve Değerlendirme*, 187(7), 2015.

90. Sharma, R.K, Agrawal, M., Marshall, F.M., “Hindistan'ın tropikal bir kentsel bölgesinin üretim ve pazar alanlarından toplanan sebzelerdeki ağır metallere”, *Gıda ve Kimyasal Toksikoloji*, 47(3), 583–591, 2009.
91. Sun, L., Niu, Z., Sun, T., “Hardal, lahana ve şeker pancarı ile Zhangshi toprağında Cd, Pb, Cu ve Zn'nin bitkisel özütlenmesi üzerine N, P, Fe değişikliklerinin etkileri”, *Çevresel Toksikoloji*, 22(6), 565–571, 2007.

