

**T.C.
KASTAMONU ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ORDU KENT MERKEZİNDE YETİŞTİRİLEN BAZI KÜLTÜR
BİTKİLERİNDE AĞIR METAL KONSANTRASYONLARININ
YETİŞME ORTAMINA BAĞLI DEĞİŞİMİ**

Yücel GÜLTEKİN

**Danışman
Jüri Üyesi
Jüri Üyesi**

**Doç. Dr. Hakan ŞEVİK
Doç. Dr. Deniz GÜNEY
Doç. Dr. Nurcan YİĞİT**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIM VE TABİİ BİTKİ KAYNAKLARI
ANA BİLİM DALI**

KASTAMONU – 2020

TEZ ONAYI

Yücel GÜLTEKİN tarafından hazırlanan "**Ordu Kent Merkezinde Yetiştirilen Bazı Kültür Bitkilerinde Ağır Metal Konsantrasyonlarının Yetiştirme Ortamına Bağlı Değişimi**" adlı tez çalışması **24/01/2020 tarihinde** aşağıdaki jüri üyeleri önünde savunulmuş ve **oy birliği** ile Kastamonu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Sürdürülebilir Tarım ve Tabii Bitki Kaynakları Ana Bilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman	Doç. Dr. Hakan ŞEVİK Kastamonu Üniversitesi
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Deniz GÜNEY Karadeniz Teknik Üniversitesi
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Nurcan YİĞİT Kastamonu Üniversitesi



Enstitü Müdürü	Doç. Dr. Nur BELKAYALI
----------------	------------------------



TAAHHÜTNAME

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


Yücel GÜLTEKİN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ORDU KENT MERKEZİNDE YETİŞTİRİLEN BAZI KÜLTÜR BİTKİLERİNDE AĞIR METAL KONSANTRASYONLARININ YETİŞME ORTAMINA BAĞLI DEĞİŞİMİ

Yücel GÜLTEKİN

Kastamonu Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Sürdürülebilir Tarım ve Tabii Bitki Kaynakları Ana Bilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Hakan ŞEVİK

Günümüzde gerek tarım alanları ile kentsel alanların iç içe geçmesi, gerekse endüstriyel faaliyetler ve trafik yoğunluğunun artmasına paralel olarak, ağır metal kirliliğinin yüksek düzeyde olduğu bölgelerde yetiştirilen çeşitli bitkiler gıda olarak tüketilmek durumundadır. Oysa ağır metaller biyobirikme eğiliminde olmaları ve organizmalar için düşük konsantrasyonlarda bile toksik olabilmeleri sebebiyle insan sağlığı açısından büyük tehdit oluşturmaktadır. Ağır metaller ile kontamine olmuş bitkilerin gıda olarak tüketilmesi sağlık açısından çok daha büyük risklerin ortaya çıkmasına sebep olmaktadır.

Bu çalışma kapsamında da domates, biber, fasulye ve mısır bitkilerinin kent merkezi ve köylerde yetiştirilen bireylerindeki bazı ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında bu bitkilerin yaprak ve meyvelerinde yıkama işlemi de uygulanmış böylece Pb, Fe, Cr, Cd, Mg, Al ve Ca elementlerinin tür, organ, yetiştirme yeri ve yıkama durumuna bağlı değişimleri değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda tür bazında genel olarak en düşük değerler domates ve mısırdaki, en yüksek değerler ise biberde elde edilmiştir. Bunun dışında genel olarak yapraklardaki konsantrasyonların meyvelerdekinden, yıkanmayan numunelerdeki konsantrasyonların ise yıkanan numunelerinkinden daha yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir. Bunun yanında ağır metallerin bir çoğunun ve özellikle insan sağlığı açısından en tehlikeli ağır metallerden birisi olan Pb'nun kent merkezinde yetiştirilen bireylerdeki konsantrasyonlarının oldukça yüksek düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Çalışma sonuçları trafiğin yoğun olduğu alanlar gibi ağır metal kirliliğinin yüksek olduğu bölgelerde yetiştirilen bitkilerin gıda olarak tüketilmesinin insan sağlığı açısından önemli sağlık sorunlarına yol açabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Ordu, kültür bitkisi, ağır metal

2020, 54 sayfa

Bilim Kodu: 1214

ABSTRACT

MSc. Thesis

VARIATION OF HEAVY METAL CONCENTRATIONS IN SOME CULTIVAR PLANTS IN THE ORDU CITY CENTER

Yücel GÜLTEKİN

Kastamonu University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Sustainable Agriculture and Natural Plant Resources

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Hakan ŞEVİK

In today's world, agricultural and urban areas are ever closer to each other to the point of intertwining. With the hike in heavy metal pollution caused by the increase in industrial activities and traffic density, heavy metals bioaccumulate in the plants. These HMs are toxic even at low concentrations to animals and plants alike. Naturally, the consumption of plants contaminated with heavy metals as food poses a great risk to an organism's health. Time analysis and identification of constrains

The aim of this study is to determine some heavy metal concentrations in agricultural plants grown in the city center and villages of tomato, pepper, bean and corn plants. Within the scope of the study, washing process was applied on the leaves and fruits of these plants, and the changes of Pb, Fe, Cr, Cd, Mg, Al and Ca elements depending on the species, organ, growing place and washing status were evaluated. In general, the lowest values were obtained in tomato and corn and the highest values were observed in pepper. Additionally, it was determined that the concentrations in the leaves were generally higher than that of the fruits, and that the concentrations in the unwashed samples were higher than that of the washed samples. It has been determined that most of the heavy metals and especially Pb, which is one of the most toxic heavy metals, have a very high concentration in plants grown in the city center. The results of the study show that the consumption of plants grown in regions with high heavy metal pollution, such as areas with high traffic, can cause significant health problems

Key Words: Ordu, agricultural plants, heavy metal

Year, 54 pages

Science Code: 1214

TEŞEKKÜR

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

Yücel GÜLTEKİN

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEZ ONAYI.....	ii
TAAHHÜTNAME.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	viii
TABLolar DİZİNİ	ix
GRAFİKLER DİZİNİ	x
FOTOĞRAFLAR DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	5
2.1. Ağır Metaller Hakkında Genel Bilgiler.....	5
2.2. Konu ile İlgili Yapılmış Çalışmalar	6
3. MATERYAL VE YÖNTEM	9
3.1. Materyal.....	9
3.2. Ağır Metal Konsantrasyonlarının Belirlenmesi	11
3.3. İstatistiki Analizler	11
4. BULGULAR.....	13
4.1. Ağır Metal Konsantrasyonlarının Tür Bazında Değişimi	13
4.2. Ağır Metal Konsantrasyonlarının Yetiştirme Yerine Bağlı Değişimi	13
4.3. Ağır Metal Konsantrasyonlarının Organ Bazında Değişimi	14
4.4. Ağır Metal Konsantrasyonlarının Yıkınmaya Bağlı Değişimi	15
4.5. Ağır Metal Konsantrasyonlarının Yetiştirme Yeri ve Yıkınma Durumuna Bağlı Değişimi	16
4.5.1. Pb (ppb) Konsantrasyonunun Değişimi.....	16
4.5.2. Fe (ppm) Konsantrasyonunun Değişimi	18
4.5.3. Cr (ppb) Konsantrasyonunun Değişimi	19
4.5.4. Cd (ppb) Konsantrasyonunun Değişimi	21
4.5.5. Mg (ppm) Konsantrasyonunun Değişimi	23
4.5.6. Al (ppb) Konsantrasyonunun Değişimi	24
4.5.7. Ca (ppm) Konsantrasyonunun Değişimi	26
4.6. Ağır Metal Konsantrasyonlarının Tür ve Organ Bazında Değişimi.....	27
4.6.1. Pb (ppb) Konsantrasyonunun Değişimi.....	27
4.6.2. Fe (ppm) Konsantrasyonunun Değişimi	29
4.6.4. Cd (ppb) Konsantrasyonunun Değişimi	32
4.6.5. Mg (ppm) Konsantrasyonunun Değişimi	34
4.6.6. Al (ppb) Konsantrasyonunun Değişimi	35
4.6.7. Ca (ppm) Konsantrasyonunun Değişimi	37
5. SONUÇ VE TARTIŞMA	39
6. ÖNERİLER.....	45
KAYNAKLAR	47
ÖZGEÇMİŞ	54

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

CO ₂	Korbondioksit
O ₂	Oksijen
°C	Santigrat Derece
µm	milimikron
ppb	milyarda bir
ppm	milyonda bir
µgg-1	mikrogram / gram

Kısaltmalar

Al	Alüminyum
As	Arsenik
B	Bor
Ba	Baryum
Ca	Kalsiyum
Cd	Kadmiyum
Co	Kobalt
Cr	Krom
Cu	Bakır
Fe	Demir
K	Potasyum
Li	Lityum
Mg	Magnezyum
Mn	Mangan
Ni	Nikel
Pb	Kurşun
Zn	Çinko
F	F değeri
m	metre
cm	santimetre
mm	milimetre
mL	mililitre
g	gram
kg	kilogram

TABLÖLAR DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 4.1. Ağır metal konsantrasyonlarının tür bazında değişimi	13
Tablo 4.2. Ağır metal konsantrasyonlarının yetiştirme yerine bağlı değişimi	14
Tablo 4.3. Ağır metal konsantrasyonlarının organ bazında değişimi	14
Tablo 4.4. Ağır metal konsantrasyonlarının yıkanmaya bağlı değişimi	15
Tablo 4.5. Pb konsantrasyonunun yetiştirme yeri ve yıkanma durumuna bağlı değişimi	16
Tablo 4.6. Fe konsantrasyonunun yetiştirme yeri ve yıkanma durumuna bağlı değişimi	18
Tablo 4.7. Cr konsantrasyonunun yetiştirme yeri ve yıkanma durumuna bağlı değişimi	19
Tablo 4.8. Cd konsantrasyonunun yetiştirme yeri ve yıkanma durumuna bağlı değişimi	21
Tablo 4.9. Mg konsantrasyonunun yetiştirme yeri ve yıkanma durumuna bağlı değişimi	23
Tablo 4.10. Al konsantrasyonunun yetiştirme yeri ve yıkanma durumuna bağlı değişimi	24
Tablo 4.11. Ca konsantrasyonunun yetiştirme yeri ve yıkanma durumuna bağlı değişimi	26
Tablo 4.12. Pb konsantrasyonunun tür ve organ bazında değişimi	27
Tablo 4.13. Fe konsantrasyonunun tür ve organ bazında değişimi	29
Tablo 4.14. Cr konsantrasyonunun tür ve organ bazında değişimi	31
Tablo 4.15. Cd konsantrasyonunun tür ve organ bazında değişimi	32
Tablo 4.16. Mg konsantrasyonunun tür ve organ bazında değişimi	34
Tablo 4.17. Al konsantrasyonunun tür ve organ bazında değişimi	35
Tablo 4.18. Ca konsantrasyonunun tür ve organ bazında değişimi	37

GRAFİKLER DİZİNİ

	Sayfa
Grafik 4.1. Pb konsantrasyonunun yetiştirme yeri ve yıkanma durumuna bağlı değişimi	17
Grafik 4.2. Fe konsantrasyonunun yetiştirme yeri ve yıkanma durumuna bağlı değişimi	19
Grafik 4.3. Cr konsantrasyonunun yetiştirme yeri ve yıkanma durumuna bağlı değişimi	21
Grafik 4.4. Cd konsantrasyonunun yetiştirme yeri ve yıkanma durumuna bağlı değişimi	22
Grafik 4.5. Mg konsantrasyonunun Yetiştirme Yeri ve Yıkanma Durumuna Bağlı Değişimi.....	24
Grafik 4.6. Al konsantrasyonunun yetiştirme yeri ve yıkanma durumuna bağlı değişimi	25
Grafik 4.7. Ca konsantrasyonunun yetiştirme yeri ve yıkanma durumuna bağlı değişimi	27
Grafik 4.8. Pb konsantrasyonunun tür ve organ bazında değişimi	29
Grafik 4.9. Fe konsantrasyonunun tür ve organ bazında değişimi.....	30
Grafik 4.10. Cr konsantrasyonunun tür ve organ bazında değişimi.....	32
Grafik 4.11. Cd konsantrasyonunun tür ve organ bazında değişimi.....	33
Grafik 4.12. Mg konsantrasyonunun tür ve organ bazında değişimi	35
Grafik 4.13. Al konsantrasyonunun tür ve organ bazında değişimi.....	37
Grafik 4.14. Ca konsantrasyonunun tür ve organ bazında değişimi	38

FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

	Sayfa
Fotoğraf 3.1. Numunelerin toplandığı alanın yanından geçen anayol	10

1. GİRİŞ

Günümüzde dünyanın en önemli problemlerinin başında nüfus artışı gelmektedir. 1750 yılında 717 milyon civarında olan dünya toplam nüfusu, 1900 yılında 1,5 milyarı aşmış, 2000 yılında 6 milyara ulaşmıştır (Demir, 2018; Batır, 2019). 2030 yılına gelindiğinde dünya nüfusunun 8,5 milyara ulaşacağı tahmin edilmektedir (Yusufu, 2019)

Artan nüfus pek çok problemi de beraberinde getirmiştir. Bu problemlerin bazıları çevre kirliliği, küresel iklim değişikliği, plansız kentleşme ve sağlıksız yaşam koşulları olarak sayılabilir (Mutlu vd., 2016; Bayraktar vd., 2019; Sevik vd., 2019a). Gelirin adaletsiz dağılımı bu sorunların birçoğunun kaynağını oluşturmaktadır. Dünyanın en varlıklı 200 kişinin servetinin dünya nüfusunun %41'inin toplam gelirinden daha fazla olduğu belirtilmektedir (Çağlayan, 2015).

Gelir adaletsizliği dünya genelinde yoksulluğun, küresel boyutta en önemli sorunlardan birisi haline gelmesine sebep olmuştur. Son 50-60 yılda küresel bazda ciddi gelir artışı olmasına rağmen, kişilerin yaşamlarını sürdürebilmesi için gerekli temel ihtiyaçları karşılamada zayıf veya çaresiz kalma durumu olarak nitelendirilen yoksulluk artmış ve günümüzün en önemli sorunlarından birisi haline gelmiştir. Dünya genelinde günlük 2 ABD doları yoksulluk sınırı, 1 ABD doları ise açlık sınırı olarak belirlenmiştir. Bu rakamlara göre dünya nüfusunun yaklaşık % 46'sı yoksulluk sınırının altında yaşarken yaklaşık 1.2 milyar insan da açlık sınırının altında yaşamaktadır (Kudubeş vd., 2017). Dünyada genelindeki duruma bakıldığında açlık ve yoksulluğun genel olarak gıda miktarındaki yetersizlikten değil, gelir dağılımındaki adaletsizlikten kaynaklandığı açıkça görülmektedir (Niyaz ve İnan, 2016).

Yine de bu durum günümüzde yaklaşık 830 milyon insanın kronik açlık içerisinde olduğu gerçeğini değiştirmemektedir (Batır, 2019). Dünya nüfusunun gıdaya olan talebini karşılayabilmek için gıda arzı son 35 yılda 2 katına çıkartılmış olup, önümüzdeki 15 yılda 2 kat daha artış göstereceği tahmin edilmektedir (Dölekoğlu ve Yurdakul, 2004). Buna rağmen Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) verilerine göre,

dünyada her 5 saniyede 1 çocuk açlıktan ölmektedir. Bu sorunun daha da büyüyeceği tahmin edilmektedir (Bellitürk, 2011; Özel, 2019). Yapılan çalışmalar 2030 yılına kadar acilen tahıl veriminin ikiye katlanması ve et üretiminde %75 artış sağlanması gerektiğini göstermektedir (Gökırmaklı ve Bayram, 2018).

Dünya genelinde gıda arzını tehdit eden çok sayıda faktör bulunmaktadır. Bugün bitkisel üretim için uygun verimli toprakların son sınırına gelinmiş olduğu, artan nüfusla birlikte kişi başına düşen tarımsal alan miktarının azaldığı belirtilmektedir (Gökırmaklı ve Bayram, 2018). Bununla birlikte artan nüfusun ihtiyaçlarını karşılayabilmek için tarım arazilerine yeni yerleşim alanları kurulması, tarım arazilerinin amaç dışı kullanımı, yanlış gübreleme, yanlış sulama gibi etkenlerle toprağın verim gücünü kaybetmesi, toprak kirliliği, topraklarda tuzlanma, asitleşme, alkalileşme, erozyon, sıkışma, fakirleşme ve organik madde kaybı gibi problemler bu sorunun ciddiyetini daha da artırmaktadır (Bellitürk, 2011; Gökırmaklı ve Bayram, 2018, Sen vd., 2018; Özel, 2019).

Yapılan tahminlere göre bitkisel üretim amacıyla kullanılan yaklaşık 1,47 milyar hektar toprağın %38'i bozulma sürecindedir. Bu sürece nüfus baskısı sebebiyle tarım alanı açmak için tropik yağmur ormanlarının yakılması ve su kaynaklarının kirlenmesi de eklendiğinden durumun ciddiyeti giderek artmaktadır (Gökırmaklı ve Bayram, 2018).

Bu sebeplerden dolayı, geleceği tehlike altında görülen gıda arzının sağlanması ve artırılması için çeşitli çözüm önerileri sunulmaktadır. Bu önerilerin başında birim alandan alınan ürün miktarını artırmaya yönelik çalışmalar gelmektedir. Bu amaçla bir çok türde verim artışını sağlamaya yönelik gübre kullanımı, hormon kullanımı vb. konularda çalışmalar yapılmaktadır (Kaya vd., 2018; Altunlu vd., 2019; Namlı vd., 2019).

Bu güne kadar gıda amaçlı kullanılmayan kaynakların gıda amaçlı kullanılması da gıda sorunu için sunulan çözüm önerilerinden birisidir. Örneğin böceklerin önemli bir protein kaynağı olduğu, günümüzde 2 milyardan fazla insanın düzenli olarak

böcek tükettiği ve 1900'den fazla yenilebilir böcek türü olduğu belirtilmektedir (Gökırmaklı ve Bayram, 2018).

Özellikle gıda üretimi için uygun alanların azalması gıda ürünleri üretilebilecek yeni alanların belirlenmesi gibi yöntemleri de gündeme taşımıştır. Bu yöntemlerin başında topraksız kültür ve dikey tarım bahçeleri gelmektedir (Tangolar vd., 2019; Lakkireddy vd., 2018; Savvas ve Gruda, 2018; Kalantari vd., 2018; Pascual vd., 2018).

Bu kapsamda gündeme gelen çözüm önerilerinden birisi de gıda olarak tüketilebilecek bitkilerin peyzaj çalışmalarında kullanılması yani yenilebilir peyzajdır. Tanım olarak “yenilebilir bitkilerin süs bitkileri ile aynı alan içerisinde, belli tasarım ölçütleri göz önünde bulundurularak geleneksel peyzaj anlayışının dışında, birlikte kullanılmasıdır” şeklinde tanımlanan “yenilebilir peyzaj” kısaca peyzaj çalışmalarında tarım bitkilerinin kullanılması ve böylece peyzaj alanlarında hem estetik bir görünüm sağlanması hem de çeşitli gıda maddesi üretimi sağlanmasını amaçlamaktadır (Özel vd., 2019; Batır vd., 2019).

Ancak, trafik kaynaklı kirliliğin yoğun olduğu şehir merkezlerinde üretilen bitkilerde özellikle ağır metal kirliliğinin önemli bir risk oluşturduğu belirtilmektedir (Batır, 2019). Çünkü bu alanlarda araçlar, egzoz gazları, araba tekerlekleri ve araç aşınmalarından kaynaklanan pek çok kirletici madde ortaya çıkmaktadır ki bunlar arasında özellikle ağır metaller biyobirikme eğiliminde olmaları ve insan sağlığı açısından düşük konsantrasyonlarda bile toksik olabilmeleri sebebiyle ayrı bir öneme sahiptirler (Sevik vd., 2019b; Arıcak vd., 2019; Cetin vd., 2018a,b).

Konunun insan sağlığı açısından önemine rağmen trafiğin yoğun olduğu alanlarda yetiştirilen ve gıda olarak tüketilen bitkilerdeki ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi konusunda yapılmış çalışma sayısı oldukça azdır. Oysa özellikle bazı şehirlerde yerleşim alanlarının tarım arazileri içlerine kadar genişlediği ve bunun sonucunda tarım arazilerinin yerleşim alanları içerisinde kaldığı, insanların şehir merkezlerinde bahçelerinde hatta balkonlarında saksılarda çeşitli tarım ürünlerini

yetiřtirdikleri ve tükettikleri bilinmektedir. Bu konudaki örneklere ölkemizin pek çok bölgesinde rastlanmaktadır.

Bundan dolayı, trafiğın yoğun olduğu alanların yakınında yetiştirilen tarım bitkilerindeki ağır metal birikimi ve bu ürünlerin olası tehlikeleri konusuna odaklanan bu çalışmada, Ordu ili kent merkezinde trafiğın yoğun olduğu anayol kenarlarında yetiştirilen bazı tarım ürünlerindeki ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında trafiğın yoğun olduğu alanlarda yetiştirilen tarım ürünleri ile trafiğın hemen hemen hiç olmadığı köylerde yetiştirilen tarım ürünleri, ağır metal konsantrasyonları bakımından karşılaştırılmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1. Ağır Metaller Hakkında Genel Bilgiler

Ağır metaller genel olarak yoğunluğu 5g/cm^3 'den veya atom numarası 20'den daha fazla olan elementler olarak tanımlanmaktadır (Okcu vd., 2009). Tıpta ise ağır metal tanımı, elementlerin atomik ağırlıklarına bakılmaksızın toksik özellik taşıyan tüm metaller olarak yapılmaktadır. Altmıştan fazla element ağır metal olarak tanımlansa da en çok bilinen ve tanınan ağır metaller Arsenik (As), Civa (Hg), Alüminyum (Al), Demir (Fe), Manganez (Mn), Kurşun (Pb), Kobalt (Co), Bakır (Cu), Nikel (Ni), Çinko (Zn), Gümüş (Ag), Krom (Sn), Kadmiyum (Cd) ve Selenyum (Se)'dir (Özbolat ve Tuli, 2016; Turkyılmaz vd., 2018a,b).

Ağır metaller mineral kaynak olarak sanayide sosyo-ekonomik gelişim için önemli bir hammadde dirler. Bununla birlikte, bu kaynakların önemi, mineralin çıkarılması ve farklı endüstriyel işlemlerde kullanılması, özellikle çevresel ağır metal kirliliği açısından büyük bir sorundur (Li vd., 2014; Goix vd., 2015; Niazi ve Burton, 2016). Çevrede yüksek seviyelerde ağır metallerin ortaya çıkması, toksisite, biyolojik birikim ve ekosistemde oldukça yüksek sürerlik (Leveque vd., 2014; Uzu vd., 2011; Shahid vd., 2015) nedeniyle insan sağlığı ve ekosistemler açısından potansiyel bir tehdittir (Shahid vd., 2017).

Ağır metallerin özellikle insan sağlığı açısından büyük bir tehdit olmasının sebebi, biyobirikme eğiliminde olmaları, doğada kolay kolay bozulmamaları ve bazılarının düşük konsantrasyonlarda bile toksik olabilmelerinden dolayıdır (Sevik vd., 2019c, Turkyılmaz vd., 2018c, Arıcak vd., 2020).

Aslında C, H, Zn, O, Fe, P, K, Mn, S, Ca, Cl, N, B, Mg, Cu ve Mo bitkiler için mutlaka gerekli olan besin elementleridir. Na, Co, Ni, Si, Al ve V ise sadece bazı bitkiler veya prosesler için gerekli elementlerdir (Okcu vd., 2009). Ancak bitkiler için gerekli besin elementleri bile yüksek konsantrasyonlarda insan sağlığı açısından ciddi tehlikelere yol açabilmektedir (Sevik vd., 2019d; Shahid vd., 2017). Hg, As, Cd ve Pb gibi elementler ise düşük konsantrasyonlarda bile yaşıyan organizmalarda ciddi

toksosite oluşturmaktadır (Shahid vd., 2015; Harguinteguy vd., 2016; Turkyilmaz vd., 2018d).

Ağır metaller insan bünyesinde biyobirikme yaptıkları ve etkin bir tolerans veya atılım mekanizması olmadığından düşük konsantrasyonlarda bile insanlar için oldukça zararlı olabilmektedirler. Ağır metaller ile kontamine gıdaların tüketilmesi; büyüme geriliğinden sakatlığa, kanserden ölüme kadar çok ciddi sağlık problemlerine sebep olabilir (Özel, 2019; Batır, 2019; Sevik vd., 2020a). Bundan dolayı ağır özellikle ağır metal kirliliğinin yüksek düzeyde olduğu alanlarda yetişen ve gıda olarak tüketilen bitkilerdeki ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi son derece önemlidir.

2.2. Konu ile İlgili Yapılmış Çalışmalar

Bitkilerin morfolojik, anatomik ve fenotipik özellikleri genetik yapı ile çevre koşullarının etkileşimi sonucunda ortaya çıkmaktadır (Yigit vd., 2016a,b; Hrivnak vd., 2017). Dolayısıyla bitkinin yetiştiği çevredeki toprak (Kuscu vd., 2018a,b; Lu vd., 2017), iklim (Yigit vd., 2018; Cetin vd., 2018a); sulama durumu (Topacoglu vd., 2016; Özyürek, 2016; Ozel vd., 2019) ve hava kirliliği (Sevik vd., 2020b) gibi faktörler bitkideki element konsantrasyonunu önemli ölçüde etkilemektedir. Bu konuda yapılan çalışmaların bazıları aşağıda özetlenmiştir.

Topçuoğlu vd., (2003) toprağa uyguladıkları farklı kentsel arıtma çamurlarının domateste bitki besin elementleri ve ağır metal içeriklerini nasıl etkilediğini araştırdıkları çalışma sonucunda toprağa artan miktarda uyguladıkları arıtma çamurlarının domateste Ca, N, K, P, Fe, Mg, Ni, Mn, Zn, Pb, Cu ve Cd içeriklerini artırdığını belirlemişlerdir. Çalışmada arıtma çamurlarının kimyasal niteliklerindeki farklılıkların, uygulandığı toprakta yetiştirilen bitkilerin mineral içeriklerini etkilediğini, toprağa uygulanan çamurların düşük düzeylerde bitki gelişimlerini olumlu yönde etkilediğini ancak yüksek konsantrasyonlardaki uygulamaların fitotoksosite ve ağır metal konsantrasyonlarını artırdığını belirtmişlerdir. Benzer sonuçları Demir ve Çimrin (2011) mısır bitkisinde elde etmişlerdir.

Benzer bir çalışmada da Demirtaş vd., (2016) organik maddece zengin kentsel katı atıkları kompost olarak kullanarak domates yetiştirmişler ve çalışma sonucunda meyve ve toprak ağır metal konsantrasyonlarının izin verilebilir sınır değerleri aşmadığını belirtmişlerdir.

Osma vd., (2013) çalışmalarında maydanoz, patlıcan, biber, fasulye, lahana ve pazı bitkilerinde yıkanmış ve yıkanmamış örneklerdeki ağır metal konsantrasyonlarını karşılaştırmışlar ve çalışma kapsamında Cd, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn konsantrasyonlarının yıkanmaya bağlı değişimini belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda yıkanmış ve yıkanmamış sebzeler arasında ağır metal miktarları bakımından ciddi bir farklılık olmadığı belirlenmiştir (Osma vd., 2013).

Keser (2008) Aydın İli topraklarında Büyük Menderes Nehri suları ile sulanan ve sulanmayan arazilerde yetiştirilen bamya, börülce, biber, mısır, patlıcan, ıspanak, domates, fasulye ve karpuz bitkilerinde Cu, Zn, Fe, Pb ve Cd içeriklerini karşılaştırmıştır. Çalışma sonucunda bütün ürünlerde sulanan bölgelerde yetiştirilen bitkilerdeki metal derişimlerinin, sulanmayan bölgelerde yetiştirilen bitkilerdeki metal derişimlerinden daha yüksek konsantrasyonlarda olduğu belirlenmiştir.

Özyürek (2016), Nevşehir bölgesinde farklı su kaynaklarıyla sulanan arazilerden toprak, su ve sebze numuneleri toplayarak ağır metal konsantrasyonlarının değişimini belirlemiştir. Çalışmada domates, biber, soğan ve fasulye ve bitkilerinde Zn, Cr, Fe, Cu, Pb, Cd ve Ni düzeyleri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda; genel olarak en yüksek ağır metal konsantrasyonları Kızılırmak suyu ile sulanan topraklarda tespit edilirken, en düşük ağır metal konsantrasyonları ise kuyu suyu ile sulanan örneklerde elde edilmiştir.

Bu çalışmalara çok sayıda örnek verilebilmektedir. Özellikle ağır metal uygulamalarının bitki gelişimi üzerine etkilerini belirlemeyi amaçlayan çalışmaların (Benáková vd., 2017; Ahmad vd., 2016; Rizwan vd., 2016) yanı sıra çeşitli ağır metaller bakımından kontamine topraklarda yetiştirilen bitkilerdeki ağır metal birikimi konusunda da çok sayıda çalışma bulunmaktadır (Xu vd., 2016; Lu vd., 2017; Abbas vd., 2018). Havadaki ağır metal kirliliğinin bitkilere etkisi konusunda

yapılan çalışmaların ise çoğunluğu, ağır metal kirliliğinin izlenmesinde biyomonitor olark kullanılabilecek en uygun bitkilerin belirlenmesine yöneliktir (Fangmeier, 2016; Bonanno vd., 2017; Kumar vd., 2019).

Ancak, son yıllarda ağır metal kirliliğinin yanı sıra gıda güvenliğinin de büyük önem kazanmasına paralel olarak ağır metal kirliliğinin yüksek düzeyde olduğu bölgelerde yetiştirilen ve gıda olarak tüketilen sebze ve meyvelerdeki ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi üzerine çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalara da domates (*Lycopersicon esculentum*)’de Cd, Cr, Cu, Zn, Fe, Ni ve Pb (Osma vd., 2012); Cu, Pb, Cd ve Zn (Inoti vd., 2012; Buachoon, 2015), domates ve biber (*Capsicum annuum*)’de As, Cd, Co, Ba, Cu, Ni, Cr, Sb, Sn, Pb, V ve Zn (Antisari vd., 2015), fasulye (*Phaseolus vulgaris*)’de As, Cu, Pb ve Zn ve mısır (*Zea mays*)’da Pb ve Cd (Onipede ve Rahman, 2017) konsantrasyonlarının belirlendiği çalışmalar örnek olarak verilebilir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışma; ağır metal kirliliğinin yüksek düzeyde olduğu düşünülen kent merkezlerinde yetiştirilen bazı kültür bitkileri ile aynı bölgede trafik yoğunluğunun olmadığı köylerde yetiştirilen bitkilerin meyve ve yapraklarındaki ağır metal konsantrasyonlarının belirlenmesi ve karşılaştırılması amacıyla yapılmıştır. Bu amaç doğrultusunda çalışmaya konu bitkiler gıda olarak çok yoğun olarak tüketilen domates, biber, fasulye ve mısır olarak seçilmiştir. Çalışmaya konu bitkiler Ordu ili kent merkezi ve köylerinden temin edilmiştir.

Çalışma kapsamında Ordu'nun seçilme sebebi, bu bölgede kent merkezinde ve anayol kenarlarında gerek küçük bahçelerde, gerekse saksılar içerisinde sebze yetiştiriciliğinin son derece yoğun olmasıdır. Kent merkezinden toplanan bitkiler trafiğin oldukça yoğun olduğu anayol kenarında, anayola 5 m'den daha yakın mesafede yetişen ve anayol ile arasında duvar bulunmayan alanlardan toplanmıştır. Numunelerin toplandığı alanın hemen yanındaki anayol Fotoğraf 3.1'de gösterilmiştir.



Fotoğraf 3.1. Numunelerin toplandığı alanın yanından geçen anayol

Çalışma kapsamında trafik yoğunluğunun olmadığı alanlardan toplanan numuneler ise Ordu kent merkezine yakın ancak en az 100 m mesafede işlek anayolların bulunmadığı alanlardan toplanmıştır. Çalışma kapsamında yaprak ve meyvelerin ağır metal konsantrasyonlarının karşılaştırılması amaçlandığından, yaprak ve meyvelerin aynı dal üzerinden alınmasına dikkat edilmiştir. Çalışma kapsamında da aynı dal üzerindeki yaprak ve meyveler kullanıldığından, bitki üzerindeki konum farklılığından kaynaklanabilecek hataların ortadan kaldırılması ve böylece daha sağlıklı sonuçların elde edilmesi amaçlanmıştır.

Toplanan yaprak ve meyve örnekleri etiketlenerek laboratuara getirilmiştir. Laboratuvarda öncelikle yaprak ve meyve organları ayrılmış ve daha sonra numunelerin yarısına yıkama işlemi uygulanmıştır. Yıkama işlemi esnasında yaprak ve meyveler önce bol çeşme suyu ile en az birkaç dakika ovalanarak yıkanmıştır. Daha sonra yaprak ve meyveler kavanoza konularak kavanoz yaklaşık 1/4 oranında su ile doldurulmuş ve kapağı kapatılarak yaklaşık 1 dakika süratle çalkalanmıştır. Su

dökülerek tekrar temiz su doldurulmuş ve bu işlem her bir numune için ayrı ayrı üçer defa çeşme suyu ve sonrasında üçer defa da saf su ile tekrarlanmıştır. Böylece organ yüzeyine yapışmış olan partikül maddelerin uzaklaştırılması amaçlanmıştır. Son olarak organlar akar saf su ile durulanarak petri kaplarına yerleştirilmiştir.

Etiketlenerek petri kapları içine yerleştirilen numuneler iki gün boyunca bekletilmiş ve yüzeylerinin kurummasını takiben çelik bıçaklar ile parçalanmıştır. Laboratuvarında yaklaşık iki ay süresince en az haftada iki sefer karıştırılarak havalandırılan numuneler hava kurusu hale geldikten sonra karton bardaklara alınmış ve etüve yerleştirilmiştir. Etüvde 45 °C sıcaklıkta bir ay kurutulmuştur. Kuruyan örnekler havanın rutubetinden etkilenmemeleri için hava almayacak Grafikde kapatılıp poşetlenerek kodlanmış ve analizler için laboratuara gönderilmiştir.

3.2. Ağır Metal Konsantrasyonlarının Belirlenmesi

Tamamen kuruyan numunelerde ağır metal analizleri yapılması amacıyla öncelikle numuneler çelik blender vasıtasıyla toz haline getirilmiş ve toz halindeki numunelerden 0,5 g tartarak mikrodalga için özel olarak tasarlanmış tüplere konulmuştur. Tüplerdeki numunelerin üzerine 10 ml %65'lik HNO₃ ilave edilmiştir. Bu Grafikde hazırlanan numuneler mikrodalga cihazında 280 PSI basınç ve 180 °C'de 20 dakika yakılmıştır. Yakma işleminden sonra mikrodalgadan çıkartılan tüpler soğumaya bırakılmış, soğuyan örnekler üzerine deiyonize su ilave edilerek 50 ml'ye tamamlanmıştır. Hazırlanan çözeltiler 45 µm'lik filtre kâğıtarından süzülerek ICP-OES (İndüktif Eşleşmiş Plazma- Optik Emisyon Spektromesi) cihazında uygun dalga boylarında okunmuştur.

3.3. İstatistiki Analizler

Elde edilen veriler tablolar halinde düzenlenerek Excell programına girilmiş ve SPSS paket programı yardımıyla değerlendirilmiştir. Verilere varyans analizi uygulanarak istatistiki olarak en az % 95 güven düzeyinde anlamlı farklılıklar bulunduğu belirlenen verilere Duncan testi uygulanmıştır. Varyans analizi ve Duncan testi sonuçları sadeleştirilerek tablollaştırılmış ve sonuçlar yorumlanmıştır. Ayrıca bazı

verilerin faktörler bazında değişimlerinin algılanmasını kolaylaştırmak amacıyla Excel programı kullanılarak grafikler oluşturulmuştur.

4. BULGULAR

4.1. Ağır Metal Konsantrasyonlarının Tür Bazında Değişimi

Çalışma kapsamında değerlendirilen ağır metal konsantrasyonlarının tür bazında değişimlerine ilişkin varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1. Ağır metal konsantrasyonlarının tür bazında değişimi

Element	Türler				F Değeri
	Biber	Domates	Fasulye	Mısır	
Pb	3014,3 b	1320,2 a	1585,4 a	1505,2 a	3,084*
Fe	61,18 bc	34,87 ab	70,34 c	23,32 a	4,490**
Cr	781,1 ab	438,4 a	901,7 b	961,7 b	3,478*
Cd	567,3 b	158,6 a	188,0 a	204,4 a	13,217****
Mg	41789,6 b	1207,8 a	35335,3 b	1448,7 a	6,983****
Al	38896,3 b	20100,9 ab	44428,7 b	10854,4 a	3,582*
Ca	4634,8 b	2365,6 a	5023,9 b	2197,5 a	4,063**

Çalışmaya konu ağır metallerin tür bazında değişimlerine ilişkin varyans analizi sonuçları değerlendirildiğinde bütün elementlerde tür bazında değişimlerin istatistiki olarak anlamlı (en az $p<0,05$) düzeyde olduğu görülmektedir. Domateste elde edilen konsantrasyonların tamamının, mısırdaki da Cr dışında bütün konsantrasyonların Duncan testi sonucunda ilk homojen grupta olduğu görülmektedir. Çalışmaya konu bütün ağır metallerde, biberde elde edilen konsantrasyonların ise son homojen gruplarda olması dikkat çekicidir. Bu sonuçlara göre genel olarak en düşük değerlerin domates ve mısırdaki, en yüksek değerlerin ise biberde elde edildiği söylenebilir.

4.2. Ağır Metal Konsantrasyonlarının Yetiştirme Yerine Bağlı Değişimi

Çalışmaya konu ağır metal konsantrasyonlarının trafiğin yoğun olduğu kent merkezinde ve trafiğin hemen hemen hiç olmadığı köylerde yetiştirilen bireylerinde, yetiştirme yerine bağlı değişimlerine ilişkin varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.2. Ağır metal konsantrasyonlarının yetiştirme yerine bağlı değişimi

Element	Yetiştirme Yeri		F Değeri
	Köy	Kent Merkezi	
Pb	1060,9 a	2651,7 b	13,639***
Fe	64,2 b	30,6 a	10,311**
Cr	807,0	734,6	,307 ns
Cd	353,5 b	205,7 a	5,892*
Mg	37814,8 b	2076,1 a	19,028***
Al	41984,2 b	15156,0 a	10,588**
Ca	3956,2	3154,8	1,086 ns

Ağır metal konsantrasyonlarının trafiğin yoğun olduğu kent merkezinde ve trafiğin hemen hemen hiç olmadığı köylerde yetiştirilen bireylerinde, yetiştirme yerine bağlı değişimlerine ilişkin varyans analizi sonuçları incelendiğinde Cr ve Ca dışındaki bütün elementlerin yetiştirme yerine bağlı değişimlerin istatistiki olarak anlamlı düzeyde (en az $p < 0,05$) farklılaştığı görülmektedir. Ortalama değerler incelendiğinde Pb dışındaki bütün elementlerde, köyde yetişen bireylerde elde edilen konsantrasyonların kent merkezinde yetişen bireylerde elde edilen konsantrasyonlardan daha yüksek olduğu görülmektedir.

4.3. Ağır Metal Konsantrasyonlarının Organ Bazında Değişimi

Çalışma kapsamında değerlendirilen ağır metal konsantrasyonlarının yaprak ve meyve organlarında, organ bazında değişimlerine ilişkin varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.3’de verilmiştir.

Tablo 4.3. Ağır metal konsantrasyonlarının organ bazında değişimi

Element	Organ		F
	Yaprak	Meyve	
Pb	2389,6 b	1323,1 a	5,677*
Fe	56,44	38,42	2,764 ns
Cr	1022,6 b	519,0 a	17,556***
Cd	316,2	243,0	1,379 ns
Mg	17966,7	21924,2	0,194 ns
Al	45040,5 b	12099,8 a	16,930***
Ca	4653,7 b	2457,3 a	8,816**

Ağır metal konsantrasyonlarının organ bazında değişimleri incelendiğinde Varyans analizi sonuçlarına göre Fe, Cd ve Mg elementlerinin organ bazında değişimlerinin istatistiki olarak anlamlı düzeyde olmadığı ($p>0,05$) belirlenmiştir. Diğer elementlerin organ bazında değişimleri incelendiğinde ise bu elementlerin tamamında yaprakta elde edilen konsantrasyonların meyvede elde edilen konsantrasyonlardan çok daha yüksek düzeylerde olduğu görülmektedir.

4.4. Ağır Metal Konsantrasyonlarının Yıkanmaya Bağlı Değişimi

Çalışma kapsamında numunelere yıkama işlemi uygulanmış ve yıkama işleminin ağır metal konsantrasyonlarına etkisi olup olmadığını belirleyebilmek amacıyla Varyans analizi yapılmıştır. Varyans analizi sonuçları ile ortalama değerler Tablo 4.4’de verilmiştir.

Tablo 4.4. Ağır metal konsantrasyonlarının yıkanmaya bağlı değişimi

Element	Yıkanma Durumu		F Değeri
	Yıkanmayan	Yıkanan	
Pb	2349,5 b	1363,1 a	4,814*
Fe	59,35 b	35,52 a	4,939*
Cr	666,0	875,6	2,636 ns
Cd	310,1	249,2	0,951 ns
Mg	33618,6 b	6272,3 a	10,278**
Al	36915	20225,3	3,833 ns
Ca	4404,3 b	2706,7 a	5,076*

Varyans analizi sonucunda yıkanma uygulanan ve uygulanmayan numuneler arasında sadece Pb, Fe, Mg ve Ca bakımından istatistiki olarak anlamlı (en az $p<0,05$) düzeyde farklılıklar bulunduğu belirlenmiştir. Bu elementlerin ortalama değerleri incelendiğinde ise tamamında yıkanmayan numunelerdeki konsantrasyonların yıkanan numunelerdekinden daha yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir.

4.5. Ağır Metal Konsantrasyonlarının Yetiştirme Yeri ve Yıkama Durumuna Bağlı Değişimi

4.5.1. Pb (ppb) Konsantrasyonunun Değişimi

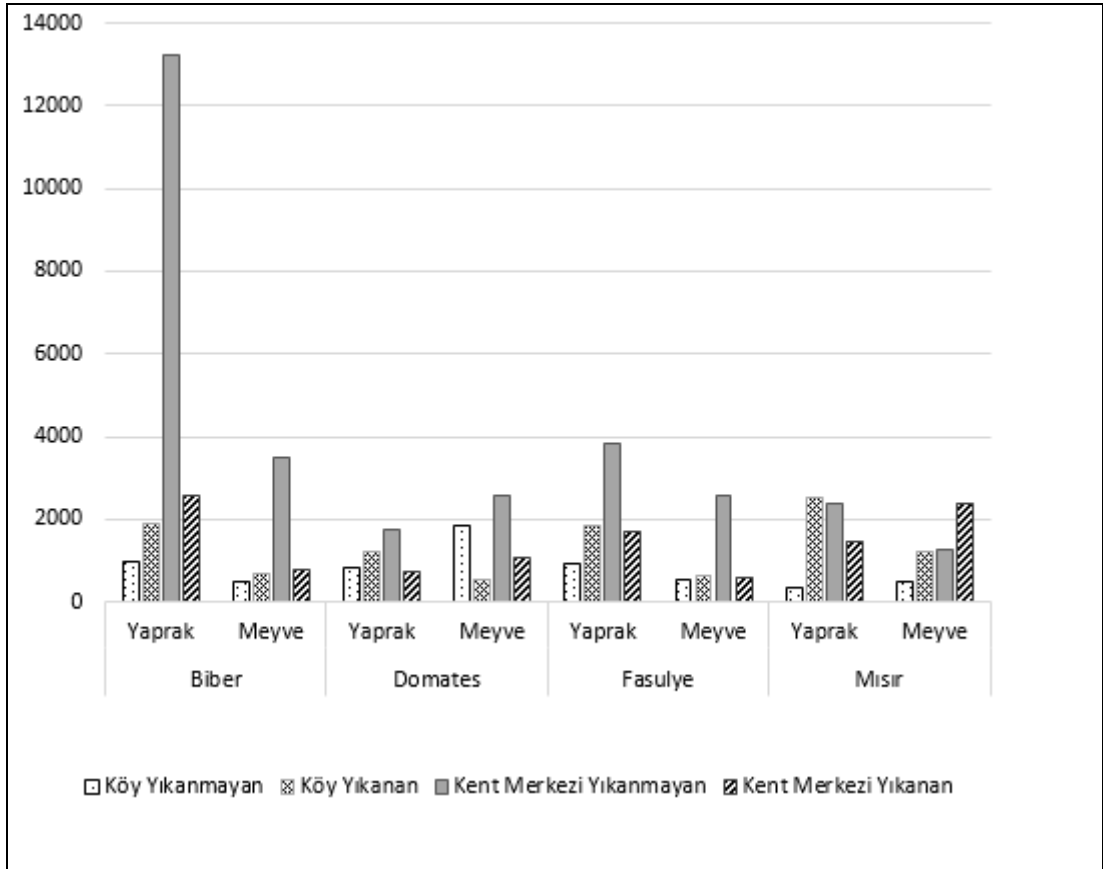
Pb konsantrasyonunun, çalışmaya konu bitkilerde bitki türü ve organı bazında yetiştirme yeri ve yıkama durumuna bağlı olarak değişimlerine ilişkin verilere Varyans analizi ve Duncan testi uygulanarak sonuçları Tablo 4.5’de verilmiştir.

Tablo 4.5. Pb konsantrasyonunun yetiştirme yeri ve yıkama durumuna bağlı değişimi

Tür	Organ	Köy		Kent Merkezi		F Değeri
		Yıkamayan	Yıkanan	Yıkamayan	Yıkanan	
Biber	Yaprak	989,2 a	1877,7 b	13240,4 d	2565,2 c	28015,668** *
	Meyve	508,5 a	681,2 b	3493,4 c	758,8 b	1832,059***
Domates	Yaprak	844,6 b	1211,7 c	1772,0 d	733,6 a	199,083***
	Meyve	1825,1 c	532,9 a	2578,1 d	1063,6 b	372,594***
Fasulye	Yaprak	907,6 a	1832,8 c	3845,9 d	1712,9 b	1191,868***
	Meyve	559,3 a	635,3 a	2579,0 b	611,0 a	1191,766***
Mısır	Yaprak	341,4 a	2511,7 d	2369,4 c	1476,7 b	3201,711***
	Meyve	485,9 a	1229,6 b	1251,8 b	2375,1 c	1312,763***

Pb konsantrasyonunun, çalışmaya konu bitkilerde bitki türü ve organı bazında yetiştirme yeri ve yıkama durumuna bağlı olarak değişimleri incelendiğinde, bütün tür ve organlarda Pb konsantrasyonunun yetiştirme yeri ve yıkamaya bağlı değişiminin istatistiki olarak anlamlı ($p<0,001$) düzeyde olduğu görülmektedir. Ortalama değerler ve Varyans analizi sonuçları incelendiğinde genel olarak en düşük değerlerin köyden toplanan yıkamayan organlarda elde edildiği söylenebilir. Köyden toplanan yıkamayan organlarda domates dışında bütün verilerin ilk homojen grupta olduğu görülmektedir. En yüksek değerler ise genel olarak trafiğin yoğun olduğu kent merkezinden toplanan bitkilerden elde edilmiştir. Kent merkezinde yetiştirilen bireylerde mısır meyveleri dışındaki bütün organlarda yıkamayan numunelerde elde edilen değerlerin yıkanan numunelerde elde edilen değerlerden daha yüksek olması dikkat çekmektedir.

Değerler incelendiğinde dikkat çeken bir diğer husus kent merkezinde yetiştirilen bireylerde yıkanmayan numuneler ile yıkanan numunelerde elde edilen Pb konsantrasyonları arasında oldukça büyük farklılıklar olmasıdır. Örneğin biber yapraklarında yıkanan numunelerdeki Pb konsantrasyonu 2565,2 ppb olarak belirlenirken yıkanmayan numunelerdeki Pb konsantrasyonu 13240,4 ppb olarak hesaplanmıştır. Benzer Grafikde biber meyvelerinde de yıkanan numunelerdeki Pb konsantrasyonu 758,8 ppb olarak belirlenirken yıkanmayan numunelerdeki Pb konsantrasyonu 3493,4 ppb olarak hesaplanmıştır. Pb konsantrasyonunun Yetiştirme Yeri ve Yıkama Durumuna Bağlı Değişimini gösterir grafik Grafik 4.1’de verilmiştir.



Grafik 4.1. Pb konsantrasyonunun yetiştirme yeri ve yıkama durumuna bağlı değişimi

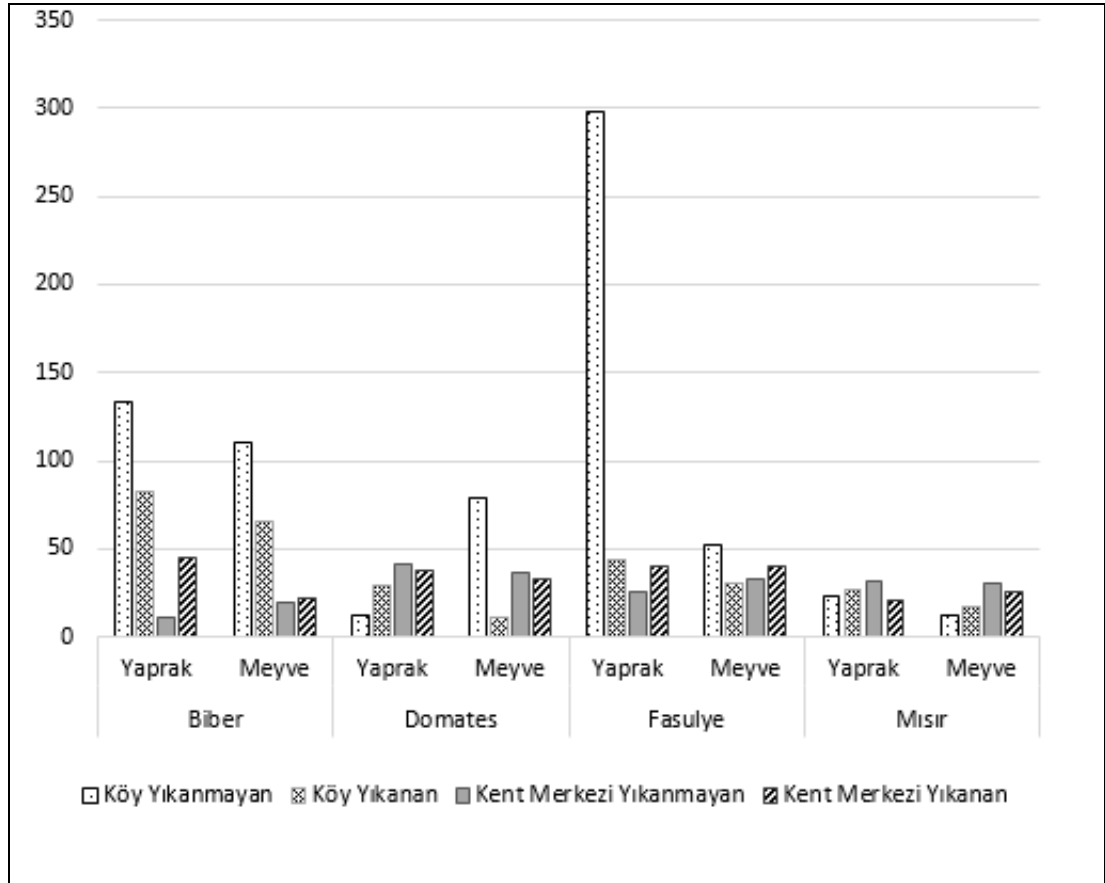
4.5.2. Fe (ppm) Konsantrasyonunun Değişimi

Fe konsantrasyonunun, çalışmaya konu biber, domates, fasulye ve mısır yaprak ve meyvelerinde bitki türü ve organı bazında yetiştirme yeri ve yıkanma durumuna bağlı olarak değişimlerine ilişkin verilere Varyans analizi ve Duncan testi uygulanarak sonuçları Tablo 4.6’da verilmiştir.

Tablo 4.6. Fe konsantrasyonunun yetiştirme yeri ve yıkanma durumuna bağlı değişimi

Tür	Organ	Köy		Kent Merkezi		F Değeri
		Yıkanmayan	Yıkanan	Yıkanmayan	Yıkanan	
Biber	Yaprak	133,837 d	82,940 c	11,347 a	44,360 b	8239,411***
	Meyve	110,410 d	65,087 c	19,240 a	22,237 b	23705,215** *
Domates	Yaprak	11,770 a	29,340 b	41,297 d	37,473 c	1413,878***
	Meyve	79,036 d	11,193 a	36,116 c	32,776 b	4759,790***
Fasulye	Yaprak	298,360 b	43,960 a	25,843 a	39,990 a	77,909***
	Meyve	52,343 c	29,930 a	32,590 a	39,720 b	88,187***
Mısır	Yaprak	23,310 b	26,890 c	32,160 d	20,207 a	1123,948***
	Meyve	11,667 a	17,077 b	30,197 d	25,073 c	3981,254***

Yapılan varyans analizi sonucunda Fe konsantrasyonunun, çalışmaya konu biber, domates, fasulye ve mısır yaprak ve meyvelerinde bütün organlarda yetiştirme yeri ve yıkanma durumuna bağlı olarak değişimlerinin istatistiki olarak anlamlı ($p>0,001$) düzeyde olduğu belirlenmiştir. Ortalama değerler ve Duncan testi oluşan gruplaşmalar incelendiğinde biber ve fasulyede en düşük değerlerin kent merkezinde yetiştirilen yıkanmayan bireylerde elde edildiği görülmektedir. En yüksek değerler ise genel olarak mısırdaki ve domatesteki kent merkezinde yetiştirilen yıkanmayan bireylerde elde edilmiştir. Bu durum Fe konsantrasyonunun yetiştirme yeri koşullarına bağlı olarak değişimin tür bazında büyük farklılıklar gösterdiğinin kanıtıdır. Fe konsantrasyonunun yetiştirme yeri ve yıkanma durumuna bağlı değişimini gösterir grafik Grafik 4.2’de verilmiştir.



Grafik 4.2. Fe konsantrasyonunun yetiştirme yeri ve yıkanma durumuna bağlı değişimi

4.5.3. Cr (ppb) Konsantrasyonunun Değişimi

Çalışmaya konu bitkilerde Cr konsantrasyonunun bitki türü ve organı bazında yetiştirme yeri ve yıkanma durumuna bağlı olarak değişimlerine ilişkin Varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.7’de verilmiştir.

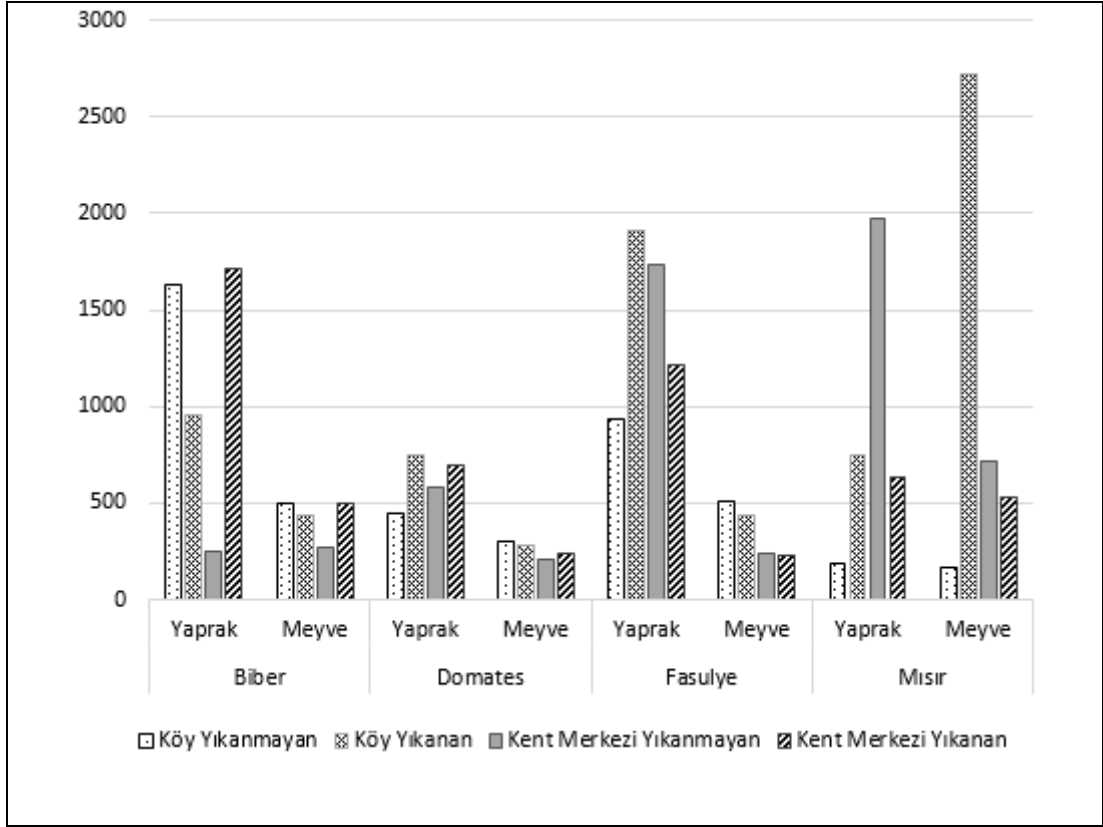
Tablo 4.7. Cr konsantrasyonunun yetiştirme yeri ve yıkanma durumuna bağlı değişimi

Tür	Organ	Köy		Kent Merkezi		F Değeri
		Yıkanmayan	Yıkanan	Yıkanmayan	Yıkanan	
Biber	Yaprak	1627,3 c	957,2 b	247,6 a	1711,2 c	451,012***
	Meyve	496,1 b	433,6 b	274,1 a	502,3 b	12,021**
Domates	Yaprak	442,8 a	745,7 d	584,3 b	699,6 c	691,866***
	Meyve	304,0 d	281,4 c	204,8 a	245,1 b	41,386***

Tablo 4.7.'nin devamı

Fasulye	Yaprak	932,9 a	1911,4 d	1729,7 c	1219,0 b	1051,282***
	Meyve	514,0 c	437,1 b	240,1 a	229,3 a	1125,876***
Mısır	Yaprak	190,5 a	751,7 c	1975,8 d	634,1 b	22409,738** *
	Meyve	168,7 a	2717,2 d	722,3 c	533,4 b	563,654***

Çalışmaya konu bitkilerde Cr konsantrasyonunun bitki türü ve organı bazında yetiştirme yeri ve yıkanma durumuna bağlı olarak değişimlerine ilişkin Varyans analizi sonuçlarına göre bütün tür ve organlarda Cr konsantrasyonunun bitki türü ve organı bazında yetiştirme yeri ve yıkanma durumuna bağlı değişiminin istatistiki olarak anlamlı (biber meyvelerinde $p>0,01$ ve diğer organlarda $p<0,001$) düzeyde farklılaştığı görülmektedir. Ortalama değerler incelendiğinde domates, fasulye ve mısır yaprakları ile mısır meyvelerinde köyde yetiştirilen ve yıkanmayan numunelerde elde edilen Cr konsantrasyonlarının ilk homojen gruplarda olduğu görülmektedir. Biberde ise en düşük konsantrasyonlar kent merkezinde yetiştirilen ve yıkanmayan numunelerde elde edilmiştir. Cr konsantrasyonunun yetiştirme yeri ve yıkanma durumuna bağlı değişimini gösterir grafik Grafik 4.3'de verilmiştir.



Grafik 4.3. Cr konsantrasyonunun yetiştirme yeri ve yıkanma durumuna bağlı değişimi

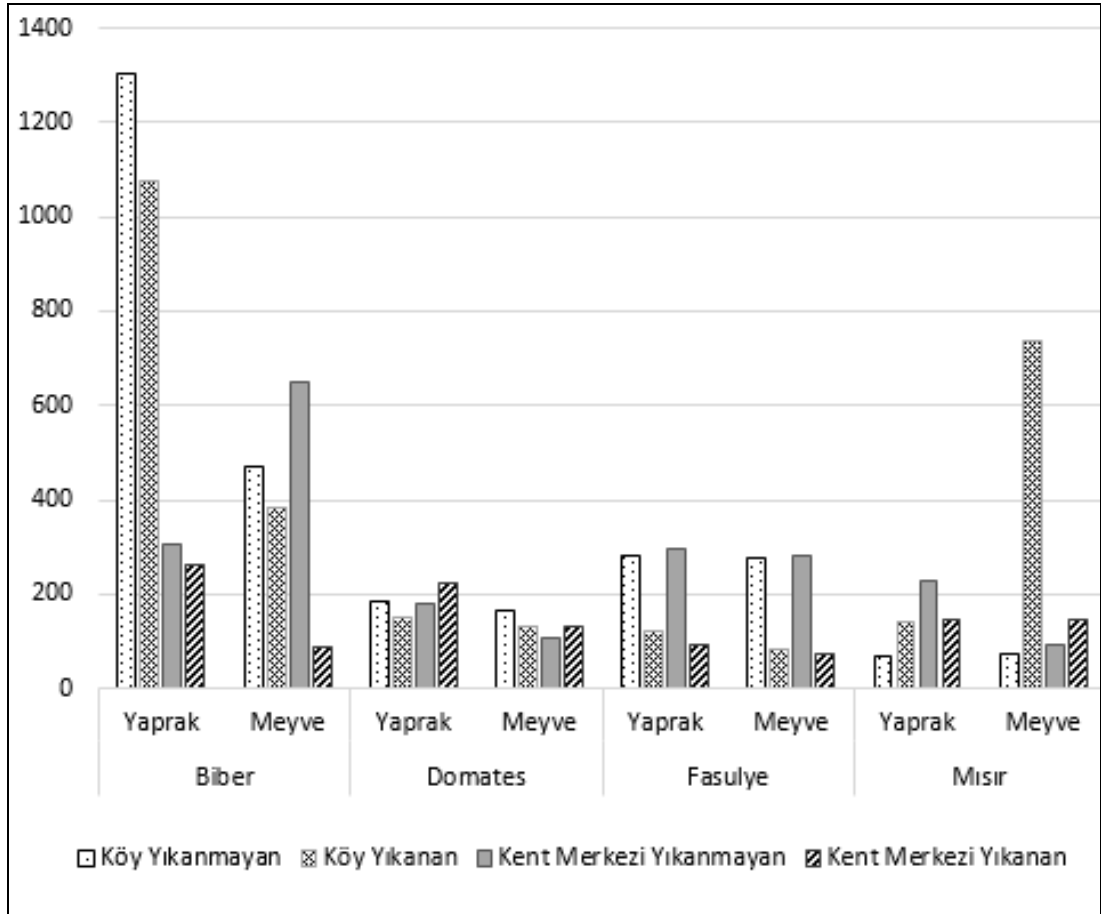
4.5.4. Cd (ppb) Konsantrasyonunun Değişimi

Cd konsantrasyonunun, çalışmaya konu bitkilerde bitki türü ve organı bazında yetiştirme yeri ve yıkanma durumuna bağlı olarak değişimlerine ilişkin verilere Varyans analizi ve Duncan testi uygulanarak sonuçları Tablo 4.8’de verilmiştir.

Tablo 4.8. Cd konsantrasyonunun yetiştirme yeri ve yıkanma durumuna bağlı değişimi

Tür	Organ	Köy		Kent Merkezi		F Değeri
		Yıkanmayan	Yıkanan	Yıkanmayan	Yıkanan	
Biber	Yaprak	1304,9 b	1075,0 b	304,0 a	261,3 a	12,246**
	Meyve	472,0	385,2	648,8	87,3	2,090 ns
Domates	Yaprak	182,3 b	150,7 a	181,1 b	223,2 c	99,293***
	Meyve	164,9 c	132,0 b	105,2 a	129,6 b	565,780***
Fasulye	Yaprak	283,7 c	120,3 b	294,3 d	92,6 a	1839,252***
	Meyve	275,2 c	84,9 b	279,4 c	73,6 a	3044,910***
Mısır	Yaprak	70,8 a	138,8 b	227,4 d	148,0 c	4650,191***
	Meyve	75,6 a	739,0 c	90,7 a	144,9 b	2309,611***

Cd konsantrasyonunun yetiştirme yeri ve yıkanmaya bağlı olarak değişimini gösterir varyans analizi sonuçları incelendiğinde biber ve fasulye dışındaki bütün organlarda Cd konsantrasyonunun yetiştirme yeri ve yıkanmaya bağlı olarak değişiminin istatistiki olarak anlamlı (biber meyvelerinde $p < 0,01$ ve diğer organlarda $p < 0,001$) olduğu görülmektedir. Ortalama değerler ve Duncan testi sonuçlarına göre ise en düşük değerler biber ve fasulye kent merkezinde yetiştirilen yıkanan numunelerde, mısırdaki ise köyde yetiştirilen yıkanmayan numunelerde elde edilmiştir. Genel olarak en yüksek değerler ise köyde yetiştirilen biber yapraklarında elde edilmiştir. Cd konsantrasyonunun yetiştirme yeri ve yıkanma durumuna bağlı değişimini gösterir grafik Grafik 4.4’de verilmiştir.



Grafik 4.4. Cd konsantrasyonunun yetiştirme yeri ve yıkanma durumuna bağlı değişimi

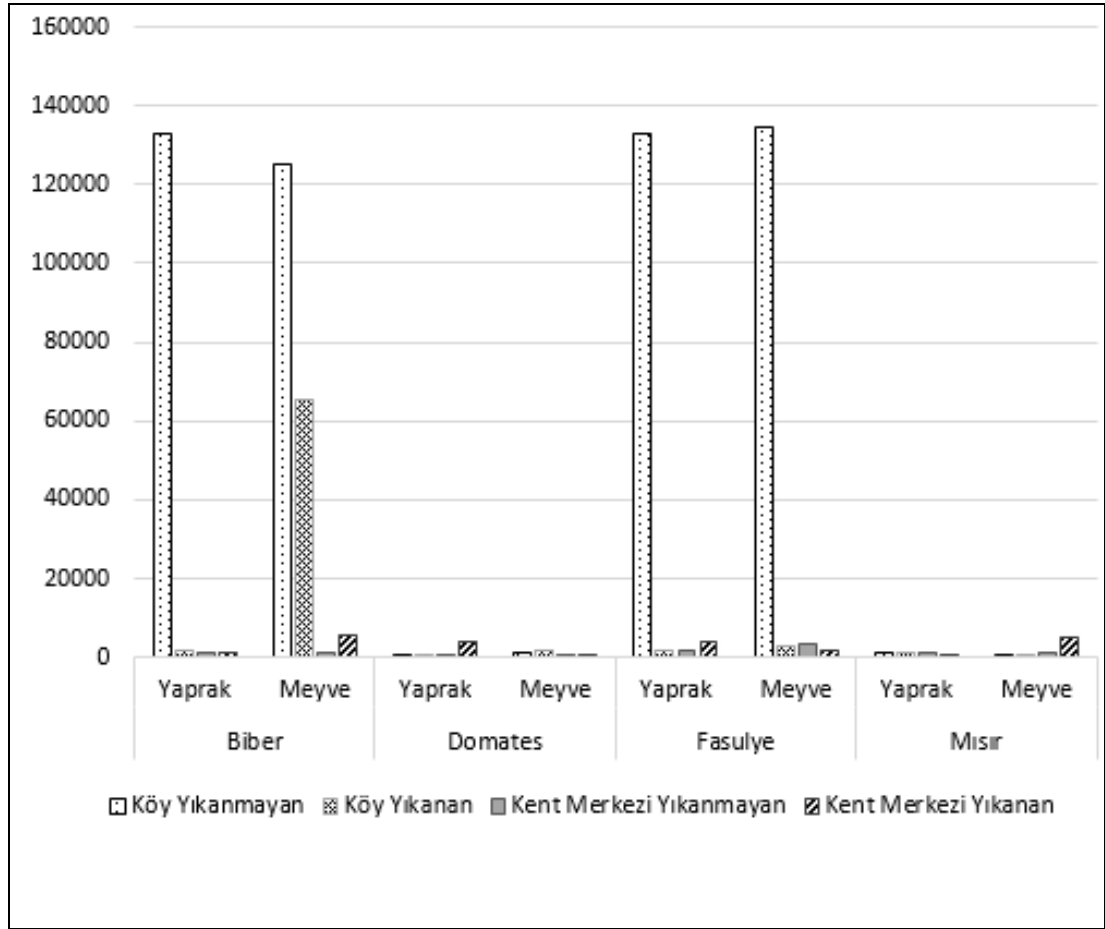
4.5.5. Mg (ppm) Konsantrasyonunun Değişimi

Mg konsantrasyonunun, çalışmaya konu biber, domates, fasulye ve mısır yaprak ve meyvelerinde bitki türü ve organı bazında yetiştirme yeri ve yıkanma durumuna bağlı olarak değişimlerine ilişkin verilere Varyans analizi ve Duncan testi uygulanarak sonuçları Tablo 4.9’da verilmiştir.

Tablo 4.9. Mg konsantrasyonunun yetiştirme yeri ve yıkanma durumuna bağlı değişimi

Tür	Organ	Köy		Kent Merkezi		F Değeri
		Yıkanmayan	Yıkanan	Yıkanmayan	Yıkanan	
Biber	Yaprak	133006,4 c	1989,5 b	1074,3 a	1304,2 a	669989***
	Meyve	125001,6 d	65586,1 c	993,5 a	5361,7 b	86921,082***
Domates	Yaprak	375,8 a	624,1 c	584,6 b	4082,6 d	17316,388***
	Meyve	1237,5 c	1828,7 d	116,4 a	813,0 b	3216,081***
Fasulye	Yaprak	132671,2 d	1864,6 b	1502,3 a	4221,0 c	5452204***
	Meyve	134418,9 d	2850,8 b	3314,1 c	1840,0 a	6484002***
Mısır	Yaprak	987,5 c	1379,7 d	922,2 b	876,2 a	717,391***
	Meyve	530,4 a	683,0 b	1160,0 c	5050,5 d	33162,144***

Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre Mg konsantrasyonunun, çalışmaya konu biber, domates, fasulye ve mısır yaprak ve bitkilerinde bütün organlarda yetiştirme yeri ve yıkanma durumuna bağlı olarak değişimlerinin istatistiki olarak anlamlı ($p>0,001$) düzeyde değiştiği belirlenmiştir. Ortalama değerler ve Duncan testi oluşan gruplaşmalar incelendiğinde biber yaprak ve meyveleri ile fasulye yaprak ve domates meyvelerinde en düşük değerlerin kent merkezinde yetiştirilen yıkanmayan bireylerde elde edildiği görülmektedir. En yüksek değerler ise biber ve fasulyede köyde yetiştirilen yıkanmayan numunelerde elde edilmiştir. Biber ve fasulyede köyde yetiştirilen yıkanmayan numunelerde elde değerler, diğer değerlerden çok yüksek düzeydedir. Biber ve fasulyede köyde yetiştirilen yıkanmayan numunelerde elde değerler ile köyde yetiştirilen ve yıkanan biber meyvelerinde elde edilen değerler 65586,1 ppb ile 134418,9 ppb arasında değişirken diğer değerlerden en yükseği 5361,7 ppb (kent merkezinde yetiştirilen yıkanan biber meyvesi) olarak hesaplanmıştır. Mg konsantrasyonunun yetiştirme yeri ve yıkanma durumuna bağlı değişimini gösterir grafik Grafik 4.5’de verilmiştir.



Grafik 4.5. Mg konsantrasyonunun Yetiştirme Yeri ve Yıkama Durumuna Bağlı Değişimi

4.5.6. Al (ppb) Konsantrasyonunun Değişimi

Çalışmaya konu bitkilerde Al konsantrasyonunun bitki türü ve organı bazında yetiştirme yeri ve yıkama durumuna bağlı olarak değişimlerine ilişkin Varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.10'da verilmiştir.

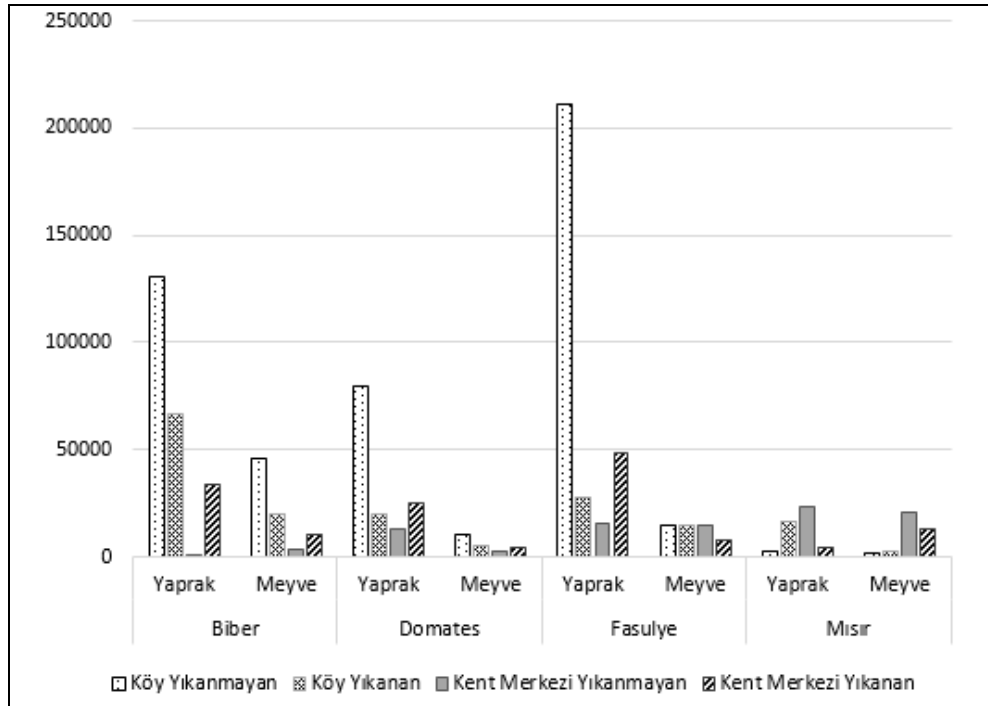
Tablo 4.10. Al konsantrasyonunun yetiştirme yeri ve yıkama durumuna bağlı değişimi

Tür	Organ	Köy		Kent Merkezi		F Değeri
		Yıkanmayan	Yıkayan	Yıkanmayan	Yıkayan	
Biber	Yaprak	130538,1 d	66286,1 c	898,9 a	33829,7 b	26503,017***
	Meyve	45520,0 d	20210,9 c	3232,1 a	10654,8 b	32934,272***
Domates	Yaprak	80084,8 d	20274,4 b	12880,4 a	25081,0 c	5796,328***
	Meyve	10086,1 d	5323,7 c	2401,1 a	4675,5 b	3321,949***

Tablo 4.10.'un devamı

Fasulye	Yaprak	210706,2 d	28216,0 b	15661,5 a	48960,5 c	121277***
	Meyve	14779,6 b	15007,0 b	14418,1 b	7681,2 a	280,490***
Mısır	Yaprak	2938,3 a	16799,9 c	23180,5 d	4311,3 b	59415,489***
	Meyve	2129,9 a	2846,3 b	21183,4 d	13446,0 c	33015,428***

Tabloda görüldüğü üzere Al konsantrasyonunun da yetiştirme yeri ve yıkanmaya bağlı olarak değişimini, varyans analizi sonuçlarına göre bütün tülerin bütün organlarında istatistiki olarak anlamlıdır ($p < 0,001$). Biber ve domatesin hem yaprak hem de meyveleri ile fasulye meyvelerinin kent merkezinde yıkanmayan numunelerinde elde edilen Al konsantrasyonlarının, Duncan testi sonuçlarına göre ilk homojen gruplarda olması dikkat çekmektedir. Bu numunelerde en yüksek değerler ise köyde yetiştirilen yıkanmayan numunelerde elde edilmiştir. Mısırdaki ise tam tersi bir durum söz konusudur. Mısırdaki hem yaprak hem de meyvelerde en düşük konsantrasyonlar köyde yetiştirilen yıkanmayan numunelerde elde edilirken en yüksek konsantrasyonlar kent merkezinde yetiştirilen yıkanmayan numunelerde elde edilmiştir. Al konsantrasyonunun yetiştirme yeri ve yıkanma durumuna bağlı değişimini gösterir grafik Grafik 4.6'da verilmiştir.



Grafik 4.6. Al konsantrasyonunun yetiştirme yeri ve yıkanma durumuna bağlı değişimi

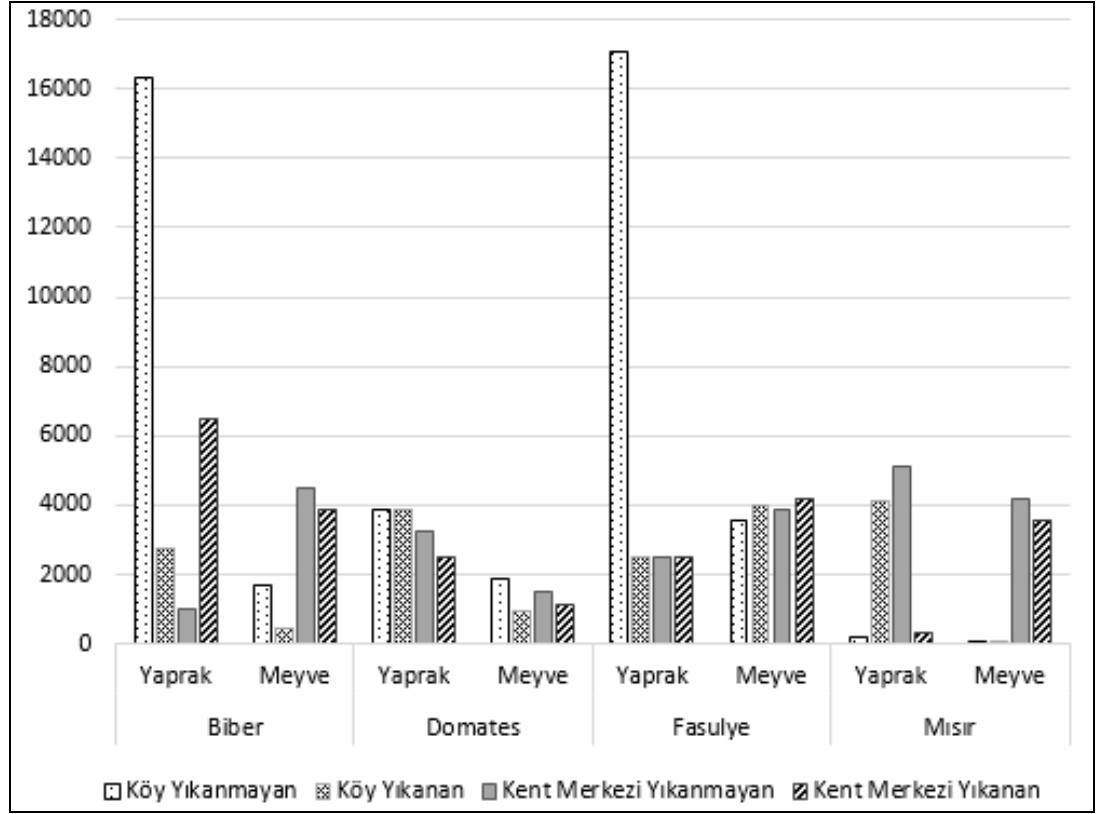
4.5.7. Ca (ppm) Konsantrasyonunun Değişimi

Ca konsantrasyonunun, çalışmaya konu bitkilerde bitki türü ve organı bazında yetiştirme yeri ve yıkanma durumuna bağlı olarak değişimlerine ilişkin verilere Varyans analizi ve Duncan testi uygulanarak sonuçları Tablo'da verilmiştir.

Tablo 4.11. Ca konsantrasyonunun yetiştirme yeri ve yıkanma durumuna bağlı değişimi

Tür	Organ	Köy		Kent Merkezi		F Değeri
		Yıkanmayan	Yıkanan	Yıkanmayan	Yıkanan	
Biber	Yaprak	16324,8 d	2731,6 b	996,73 a	6513,2 c	80751,097***
	Meyve	1706,4 b	439,7 a	4467,2 d	3898,9 c	116330,697** *
Domates	Yaprak	3888,1 c	3873,8 c	3264,1 b	2511,8 a	3920,540***
	Meyve	1850,0 d	932,0 a	1472,2 c	1132,9 b	2138,575***
Fasulye	Yaprak	17068,2 b	2512,0 a	2513,2 a	2511,6 a	17965730***
	Meyve	3544,2 a	4014,3 c	3871,2 b	4156,7 d	1852,303***
Mısır	Yaprak	201,5 a	4089,0 c	5111,3 d	347,3 b	35620,683***
	Meyve	38,5 a	85,3 b	4151,4 d	3556,0 c	23660,069***

Ca konsantrasyonunun da bütün türlerin bütün organlarında yetiştirme yeri ve yıkanmaya bağlı değişimlerinin istatistiki olarak anlamlı ($p<0,001$) düzeyde farklılaştığı belirlenmiştir. Ortalama değerler incelendiğinde ise Fasulye meyveleri ile mısır meyve ve yapraklarında en düşük değerlerin köyde yetiştirilen yıkanmayan numunelerde, biber ve domates meyveleri ile fasulye yapraklarında en düşük konsantrasyonların ise köyde yetiştirilen ve yıkanan numunelerde elde edildiği görülmektedir. Fasulye ve domates yapraklarında ise en düşük konsantrasyonlar kent merkezinde yetiştirilen ve yıkanan numunelerde elde edilmiştir. Mısır yaprak ve meyveleri ile biber meyvelerinde en yüksek konsantrasyonlar kent merkezinde yetiştirilen ve yıkanmayan numunelerde elde edilirken biber yaprakları ile domates yaprak ve meyvelerinde en yüksek konsantrasyonlar da köyde yetiştirilen ve yıkanmayan numunelerde elde edilmiştir. Ca konsantrasyonunun yetiştirme yeri ve yıkanma durumuna bağlı değişimini gösterir grafik Grafik 4.7'de verilmiştir.



Grafik 4.7. Ca konsantrasyonunun yetiştirme yeri ve yıkanma durumuna bağlı değişimi

4.6. Ağır Metal Konsantrasyonlarının Tür ve Organ Bazında Değişimi

4.6.1. Pb (ppb) Konsantrasyonunun Değişimi

Pb konsantrasyonunun, çalışmaya konu bitkilerde yetiştirme yeri ve yıkanma durumuna göre bitki türü ve organı bazında değişimlerine ilişkin Varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.12’de verilmiştir.

Tablo 4.12. Pb konsantrasyonunun tür ve organ bazında değişimi

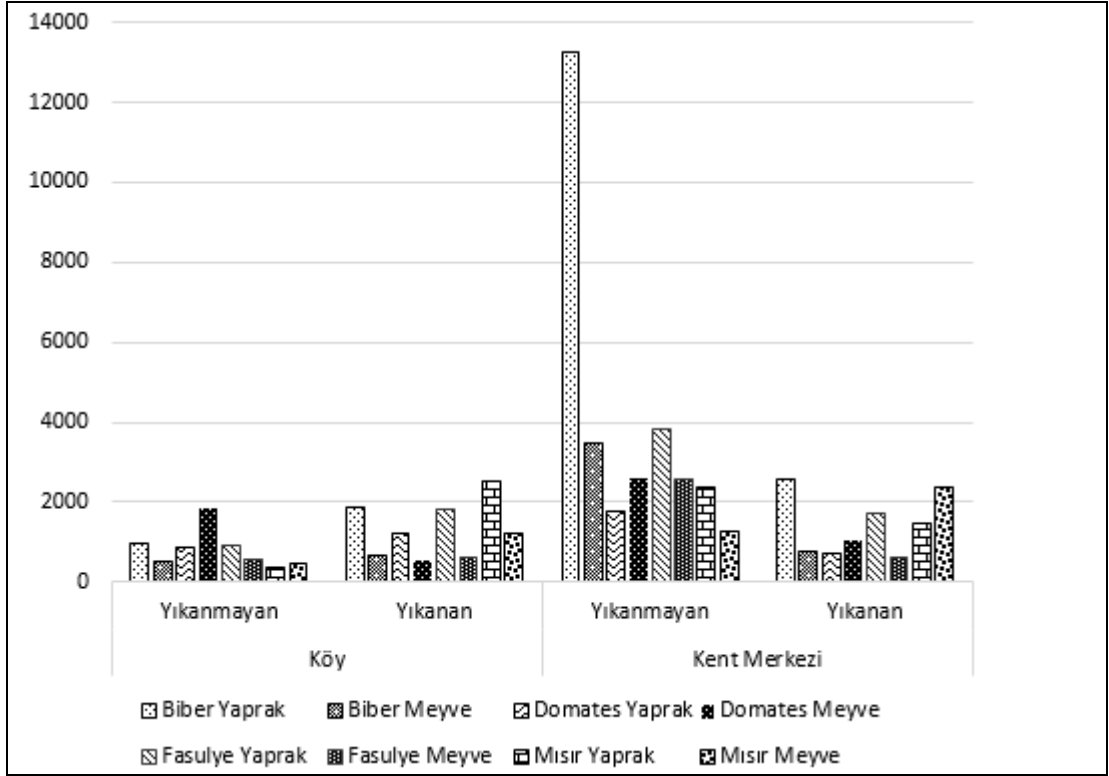
Tür	Organ	Köy		Kent Merkezi	
		Yıkanmayan	Yıkayan	Yıkanmayan	Yıkayan
Biber	Yaprak	989,2 d	1877,7 d	13240,4 g	2565,2 g
	Meyve	508,5 b	681,2 b	3493,4 e	758,8 b
Domates	Yaprak	844,6 c	1211,7 c	1772,0 b	733,6 b
	Meyve	1825,1 e	532,9 a	2578,1 d	1063,6 c

Tablo 4.12.'nin devamı

Fasulye	Yaprak	907,6 cd	1832,8 d	3845,9 f	1712,9 e
	Meyve	559,3 b	635,3 b	2579,0 d	611,0 a
Mısır	Yaprak	341,4 a	2511,7 e	2369,4 c	1476,7 d
	Meyve	485,9 b	1229,6 c	1251,8 a	2375,1 f
F Değeri		133,110****	771,871****	10433,286****	1217,034****

Pb konsantrasyonunun tür ve organ bazında değişimleri incelendiğinde hem köy hem de kent merkezinde yetiştirilen ve hem yıkanan hem yıkanmayan numunelerde, Pb konsantrasyonunun tür ve organ bazında değişimlerinin istatistiki olarak anlamlı ($p<0,001$) düzeyde farklılaştığı görülmektedir. Değerler incelendiğinde özellikle mısırdaki elde edilen veriler dikkat çekicidir. Köyde yetiştirilen ve yıkanmayan numunelerde en düşük değer mısır yapraklarında elde edilirken köyde yetiştirilen ve yıkanan numunelerde en yüksek değer mısır yapraklarında elde edilmiştir. Tam tersi bir Grafikte köyde yetiştirilen ve yıkanmayan numunelerde en yüksek değer domates meyvelerinde elde edilirken köyde yetiştirilen ve yıkanan numunelerde en yüksek değer domates meyvelerinde elde edilmiştir.

Kent merkezinde yetiştirilen bitkilerde ise yıkanmayan numunelerdeki en düşük değer mısır meyvelerinde elde edilirken, yıkanan numunelerde en yüksek değer mısır meyvelerinde elde edilmiştir. Kent merkezinde yetiştirilen bitkilerde yıkanmayan numunelerde en yüksek değer fasulye yapraklarında, yıkanan numunelerde ise en düşük değer fasulye meyvelerinde elde edilmiştir. Pb konsantrasyonunun tür ve organ bazında değişimini gösterir grafik Grafik 4.8'de verilmiştir.



Grafik 4.8. Pb konsantrasyonunun tür ve organ bazında değişimi

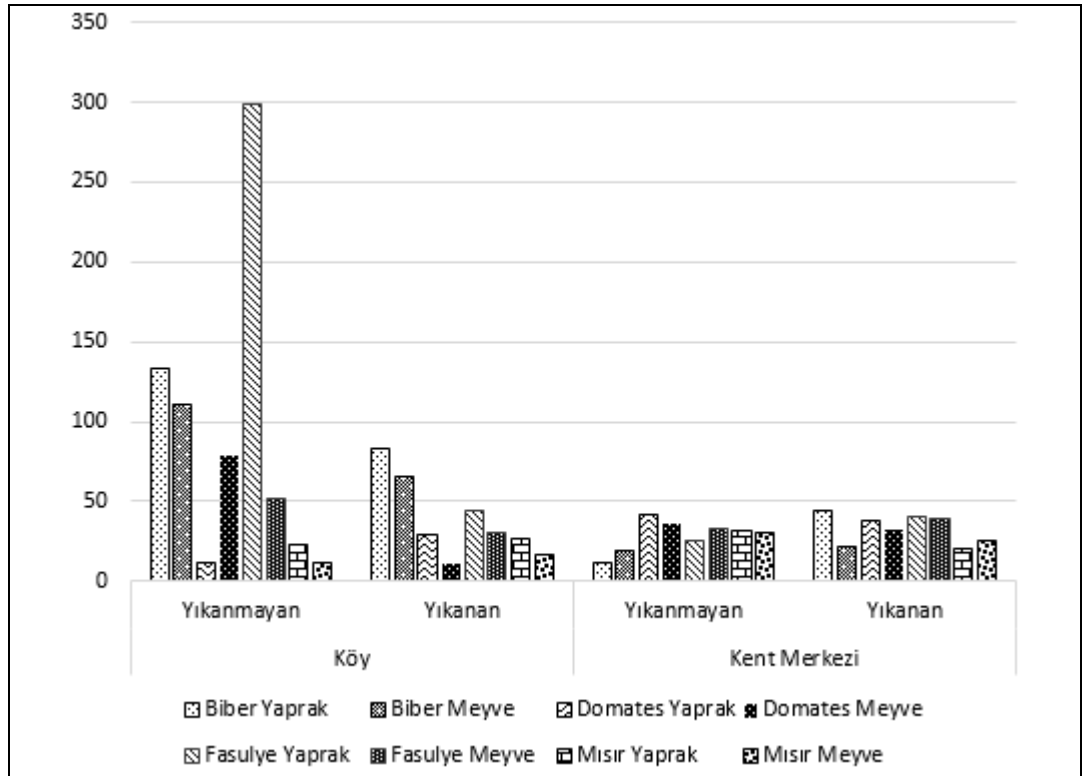
4.6.2. Fe (ppm) Konsantrasyonunun Değişimi

Çalışmaya konu olan ve farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen bitkilerde Fe konsantrasyonunun, bitki türü ve organı bazında değişimlerine ilişkin Varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.13’de verilmiştir.

Tablo 4.13. Fe konsantrasyonunun tür ve organ bazında değişimi

Tür	Organ	Köy		Kent Merkezi	
		Yıkanmayan	Yıkanan	Yıkanmayan	Yıkanan
Biber	Yaprak	133,837 f	82,940 g	11,347 a	44,360
	Meyve	110,410 e	65,087 f	19,240 b	22,237
Domates	Yaprak	11,770 a	29,340 cd	41,297 g	37,473
	Meyve	79,036 d	11,193 a	36,116 f	32,776
Fasulye	Yaprak	298,360 g	43,960 e	25,843 c	39,990
	Meyve	52,343 c	29,930 d	32,590 e	39,720
Mısır	Yaprak	23,310 b	26,890 c	32,160 e	20,207
	Meyve	11,667 a	17,077 b	30,197 d	25,073
F Değeri		63014,944***	887,251***	1653,980***	,757 ns

Fe konsantrasyonunun farklı ortamlarda yetiştirilen ve yıkanma işlemine tabi tutulan ve tutulmayan bitkilerde tür ve organları bazında değişimleri incelendiğinde, kent merkezinde yetiştirilen ve yıkanan numunelerde Fe konsantrasyonunun tür ve organ bazında değişiminin istatistiki olarak anlamlı düzeyde olmadığı ($p>0,05$) görülmektedir. Kent merkezinde yetiştirilen ve yıkanmayan numuneler ile köyde yetiştirilen numunelerde ise Fe konsantrasyonunun tür ve organ bazında değişimi istatistiki olarak anlamlı ($p<0,001$) düzeyde farklılaşmaktadır. Ortalama değerler ve Duncan testi oluşan gruplaşmalar incelendiğinde ise kent merkezinde yetiştirilen ve yıkanmayan numunelerde en düşük değerlerin biberde, en yüksek değerlerin ise domateste elde edildiği görülmektedir. Köyde yetiştirilen biberlerde ise tam tersi bir durum vardır. Köyde yetiştirilen biberlerde hem yıkanan hem yıkanmayan numunelerde genel olarak en yüksek Fe konsantrasyonlarının biberlerde elde edildiği söylenebilir. Köyde yetiştirilen bitkilerde yıkanmayan numunelerde en düşük değerler domates yaprak ve mısır meyvelerinde, yıkanan numunelerde ise en düşük değerler domates ve mısır meyvelerinde elde edilmiştir. Fe konsantrasyonunun tür ve organ bazında değişimini gösterir grafik Grafik 4.9'da verilmiştir.



Grafik 4.9. Fe konsantrasyonunun tür ve organ bazında değişimi

4.6.3. Cr (ppb) Konsantrasyonunun Değişimi

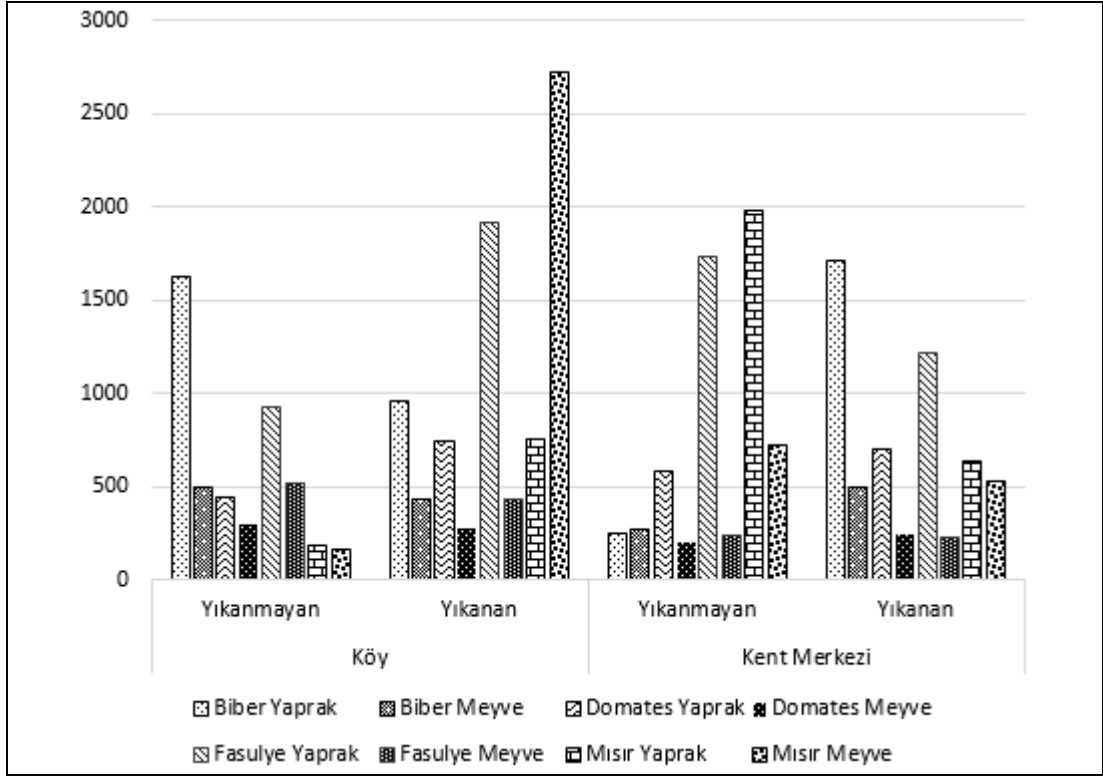
Cr konsantrasyonunun, çalışmaya konu bitkilerde farklı yetiştirme yerlerinde yetiştirilen, yıkanan ve yıkanmayan numunelerde, bitki türü ve organı bazında değişimlerine ilişkin Varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.14’de verilmiştir.

Tablo 4.14. Cr konsantrasyonunun tür ve organ bazında değişimi

Tür	Organ	Köy		Kent Merkezi	
		Yıkanmayan	Yıkanan	Yıkanmayan	Yıkanan
Biber	Yaprak	1627,3 g	957,2 d	247,6 b	1711,2 e
	Meyve	496,1 e	433,6 b	274,1 c	502,3 b
Domates	Yaprak	442,8 d	745,7 c	584,3 d	699,6 c
	Meyve	304,0 c	281,4 a	204,8 a	245,1 a
Fasulye	Yaprak	932,9 f	1911,4 e	1729,7 f	1219,0 d
	Meyve	514,0 e	437,1 b	240,1 b	229,3 a
Mısır	Yaprak	190,5 b	751,7 c	1975,8 g	634,1 c
	Meyve	168,7 a	2717,2 f	722,3 e	533,4 b
F Değeri		5759,400***	585,506***	15321,621***	256,802***

Varyans analizi sonucunda Cr konsantrasyonunun bütün yetiştirme ortamları ve yıkanma durumlarında, bitki türü ve organı bazında değişimlerinin istatistiki olarak anlamlı ($p<0,001$) düzeyde değiştiği belirlenmiştir. Köyde yetiştirilen ve yıkanmayan numunelerde en düşük Cr konsantrasyonları mısır meyve ve yapraklarında elde edilirken en yüksek Cr konsantrasyonları fasulye ve biber yapraklarında elde edilmiştir. Köyde yetiştirilen ve yıkanan numunelerde ise en düşük Cr konsantrasyonları domates ve fasulye meyvelerinde elde edilirken en yüksek Cr konsantrasyonları fasulye yapraklarında ve mısır meyvelerinde elde edilmiştir.

Kent merkezinde yetiştirilen ve yıkanmayan numunelerde en düşük Cr konsantrasyonları domates meyve ve biber yapraklarında elde edilirken en yüksek Cr konsantrasyonları fasulye ve mısır yapraklarında elde edilmiştir. Kent merkezinde yetiştirilen ve yıkanan numunelerde ise en düşük Cr konsantrasyonları domates ve fasulye meyvelerinde elde edilirken en yüksek Cr konsantrasyonları fasulye ve biber yapraklarında elde edilmiştir. Cr konsantrasyonunun tür ve organ bazında değişimini gösterir grafik Grafik 4.10’da verilmiştir.



Grafik 4.10. Cr konsantrasyonunun tür ve organ bazında değişimi

4.6.4. Cd (ppb) Konsantrasyonunun Değişimi

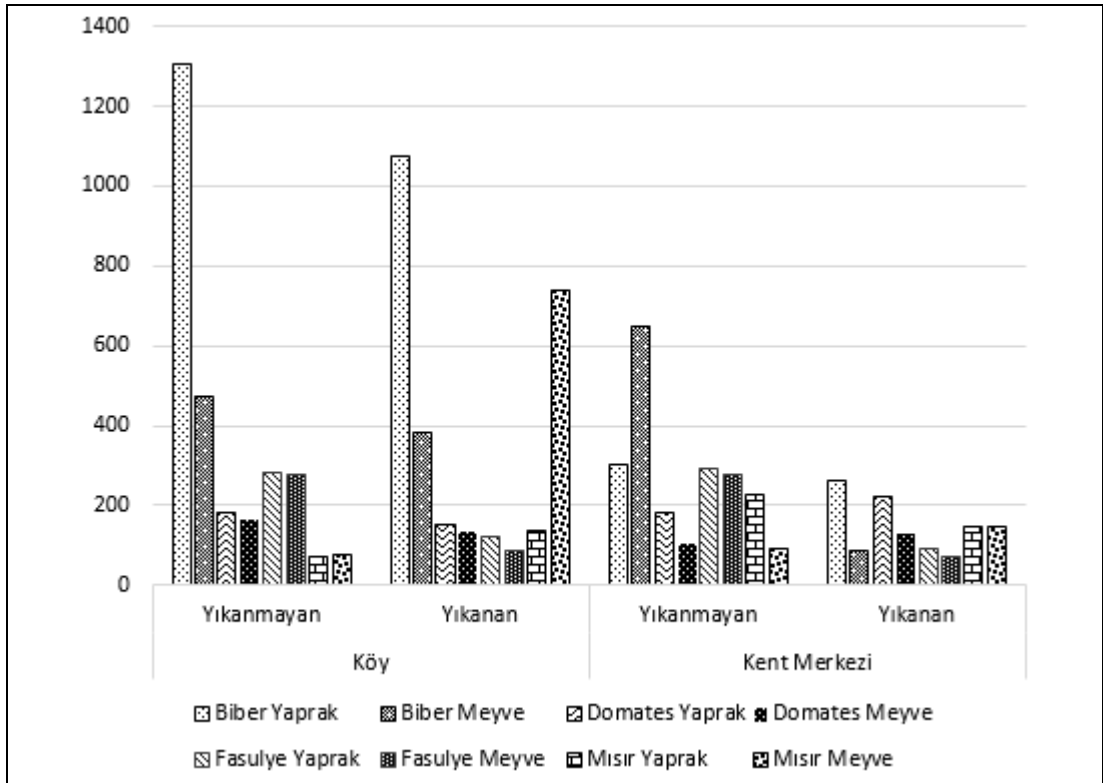
Çalışmaya konu olan ve farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilerek yıkama işlemine tabi tutulan bitkilerde Cd konsantrasyonunun, bitki türü ve organı bazında değişimlerine ilişkin Varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.15’de verilmiştir.

Tablo 4.15. Cd konsantrasyonunun tür ve organ bazında değişimi

Tür	Organ	Köy		Kent Merkezi	
		Yıkamayan	Yıkanan	Yıkamayan	Yıkanan
Biber	Yaprak	1304,9 f	1075,0 f	304,0	261,3 f
	Meyve	472,0 e	385,2 d	648,8	87,3 b
Domates	Yaprak	182,3 c	150,7 c	181,1	223,2 e
	Meyve	164,9 b	132,0 bc	105,2	129,6 c
Fasulye	Yaprak	283,7 d	120,3 b	294,3	92,6 b
	Meyve	275,2 d	84,9 a	279,4	73,6 a
Mısır	Yaprak	70,8 a	138,8 bc	227,4	148,0 d
	Meyve	75,6 a	739,0 e	90,7	144,9 d
F Değeri		13542,810***	3588,620***	1,238 ns	1239,863***

Cd konsantrasyonunun farklı ortamlarda yetiştirilen ve yıkanma işlemine tabi tutulan ve tutulmayan bitkilerde tür ve organlar bazında değişimleri incelendiğinde, kent merkezinde yetiştirilen ve yıkanmayan numunelerde Cd konsantrasyonunun tür ve organ bazında değişiminin istatistiki olarak anlamlı düzeyde olmadığı ($p>0,05$) görülmektedir. Kent merkezinde yetiştirilen ve yıkanan numuneler ile köyde yetiştirilen numunelerde ise Fe konsantrasyonunun tür ve organ bazında değişimi istatistiki olarak anlamlı ($p<0,001$) düzeyde farklılaşmaktadır.

Köyde yetiştirilen ve yıkanmayan numunelerde en düşük değerler mısır, en yüksek değerler ise biber organlarında elde edilmiştir. Köyde yetiştirilen ve yıkanan numunelerde ise en düşük değerler fasulye organlarında elde edilirken en yüksek değerler mısır meyve ve biber yapraklarında elde edilmiştir. Kent merkezinde yetiştirilen ve yıkanan numunelerde en düşük değerler fasulye organlarında elde edilirken en yüksek değerler domates ve biber yapraklarında elde edilmiştir. Cd konsantrasyonunun tür ve organ bazında değişimini gösterir grafik Grafik 4.11’de verilmiştir.



Grafik 4.11. Cd konsantrasyonunun tür ve organ bazında değişimi

4.6.5. Mg (ppm) Konsantrasyonunun Değişimi

Mg konsantrasyonunun, çalışmaya konu bitkilerde farklı yetiştirme yerlerinde yetiştirilen, yıkanan ve yıkanmayan numunelerde, bitki türü ve organı bazında değişimlerine ilişkin Varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.16'da verilmiştir.

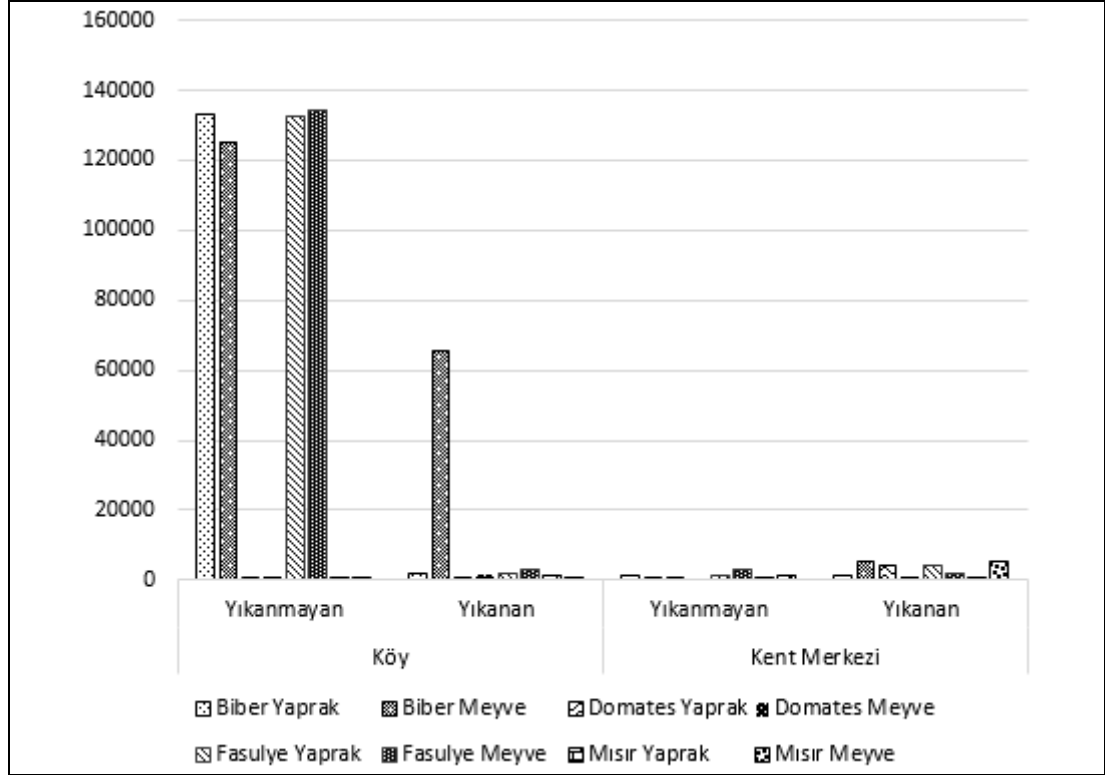
Tablo 4.16. Mg konsantrasyonunun tür ve organ bazında değişimi

Tür	Organ	Köy		Kent Merkezi	
		Yıkanmayan	Yıkanan	Yıkanmayan	Yıkanan
Biber	Yaprak	133006,4 d	1989,5 c	1074,3 cd	1304,2 b
	Meyve	125001,6 c	65586,1 e	993,5 cd	5361,7 g
Domates	Yaprak	375,8 a	624,1 a	584,6 b	4082,6 d
	Meyve	1237,5 b	1828,7 c	116,4 a	813,0 a
Fasulye	Yaprak	132671,2 d	1864,6 c	1502,3 e	4221,0 e
	Meyve	134418,9 e	2850,8 d	3314,1 f	1840,0 c
Mısır	Yaprak	987,5 b	1379,7 b	922,2 c	876,2 a
	Meyve	530,4 a	683,0 a	1160,0 d	5050,5 f
F Değeri		341909,305***	107097,310***	227,693***	3912,923***

Varyans analizi sonuçlarına göre Mg konsantrasyonunun bütün yetiştirme ortamları ve yıkanma durumlarında, bitki türü ve organı bazında değişimlerinin istatistiki olarak anlamlı ($p<0,001$) düzeyde olduğu belirlenmiştir. Köyde yetiştirilen ve yıkanmayan numunelerde en düşük Mg konsantrasyonları mısır meyve ve domates yapraklarında elde edilirken en düşük değerler genel olarak mısır ve domates organlarında elde edilmiştir. En yüksek değerler ise biber ve fasulye organlarında elde edilmiştir. Köyde yetiştirilen ve yıkanan numunelerde de genel olarak en düşük Mg konsantrasyonları domates ve mısır organlarında elde edilirken en yüksek Mg konsantrasyonları da yine fasulye ve biber organlarında elde edilmiştir.

Kent merkezinde yetiştirilen ve yıkanmayan numunelerde de en düşük Mg konsantrasyonları domates organlarında, en yüksek konsantrasyonlar fasulye organlarında elde edilmiştir. Kent merkezinde yetiştirilen ve yıkanan numunelerde ise en düşük Mg konsantrasyonları domates meyve ve mısır yapraklarında elde

edilirken en yüksek Mg konsantrasyonları mısır ve biber meyvelerinde elde edilmiştir. Mg konsantrasyonunun tür ve organ bazında değişimini gösterir grafik Grafik 4.12’de verilmiştir.



Grafik 4.12. Mg konsantrasyonunun tür ve organ bazında değişimi

4.6.6. Al (ppb) Konsantrasyonunun Değişimi

Çalışmaya konu olan ve farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilerek yıkama işlemine tabi tutulan biber, domates, fasulye ve mısır yaprak ve meyvelerinde Al konsantrasyonunun, bitki türü ve organı bazında değişimlerine ilişkin Varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.17’de verilmiştir.

Tablo 4.17. Al konsantrasyonunun tür ve organ bazında değişimi

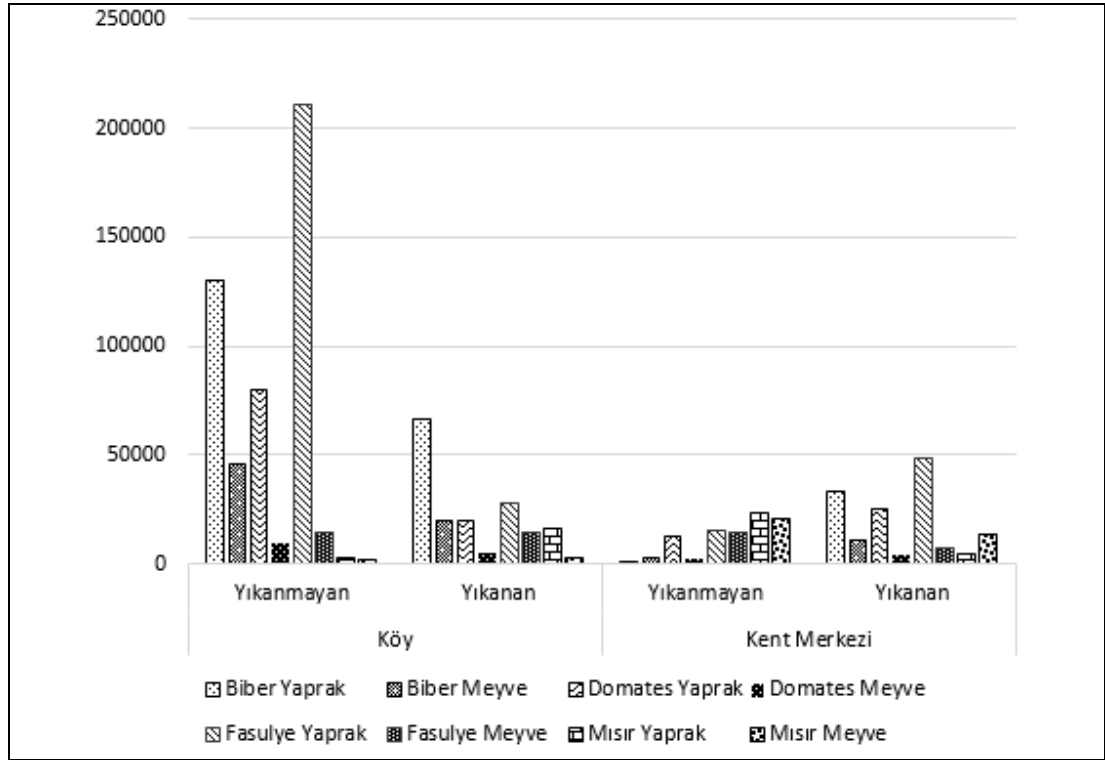
Tür	Organ	Köy		Kent Merkezi	
		Yıkamayan	Yıkayan	Yıkamayan	Yıkayan
Biber	Yaprak	130538,1 f	66286,1 g	898,9 a	33829,7 f
	Meyve	45520,0 d	20210,9 e	3232,1 c	10654,8 c
Domates	Yaprak	80084,8 e	20274,4 e	12880,4 d	25081,0 e
	Meyve	10086,1 b	5323,7 b	2401,1 b	4675,5 a

Tablo 4.17'nin devamı

Fasulye	Yaprak	210706,2 g	28216,0 f	15661,5 f	48960,5 g
	Meyve	14779,6 c	15007,0 c	14418,1 e	7681,2 b
Mısır	Yaprak	2938,3 a	16799,9 d	23180,5 h	4311,3 a
	Meyve	2129,9 a	2846,3 a	21183,4 g	13446,0 d
F Değeri		65410,710***	11036,745***	3217,263***	4297,487***

Al konsantrasyonunun tür ve organ bazında değişimine ilişkin Varyans analizi sonucunda Al konsantrasyonunun bütün yetiştirme ortamları ve yıkanma durumlarında, bitki türü ve organı bazında istatistiki olarak anlamlı ($p < 0,001$) düzeyde değiştiği belirlenmiştir. Köyde yetiştirilen ve yıkanmayan numunelerde en düşük Al konsantrasyonları mısır meyve ve yapraklarında elde edilirken en yüksek Al konsantrasyonları domates ve biber yapraklarında elde edilmiştir. Köyde yetiştirilen ve yıkanan numunelerde ise en düşük Al konsantrasyonları domates ve mısır meyvelerinde elde edilirken en yüksek Al konsantrasyonları fasulye ve biber yapraklarında elde edilmiştir.

Kent merkezinde yetiştirilen ve yıkanmayan numunelerde en düşük Al konsantrasyonları domates meyve ve biber yapraklarında elde edilirken en yüksek Al konsantrasyonları mısır organlarında elde edilmiştir. Kent merkezinde yetiştirilen ve yıkanan numunelerde ise en düşük Al konsantrasyonları domates meyvelerinde ve mısır yapraklarında elde edilirken en yüksek Al konsantrasyonları fasulye ve biber yapraklarında elde edilmiştir. Al konsantrasyonunun tür ve organ bazında değişimini gösterir grafik Grafik 4.13'de verilmiştir.



Grafik 4.13. Al konsantrasyonunun tür ve organ bazında değişimi

4.6.7. Ca (ppm) Konsantrasyonunun Değişimi

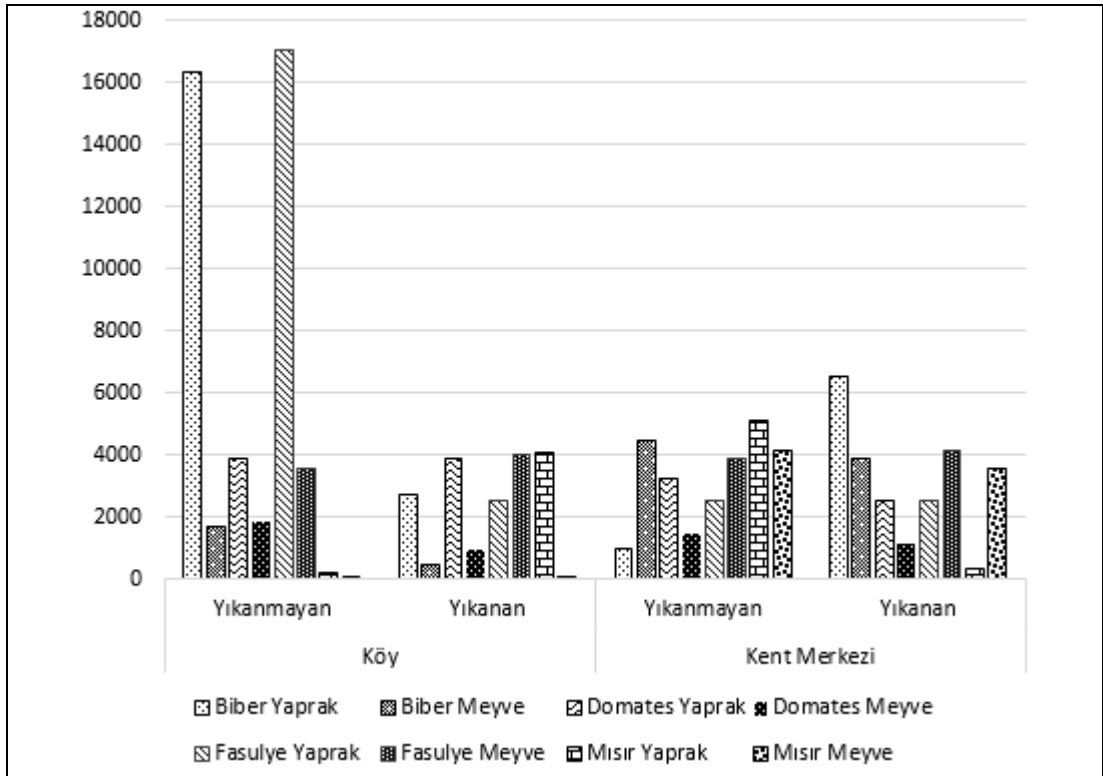
Çalışmaya konu olan ve farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen bitkilerde Ca konsantrasyonunun, bitki türü ve organı bazında değişimlerine ilişkin Varyans analizi ve Duncan testi sonuçları Tablo 4.18’de verilmiştir.

Tablo 4.18. Ca konsantrasyonunun tür ve organ bazında değişimi

Tür	Organ	Köy		Kent Merkezi	
		Yıkanmayan	Yıkanan	Yıkanmayan	Yıkanan
Biber	Yaprak	16324,8 g	2731,6 e	996,73 a	6513,2 g
	Meyve	1706,4 c	439,7 b	4467,2 g	3898,9 e
Domates	Yaprak	3888,1 f	3873,8 f	3264,1 d	2511,8 c
	Meyve	1850,0 d	932,0 c	1472,2 b	1132,9 b
Fasulye	Yaprak	17068,2 h	2512,0 d	2513,2 c	2511,6 c
	Meyve	3544,2 e	4014,3 g	3871,2 e	4156,7 f
Mısır	Yaprak	201,5 b	4089,0 h	5111,3 h	347,3 a
	Meyve	38,5 a	85,3 a	4151,4 f	3556,0 d
F Değeri		903508,817***	28608,293***	13473,321***	12142,982***

Varyans analizi sonuçlarına göre Ca konsantrasyonunun da bütün yetiştirme ortamları ve yıkanma durumlarında, bitki türü ve organı bazında değişimlerinin istatistikî olarak anlamlı ($p<0,001$) düzeyde olduğu belirlenmiştir. Köyde yetiştirilen ve yıkanmayan numunelerde en düşük Ca konsantrasyonları mısır organlarında elde edilirken en yüksek değerler biber ve fasulye yapraklarında elde edilmiştir. Köyde yetiştirilen ve yıkanan numunelerde ise en düşük Ca konsantrasyonları biber ve mısır meyvelerinde elde edilirken en yüksek Ca konsantrasyonları fasulye meyve ve mısır yapraklarında elde edilmiştir.

Kent merkezinde yetiştirilen ve yıkanmayan numunelerde en düşük Ca konsantrasyonları domates meyve ve biber yapraklarında, en yüksek konsantrasyonlar biber meyve ve mısır yapraklarında elde edilmiştir. Kent merkezinde yetiştirilen ve yıkanan numunelerde ise en düşük Ca konsantrasyonları domates meyve ve mısır yapraklarında elde edilirken en yüksek Ca konsantrasyonları fasulye meyve ve biber yapraklarında elde edilmiştir. Ca konsantrasyonunun tür ve organ bazında değişimini gösterir grafik Grafik 4.14’de verilmiştir.



Grafik 4.14. Ca konsantrasyonunun tür ve organ bazında değişimi

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Çalışma sonucunda gıda olarak sıklıkla tüketilen domates, biber, fasulye ve mısır bitkilerinin trafiğin yoğun olduğu kent merkezi ile trafiğin hemen hemen hiç olmadığı köylerde yetiştirilen bireylerinde Pb, Cr, Cd, Fe, Al, Mg ve Ca elementlerinin değişimi incelenmiştir. Çalışma kapsamında çalışmaya konu bitkilerin yaprak ve meyvelerinde yıkama işlemi de yapılmış ve böylece yıkama işleminin de elementlerin konsantrasyonlarına etkisi belirlenmeye çalışılmıştır.

Çalışmaya konu elementlerin büyük çoğunluğunun bitki türü ve organı bazında önemli ölçüde değiştiği belirlenmiştir. Ancak tür bazında elde edilen konsantrasyonların elemente göre büyük oranda değiştiği tespit edilmiştir. Örneğin Mg konsantrasyonu bakımından en yüksek değerler genel olarak biber ve fasulyede, en düşük değerler ise domates ve mısırdan elde edilmiştir. Oysa mısırdan Cr konsantrasyonları oldukça yüksektir.

Bu güne kadar yapılan çalışmalarda bitki türünün ağır metal konsantrasyonu etkileyen en önemli faktörlerin başında geldiği belirtilmiştir (Sevik vd., 2019a,b; Turkyilmaz vd., 2018c). Yapılan çalışmalar elementlerin tür bazındaki değişimlerinin farkının onlarca kat olabildiğini göstermektedir. Örneğin Saleh (2018) türler arasındaki farkın Cd'da 24 kattan fazla olduğunu belirtmiştir.

Çalışma kapsamında ağır metal konsantrasyonlarının meyve ve yapraklardaki konsantrasyonlarının da değişimi değerlendirilmiş ve aynı ortamda yetiştirilen türlerin bile yaprak ve meyvelerindeki konsantrasyonların çok farklı olabildiği belirlenmiştir. Örneğin kent merkezinde yetiştirilen ve yıkanmayan biber yapraklarındaki Ca konsantrasyonunun 996,73 ppm olduğu ancak aynı ortamda yetiştirilen ve yıkanmayan biber meyvelerindeki Ca konsantrasyonunun 4467,2 ppm olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde kent merkezinde yetiştirilen ve yıkanan mısır numunelerinde Mg konsantrasyonunun yaprakta 876,2 ppm iken meyvede 5050,2 ppm olduğu belirlenmiştir.

Ağır metal konsantrasyonlarının farklı türlerde organ bazında değişimi konusunda da çok sayıda çalışma yapılmış olup, bu çalışmaların çoğunda benzer sonuçlara ulaşılmıştır (Sevik vd., 2020a). Yapılan bir çalışmada Ni, Cu, Cd, Ca ve Pb konsantrasyonlarının genel olarak dallarda, Mn konsantrasyonunun ise yapraklarda daha yüksek konsantrasyonlarda olduğu belirtilmektedir (Mossi, 2018) Benzer sonuçlar çok sayıda çalışmada elde edilmiştir (Saleh, 2018; Pinar, 2019).

Bitki bünyesindeki ağır metal konsantrasyonlarının tür ve organ bazında önemli ölçüde değişiklik göstermesinin sebebi bitki ve organının anatomik yapısı olarak gösterilmektedir (Sevik vd., 2019e; Turkyilmaz vd., 2018d). Ağır metallerin atmosferde yayılımı ve bitki bünyesine girişi oldukça karmaşık bir mekanizmanın sonucunda Grafiklenmektedir ve bu süreçte en etkili faktörlerin başında türün yapısı, habitusu, organın yapısı, yüzey alanı, ağır metale maruz kalma süresi, metallerin fiziksel ve kimyasal özellikleri gibi faktörler gelmektedir (Shahid, 2017; Arıcak vd., 2019a).

Bu faktörlerin yanında bu faktörleri doğrudan veya dolaylı olarak etkileyen faktörlerin de bitkilerdeki ağır metal konsantrasyonlarını etkilemesi kaçınılmazdır. Belirtilen özellikler tür yanında bitki alt türü, formu, varyetesi ve orijinine göre de değişiklik göstermektedir (Kertiens, 2010; Yigit vd., 2016; Yucedag vd., 2019; Ertugrul vd., 2019; Ozkazanc vd., 2019).

Bitkilerde ağır metal birikimi çevre koşulları ile de yakından ilişkilidir. Ağır metallerin rüzgar vasıtasıyla kaynağından çok uzaklara taşınabildiği bilinmektedir (Shahid vd., 2017). Bununla birlikte çevre şartları aynı zamanda bitki metabolizmasını doğrudan etkilemekte ve dolayısıyla ağır metallerin bitki bünyesine girişleri farklılaşmaktadır. Bunlara ek olarak ağır metallerin bitki bünyesine girişi ile çevre koşulları ve özellikle hava rutubeti ve yağış arasında önemli ölçüde bir ilişki bulunduğu belirtilmektedir (Shahid vd., 2017; Mossi, 2018). Ayrıca, yapılan çalışmalarda bitki anatomik ve morfolojik karakterleri üzerinde mikroçevre şartlarının bazı durumlarda ana iklim tipinden daha etkili olduğu belirtilmektedir (Yigit vd., 2019; Cetin vd., 2018a,b). Dolayısıyla benzer çalışmalar aynı tür

bitkilerde farklı iklim koşullarında yapıldığında farklı sonuçlar alınması muhtemeldir.

Çalışma kapsamında değerlendirilen faktörlerden birisi de yıkanma durumudur. Çalışma kapsamında yıkanan ve yıkanmayan numunelerdeki ağır metal konsantrasyonları değerlendirilmiş ve bazı numunelerde yıkanan bazı numunelerde ise yıkanmayan numunelerdeki ağır metal konsantrasyonlarının yüksek olduğu belirlenmiştir.

Havadaki partikül madde miktar ve yapısı, bitkilerdeki ağır metal konsantrasyonlarını en çok etkileyen faktörlerdendir. Kaynağından ayrıldıktan sonra ağır metaller atmosferdeki çeşitli partikül maddelere tutunabilmektedir (Egani vd., 2016; Shahid vd., 2017). Böylece partikül maddeler, atmosferdeki çeşitli ağır metallerin kompleks bir karışımını içerir ve bu ağır metallerin birçoğu son derece zararlıdır. Bu nedenle, ağır metaller ile kontamine olmuş partikül maddeler insan ve çevre sağlığı açısından ciddi sorunlar yaratabilmektedirler (Xiong vd., 2014; Shahid vd., 2017). Bundan dolayı partikül maddelerin miktarı, kimyasal kompozisyonları, uzaysal ve zamansal varyasyonları ve insanlardaki maruziyet seviyesinin belirlenmesi konularında çok sayıda çalışma yapılmıştır (Belis vd., 2013; Souza vd., 2014; Cetin ve Sevik, 2017).

Bitkilerdeki ağır metal konsantrasyonlarının yıkanma durumu ile ilişkisi konusunda da çok sayıda çalışma yapılmıştır (Mossi vd., 2018). Yıkama işleminin ağır metal konsantrasyonu üzerine etkisinin büyük oranda, yıkanma ile yüzeyden uzaklaştırılan partikül maddelerin ağır metaller ile kontamine olma durumu ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Şöyle ki partikül madde bir ağır metal ile kontamine ise yani partikül maddedeki ağır metal konsantrasyonu numuneninkinden daha yüksek ise yıkanma işlemi numunedeki ağır metal konsantrasyonunu düşürmekte, aksi durumda ise artırmaktadır. Bundan dolayı bazı numunelerde yıkanan bazı numunelerde yıkanmayan numunelerdeki ağır metal konsantrasyonlarının daha yüksek olması normaldir ve benzer sonuçlar çok sayıda çalışmada elde edilmiştir (Mossi, 2018; Arıcak vd., 2019; Sevik vd., 2019c).

Yıkanma durumunun ağır metal içerikleri üzerine etkisini belirlemeyi amaçlayan bir çalışmada maydanoz, patlıcan, biber, fasulye, lahana ve pazı bitkilerinde yıkanmış ve yıkanmamış örnekler karşılaştırılmış ve çalışma sonucunda yıkanmış ve yıkanmamış sebzeler arasında ağır metal miktarları bakımından ciddi bir farklılık olmadığı belirlenmiştir. Çalışma sonucunda sebzelerde ağır metal konsantrasyonlarının en düşük ve en yüksek değerlerinin Cd'da (0.32-0.43 µg/g dw), Cr'da (3.88-8.71 µg/g dw), Cu'da (1.61-3.39 µg/g dw), Ni'de (2.97-6.37 µg/g dw), Pb'da (35.15-79.90 µg/g dw) ve Zn'da (3.21-4.09 µg/g dw) arasında olduğu tespit edilmiştir (Osma vd., 2013).

Çalışma kapsamında yetiştirilen bitkiler kent merkezi ve köylerde yetiştirilmiş, kent merkezinde de trafiğin yoğun olduğu ana yollara yakın lokasyonlar seçilmiştir. Ağır metal kirliliğinin en önemli kaynaklarının başında endüstriyel kaynaklar ve trafik faaliyetleri gösterilmektedir (Shahid vd., 2017; Erdem, 2018). Yapılan çok sayıda çalışmada da ağır metal konsantrasyonları ile trafik yoğunluğu arasında önemli düzeyde ilişki bulunduğu belirtilmektedir (Galal vd., 2015; Turkyilmaz vd., 2019; Sevik vd., 2020). Bu çalışmada da bazı elementlerin kent merkezinde yetiştirilen bitkilerdeki konsantrasyonlarının daha yüksek olduğu ve özellikle bu farkın Pb'da rahatlıkla görülebildiği belirlenmiştir.

Çalışma sonucunda trafiğin yoğun olduğu kent merkezlerinde yetiştirilen ve gıda olarak tüketilen bazı bitkilerdeki ağır metal konsantrasyonlarının değişimi belirlenmeye çalışılmıştır. Ağır metaller insan sağlığı açısından günümüzün en önemli konularından birisidir. Çünkü yaşamsal olsalar bile Cu, Fe, Ni, Zn ve Se gibi ağır metaller belirli bir derişimden (1-10 ppm) sonra toksik etki göstermektedirler. Pb, Cd ve Hg gibi yaşamsal olmayan ağır metaller ise başlangıç derişimlerinden itibaren toksik etki göstermektedirler. Ayrıca bu ağır metaller çok düşük konsantrasyonlarda bile psikolojik yapıyı etkilemekte ve sağlık problemlerine yol açabilmektedirler. Özellikle Hg ve Cd'un 0,001-0,1 ppm gibi çok düşük konsantrasyonlarda dahi toksik olabildiği belirtilmektedir (Özbolat ve Tuli, 2016).

Ağır metaller insan vücuduna ağız, solunum veya deri yolu ile alınabilmektedirler. İnsan vücuduna eser miktarlarda girmeleri bile metabolizmadan dışarı atılmaları çok

yavaş olduğundan dolayı zamanla organizmada birikmelerine ve tehlikeli doza ulaşmalarına sebep olabilmektedir. Ağır metallerin insan vücudunda oluşturacağı etkiler, ağır metalin derişiminden metalin yapısına, çözünürlük değerinden, kimyasal yapısına ve alındığı organizmanın tepkisine kadar birçok faktöre göre değişebilmektedir (Özbolat ve Tuli, 2016; Shahid vd., 2017). Ağır metallerin insan vücudunda oluşturduğu toksik etkinin temel sebebi, hücre içi metabolik süreçlerde oluşturdukları bozukluklar olup bu bozukluklar; DNA hasarı, oksidatif protein yıkımı, mitokondri hasarı ve apoptozisin indüklenmesi, ülseratif kolit, crohn hastalığı, romatizma gibi otoimmün hastalıklar böbrek hastalığı, alerjik reaksiyonlar, egzama, astım gibi organik hastalıklar ve migren, depresyon, Alzheimer hastalığı, Parkinson hastalığı gibi nörolojik bozukluklar olabilir. Ağır metallerin yarattığı bu sağlık problemlerinin birçoğu kronik hastalıklar ve kanserler ile sonuçlanır ve bu hastalıkların çoğunda da tedavi imkânları kısıtlı olup genellikle ölümle sonuçlanmaktadır (Özbolat ve Tuli, 2016).

Ağır metallerin başlıca kaynakları sanayi faaliyetleri ve trafiktir. Maalesef, bugün için birçok atmosferik kontaminasyon vakası mevcuttur ve ağır metaller halen dünya çapında çevreye salınmakta, doğal veya antropojenik kaynaklardan havaya salınan ağır metaller uzun mesafelere taşınabilmektedirler. Bu nedenle, kentsel alanların yakınında veya endüstriyel birimlere yakın bölgelerde atmosferde, toprakta, bitkilerde ve su rezervuarlarında ağır metal seviyelerinin arttığı belirtilmektedir (Shahid vd., 2017; Harada vd., 2019; Zhou ve Wang, 2019).

Bu atmosferik kirleticiler ile birlikte ortaya çıkan sağlık riskleri esasen partikül maddelerin inhalasyonu ve yüksek nüfus yoğunluğunun olduğu kentsel alanlarda kirlenmiş sebze ve meyvelerin yenilmesinden kaynaklanabilir. Sebze ve meyveler tarafından ağır metallerin alımı ve birikimi konusundaki çalışmalar, sadece kök sistemi ile olan metal birikimini incelemiştir (Niazi ve Burton, 2016). Bunun başlıca nedeni ağır metallerin büyük kısmının toprak sisteminde oluşturulması ve bitkilerin kök sistemi tarafından emilmesidir. Bitki köklerine ilaveten, bitkilerin yaprakları, meyveleri ve çiçekleri gibi havadaki organları da ağır metalleri absorbe edebilmektedir (Bondada vd., 2004; Turkyilmaz vd., 2019; Özel, 2019).

Ağır metaller atmosferdeki partikül maddelerin yaprak yüzeylerinde çökmesinden sonra yaprak transferi yoluyla bitki yapraklarında birikebilmektedir (Xiong vd., 2014). Bundan dolayı ağır metal kirliliğinin fazla olduğu alanlarda büyüyen bitkiler yapraklarında yüksek konsantrasyonlarda ağır metaller göstermektedir (Shahid vd., 2017; Mossi, 2018). Bundan dolayı ağır metaller ve gıda güvenliği dünya çapında oldukça fazla ilgi çekmeye başlamış ve son yıllarda kontamine sebzelerin yenmesi ile ilişkili sağlık riskleri konusunda çok sayıda çalışma yapılmıştır (Mombo vd., 2015; Xiong vd., 2016; Rehman vd., 2016; Yang vd., 2016).

Yapılan çalışmalarda sebzelerin yenilebilir organlarındaki ağır metal içeriklerinin izin verilen maksimum limitleri aştığı ve bu durumun ciddi sağlık sorunlarına neden olabileceği belirtilmektedir (Shaheen vd., 2016). Ağır metaller içeriği yüksek gıdaların doğrudan tüketilmesine ek olarak bu bitkilerden üretilen yağ, reçel, marmelat vb. ürünlerin tüketilmesinin de sağlık açısından sorunlara yol açabileceği belirtilmektedir. Yapılan çalışmalar birçok tıbbi, aromatik ve bitkisel ürünlerin oldukça fazla düzeyde ağır metal biriktirebileceğini göstermektedir (Zheljazkov vd., 2006; Zheljazkov vd., 2008; Özel, 2019; Batır, 2019).

6. ÖNERİLER

Çalışma kapsamında domates, biber, fasulye ve mısır bitkilerinin kent merkezi ve köylerde yetiştirilen bireylerindeki bazı ağır metal konsantrasyonlarının yıkanan ve yıkanmayan yaprak ve meyve kısımlarındaki değişimleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda çalışmaya konu bitkilerde Pb, Fe, Cr, Cd, Mg, Al ve Ca elementlerinin tür ve organ bazında önemli ölçüde değiştiği belirlenmiştir. Çalışma sonucunda ağır metallerin bir çoğunun ve özellikle insan sağlığı açısından en önemli ağır metallerden birisi olan Pb'nun kent merkezinde yetiştirilen bireylerdeki konsantrasyonlarının oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. Dolayısıyla trafiğin yoğun olduğu alanlar gibi ağır metal kirliliğinin yüksek olduğu alanlarda yetiştirilen bitkilerin tüketilmesinin insan sağlığı açısından önemli sağlık sorunlarına yol açabileceği görülmektedir.

Çalışma sonucunda ağır metal konsantrasyonlarının tür bazında önemli ölçüde değişebildiği ortaya konulmuştur. Ancak elde edilen sonuçların kıyaslanabileceği ve zarar sınırını belirten bir kodeks bulunmamaktadır. Türk Gıda Kodeksine göre; Pb konsantrasyonunda, lahana sebzeler, yapraklı sebzeler ve taze otların yıkandıktan sonra yenilebilir kısımları için belirlenen üst limit 0,10 mg/kg yaş ağırlık, baklagil sebzeleri, tahıllar ve baklagiller için 0,20 mg/kg yaş ağırlık olarak belirlenmiştir. Cd konsantrasyonunda sebzeler ve meyvelerin yıkandıktan sonra yenilebilir kısımları için belirlenen üst limit 0,05 mg/kg yaş ağırlık iken yapraklı sebzeler, taze otlar, yapraklı lahanalar, kereviz için 0,20 mg/kg yaş ağırlık olarak belirlenmiştir (Anonim, 2011). Oysa çalışma sonuçları her bitkide ağır metal konsantrasyonu düzeylerinin çok farklı olduğunu göstermektedir. Bundan dolayı her bir tür veya en azından birbirine yakın türleri gruplandıran, ağır metal konsantrasyonları ile ilgili detaylı değerleri ve değerlerin aşılması durumunda yasal yaptırımları içeren kanuni düzenlemeler acilen yapılmalıdır.

Bu çalışma kapsamında dört adet bitki türü değerlendirilmiştir. Oysa kent merkezlerinde ve endüstriyel kirlilik düzeyinin yüksek olduğu alanlarda çok sayıda sebze ve meyve yetiştirilmektedir. Bu bitkilerdeki ağır metal konsantrasyonları ve

olası sağlık sorunları konusunda çalışmalar yapılmalı, bu konulardaki çalışmalar çeşitlendirilip artırılarak devam ettirilmelidir.

KAYNAKLAR

- Abbas, T., Rizwan, M., Ali, S., Adrees, M., Zia-ur-Rehman, M., Qayyum, M. F., et. al. (2018). Effect of biochar on alleviation of cadmium toxicity in wheat (*Triticum aestivum* L.) grown on Cd-contaminated saline soil. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(26), 25668-25680.
- Ahmad, I., Akhtar, M. J., Asghar, H. N., Ghafoor, U., & Shahid, M. (2016). Differential effects of plant growth-promoting rhizobacteria on maize growth and cadmium uptake. *Journal of plant growth regulation*, 35(2), 303-315.
- Altunlu, H., Demiral, O., Dursun, O., Sönmez, M., & Ergün, K. (2019). Mikrobiyal Gübre Uygulamasının Tatlı Mısır (*Zea mays* L. var. *saccharata*) Yetiştiriciliğinde Bitki Gelişimi ve Verim Üzerine Etkileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 50(1), 32-39.
- Anonim, (2011). Türk Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği. 29.12.2011 tarih ve 28157 Sayılı Resmi Gazete. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Ankara.
- Antisari, L. V., Orsini, F., Marchetti, L., Vianello, G., & Gianquinto, G. (2015). Heavy metal accumulation in vegetables grown in urban gardens. *Agronomy for sustainable development*, 35(3), 1139-1147.
- Aricak, B., Cetin, M., Erdem, R., Sevik, H., & Cometen, H. (2019). The change of some heavy metal concentrations in Scotch pine (*Pinus sylvestris*) depending on traffic density, organelle and washing. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(3), 6723-6734.
- Aricak, B., Cetin, M., Erdem, R., Sevik, H., & Cometen, H. (2020). The usability of Scotch pine (*Pinus sylvestris*) as a biomonitor for traffic-originated heavy metal concentrations in Turkey. *Polish Journal of Environmental Studies*, 29(2)
- Benáková, M., Ahmadi, H., Dučaiová, Z., Tylová, E., Clemens, S., & Tůma, J. (2017). Effects of Cd and Zn on physiological and anatomical properties of hydroponically grown *Brassica napus* plants. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(25), 20705-20716.
- Bonanno, G., Borg, J. A., & Di Martino, V. (2017). Levels of heavy metals in wetland and marine vascular plants and their biomonitoring potential: a comparative assessment. *Science of the Total Environment*, 576, 796-806.
- Buachoon, N. (2015). Determination of the Content of Hazardous Heavy Metals on *Lycopersicon Esculentum* Mill. Grown around a Contaminated Area. *International Journal of Environmental Science and Development*, 6(3), 170.

- Cetin, M., Onac, A. K., Sevik, H., & Sen, B. (2019a). Temporal and regional change of some air pollution parameters in Bursa. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 12(3), 311-316.
- Cetin, M., Sevik, H., & Yigit, N. (2018a). Climate type-related changes in the leaf micromorphological characters of certain landscape plants. *Environmental monitoring and assessment*, 190(7), 404.
- Cetin, M., Sevik, H., Aricak, B., Ozturk, A., Ozer Genc, C. Aisha, A.E.S.A, Jawed, A.A., Aljama, A.M.O., & Alrabiti, O.B.M., (2019b). The Investigation of the Change in Concentrations of Some Heavy Metals in Seeds, Leaves, and Branches because of Traffic Density: a Case Study of *Acer platanoides* L., *Kastamonu Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 5(2): 83-92
- Cetin, M., Sevik, H., Yigit, N., Ozel H.B., Aricak, B., & Varol, T. (2018b) The variable of leaf micromorphological characters on grown in distinct climate conditions in some landscape plants. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(5): 3206-3211.
- Çağlayan, Ç. (2015). Savaş ve Çalışanların Sağlığı. *Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi (MSG)*, 3(11).
- Çetin, M., & Çobanoğlu, O. (2019) The Possibilities of Using Blue Spruce (*Picea pungens* Engelm) as a Biomonitor by Measuring the Recent Accumulation of Mn in Its Leaves. *Kastamonu Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 5(1), 43-50.
- Demir, E., & Çimrin, K. M. (2011). Arıtma çamuru ve humik asit uygulamalarının mısırın gelişimi, besin elementi ve ağır metal içerikleri ile bazı toprak özelliklerine etkileri. *Journal of Agricultural Sciences*. 17 (2011): 204-216
- Demirtaş, E., Nuri, A. R. I., Özkan, C., & Asri, F. Ö. (2016). Domates yetiştiriciliğinde kentsel katı atık kompost kullanımının verim kalite ve ağır metal kirliliği üzerine etkileri. *Derim*, 33(1), 144-158.
- Ertugrul, M., Ozel, H. B., Varol, T., Cetin, M., & Sevik, H. (2019). Investigation of the relationship between burned areas and climate factors in large forest fires in the Çanakkale region. *Environmental monitoring and assessment*, 191(12), 737.
- Fangmeier, A. (2016). *Nutrient and heavy metal levels in leaves of selected crops in the Mt. Cameroon area and their possible use for biomonitoring of air pollution* (Doctoral dissertation, Universität Hohenheim).
- Gökırmaklı, Ç., & Bayram, M. (2018). Gıda İçin Gelecek Öngörüler: Yıl 2050. *Akademik Gıda*, 16(3), 351-360.

- Harada, Y., Whitlow, T. H., Russell-Anelli, J., Walter, M. T., Bassuk, N. L., & Rutzke, M. A. (2019). The heavy metal budget of an urban rooftop farm. *Science of The Total Environment*, 660, 115-125.
- Inoti, K. J., Fanuel, K., George, O., & Paul, O. (2012). Assessment of heavy metal concentrations in urban grown vegetables in Thika Town, Kenya. *African Journal of Food Science*, 6(3), 41-46.
- Kalantari, F., Tahir, O. M., Joni, R. A., & Fatemi, E. (2018). Opportunities and challenges in sustainability of vertical farming: A review. *Journal of Landscape Ecology*, 11(1), 35-60.
- Kaya, Y., & Zengin, M. (2018). "Gibberellik Asit ve Çinko Uygulamalarının Marulun Verim ve Verim Unsurlarına Etkileri." *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences* 32(3) ,373-380.
- Keser, B. (2008). *Aydın ilinde Büyük Menderes nehri ile sulanan bölgelerde yetişen bazı sebze ve meyvelerdeki ağır metal kirliliğinin araştırması* (Master's thesis, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü). 123 s.
- Kudubeş, İ. E., Akdeniz Kudubeş, A., & Bektaş, M. (2017). Küreselleşmenin Yarattığı Yoksulluk: Çocuk Yoksulluğu. *Koç Üniversitesi Hemşirelikte Eğitim ve Araştırma Dergisi (HEAD)*, 14(1), 79-85.
- Kumar, M., Gupta, N., Ratn, A., Awasthi, Y., Prasad, R., Trivedi, A., & Trivedi, S. P. (2019). Biomonitoring of Heavy Metals in River Ganga Water, Sediments, Plant, and Fishes of Different Trophic Levels. *Biological trace element research*, 1-12.
- Kuscu, I. S. K., Cetin, M., Yigit, N., Savaci, G., & Sevik, H. (2018a). Relationship between enzyme activity (urease-catalase) and nutrient element in soil use. *Pol J Environ Stud*, 27(5), 2107-2112.
- Kuscu, I. S.K, Sariyildiz, T., Cetin, M., Yigit, N., Sevik, H., & Savaci, G. (2018b). Evaluation of the soil properties and primary forest tree species in Taskopru (Kastamonu) district. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(3), 1613-1617.
- Lakkireddy, K. K. R., Kasturi, K., & KRS, S. R. (2018). Role of hydroponics and aeroponics in soilless culture in commercial food production. *Research & Reviews: Journal of Agricultural Science and Technology*, 1(3), 1-8.
- Lu, K., Yang, X., Gielen, G., Bolan, N., Ok, Y. S., Niazi, N. K., & Liu, D. (2017). Effect of bamboo and rice straw biochars on the mobility and redistribution of heavy metals (Cd, Cu, Pb and Zn) in contaminated soil. *Journal of environmental management*, 186, 285-292.

- Lu, K., Yang, X., Gielen, G., Bolan, N., Ok, Y. S., Niazi, N. K., et. al. (2017). Effect of bamboo and rice straw biochars on the mobility and redistribution of heavy metals (Cd, Cu, Pb and Zn) in contaminated soil. *Journal of environmental management*, 186, 285-292.
- Namlı, A., Akça, M. O., & Akça, H. (2019). Afşin-Elbistan havzası linyit işletmesi organik materyallerinden geliştirilen organik ve organomineral gübrelerin buğday verimi ve verim bileşenleri ile bazı toprak özellikleri üzerine etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 7(1), 10-20.
- Niyaz, Ö. C., & İnan, İ. H. (2016). Türkiye'de Gıda Güvencesinin Mevcut Durumunun Değerlendirilmesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(2), 1-7.
- Okcu, M., Tozlu, E., Kumlay, A. M., & Pehlivan, M. (2009). Ağır metallerin bitkiler üzerine etkileri. *Alınır Ziraat Bilimler Dergisi*, 17(2), 14-26.
- Onipede, O. J., & Rahman, N. T. (2017). Metals in Some Ready-to-Eat Foods on Some Highways of Lagos and Ota South-West Nigeria. *J Environ Anal Chem*, 4(229), 2380-2391.
- Osma, E., Ozyigit, I. I., Leblebici, Z., Demir, G., & Serin, M. (2012). Determination of heavy metal concentrations in tomato (*Lycopersicon esculentum* Miller) grown in different station types. *Romanian Biotechnological Letters*, 17(1), 6963.
- Osma, E., Serin, M., & Leblebici, Z. (2013). Şile (İstanbul)'de Yetiştirilen Bazı Sebzelere Ağır Metal Birikiminin Araştırılması. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(2), 267-275.
- Ozel, H. U., Ozel, H. B., Cetin, M., Sevik, H., Gemici, B. T., & Varol, T. (2019). Base alteration of some heavy metal concentrations on local and seasonal in Bartın River. *Environmental monitoring and assessment*, 191(9), 594.
- Ozkazanc, N. K., Ozay, E., Ozel, H. B., Cetin, M., & Sevik, H. (2019). The habitat, ecological life conditions, and usage characteristics of the otter (*Lutra lutra* L. 1758) in the Balıkdami Wildlife Development Area. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(11), 645.
- Özbolet, G., & Tuli, A. (2016). Ağır metal toksisitesinin insan sağlığına etkileri. *Arşiv Kaynak Tarama Dergisi*, 25(4), 502-521.
- Özyürek, F., & Leblebici, Z. (2016). *Nevşehir'de farklı su kaynaklarıyla sulanan sebzelerde ağır metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn) birikimi* (Master's thesis, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi). 112 s.
- Pascual, M. P., Lorenzo, G. A., & Gabriel, A. G. (2018). Vertical farming using hydroponic system: Toward a sustainable onion production in Nueva Ecija, Philippines. *Open Journal of Ecology*, 8(01), 25.

- Rizwan, M., Ali, S., Adrees, M., Rizvi, H., Zia-ur-Rehman, M., Hannan, F., et al. (2016). Cadmium stress in rice: toxic effects, tolerance mechanisms, and management: a critical review. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(18), 17859-17879.
- Savvas, D., & Gruda, N. (2018). Application of soilless culture technologies in the modern greenhouse industry—A review. *Eur. J. Hortic. Sci*, 83(5), 280-293.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. B., & Pinar, B. (2019a). Determining toxic metal concentration changes in landscaping plants based on some factors. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 12(8), 983-991.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. B., Akarsu, H., & Cetin, I. Z. (2020b). Analyzing of usability of tree-rings as biomonitors for monitoring heavy metal accumulation in the atmosphere in urban area: a case study of cedar tree (*Cedrus* sp.). *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(1), 23.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H.B., Ozel, S., & Zeren Cetin, I. (2020a). Changes in heavy metal accumulation in some edible landscape plants depending on traffic density. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192,78.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozel, H. U., Ozel, H. B., Mossi, M. M. M., & Cetin, I. Z. (2019b). Determination of Pb and Mg accumulation in some of the landscape plants in shrub forms. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-9.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozturk, A., Ozel, H. B., & Pinar, B. (2019d). Changes in Pb, Cr and Cu concentrations in some bioindicators depending on traffic density on the basis of species and organs. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(6), 12843-12857.
- Sevik, H., Cetin, M., Ozturk, A., Yigit, N., & Karakus, O. (2019e). Changes in micromorphological characters of *Platanus orientalis* L. leaves in Turkey. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(3), 5909-5921.
- Sevik, H., Ozel, H. B., Cetin, M., Özel, H. U., & Erdem, T. (2019c). Determination of changes in heavy metal accumulation depending on plant species, plant organism, and traffic density in some landscape plants. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 12(2), 189-195.
- Tangolar, S., Baştaş, P. C., Torun, A. A., & Tangolar, S. (2019). Effects of Substrate and Crop Load On Yield and Mineral Nutrition of 'Early Sweet' Grape Cultivar Grown in Soilless Culture. *Erwerbs-Obstbau*, 61(1), 33-40.
- Topacoglu, O., Sevik, H., & Akkuzu, E. (2016). Effects of water stress on germination of *Pinus nigra* Arnold. Seeds. *Pakistan Journal of Botany*, 48(2), 447-453.

- Topcuoğlu, B., Önal, M. K., & Arı, N. (2003). Toprağa Uygulanan Kentsel Arıtma Çamurunun Domates Bitkisine Etkisi: I. Bitki Besinleri ve Ağır Metal İçerikleri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(1), 87-96.
- Turkyilmaz, A., Sevik, H., & Cetin, M. (2018b) The use of perennial needles as bio-monitors for recently accumulated heavy metals. *Landsc Ecol Eng* 14(1):115–120. <https://doi.org/10.1007/s11355-017-0335-9>
- Turkyilmaz, A., Sevik, H., Cetin, M., & Ahmida Saleh E. A. (2018c) Changes in heavy metal accumulation depending on traffic density in some landscape plants. *Pol J Environ Stud* 27(5):2277–2284. <https://doi.org/10.15244/pjoes/78620>
- Turkyilmaz, A., Sevik, H., Isinkaralar, K., & Cetin, M., (2018d) Using Acer platanoides annual rings to monitor the amount of heavy metals accumulated in air. *Environ Monit Assess* 190:578. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6956-0>
- Turkyilmaz A., Sevik H., Isinkaralar K, & Cetin M (2020) Use of tree rings as a bioindicator to observe atmospheric heavy metal deposition, *Environmental Science and Pollution Research*, DOI: 10.1007/s11356-018-3962-2
- Turkyilmaz, A., Cetin, M., Sevik, H., Isinkaralar, K., & Saleh, E. A. A. (2018a). Variation of heavy metal accumulation in certain landscaping plants due to traffic density. *Environment, Development and Sustainability*, 1-14.
- Xu, P., Sun, C. X., Ye, X. Z., Xiao, W. D., Zhang, Q., & Wang, Q. (2016). The effect of biochar and crop straws on heavy metal bioavailability and plant accumulation in a Cd and Pb polluted soil. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 132, 94-100.
- Yigit, N., Cetin, M., Ozturk, A., Sevik, H., & Cetin, S. (2019) Variation of Stomatal Characteristics in Broad Leaved Species Based on Habitat. *Applied Ecology and Environmental Research* 17(6):12859-12868.
- Yigit, N., Cetin, M., & Sevik, H. (2018). The Change in Some Leaf Micromorphological Characters of *Prunus laurocerasus* L. Species by Their Habitat. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 6(11), 1517-1521.
- Yigit, N., Sevik, H., Cetin, M., & Gul, L. (2016b). Clonal variation in chemical wood characteristics in Hanönü (Kastamonu) Günlüburun black pine (*Pinus nigra* Arnold. subsp. *Pallasiana* (Lamb.) Holmboe) seed orchard. *Journal of Sustainable Forestry*, 35(7), 515-526.
- Yigit, N., Sevik, H., Cetin, M., & Kaya, N. (2016a). Determination of the effect of drought stress on the seed germination in some plant species. *Water stress in plants*, 43-62.

- Yucedag, C., Ozel, H. B., Cetin, M., & Sevik, H. (2019). Variability in morphological traits of seedlings from five *Euonymus japonicus* cultivars. *Environmental monitoring and assessment*, 191(5), 285.
- Yusufu, G., (2019) *Listeria monocytogenes* ve *staphylococcus aureus* ile inoküle edilen sığır etlerinde laktik asit ve sıcak buhar uygulamalarının mikroorganizma sayısı üzerine etkisinin araştırılması. Ankara Ün. Fen Bil. Enst. Gıda Müh. ABD. Yüksek Lisans Tezi, 59 s.
- Zhou, X. Y., & Wang, X. R. (2019). Impact of industrial activities on heavy metal contamination in soils in three major urban agglomerations of China. *Journal of Cleaner Production*, 230, 1-10.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Yücel GÜLTEKİN
Doğum Yeri ve Yılı : 19 mayıs /29.10.1994
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : yucel.gultekin55@gmail.com



Eğitim Durumu

Lise :19 mayıs Ç.P.L., 2012
Lisans : Atatürk Üniversitesi, 2017

Mesleki Deneyim

İş Yeri : E.G.M. Aşaiş Şube, Osmaniye, 2019- Devam Ediyor