



**KADMIYUM TOKSİSİTESİNİN ÇİLEK  
BİTKİSİNDE (*Fragaria x ananassa*) BAZI BÜYÜME  
VE STRES PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

**SAMİ BOYAR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**BAHÇE BİTKİLERİ ANA BİLİM DALI  
Dr. Öğr. Üyesi Onur SARAÇOĞLU**

**Mayıs-2019**

**Her hakkı saklıdır**

T.C.  
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BAHÇE BİTKİLERİ ANA BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KADMİYUM TOKSİSİTESİNİN ÇİLEK BİTKİSİNDE (*Fragaria x ananassa*) BAZI  
BÜYÜME VE STRES PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

SAMİ BOYAR

TOKAT  
Mayıs - 2019

Her hakkı saklıdır

Sami BOYAR tarafından hazırlanan “Kadmiyum Toksisitesinin Çilek Bitkisinde (*Fragaria x ananassa*) Bazı Büyüme ve Stres Parametreleri Üzerine Etkileri” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 3 Mayıs 2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza


Danışman  
Dr. Öğr. Üyesi Onur SARAÇOĞLU



Üye  
Doç. Dr. Halil ERDEM  
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi



Üye  
Doç. Dr. Kazım GÜNDÜZ  
Malatya Turgut Özal Üniversitesi



ONAY

  
Prof. Dr. Çetin ÇEKİÇ  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü  
15/5/2019

## **TEZ BEYANI**

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdđiđi yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

**Sami BOYAR**

**3 Mayıs 2019**

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

### KADMİYUM TOKSİSİTESİNİN ÇİLEK BİTKİSİNDE (FRAGARIA X ANANASSA) BAZI BÜYÜME VE STRES PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

SAMİ BOYAR

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BAHÇE BİTKİLERİ ANA BİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: DR. ÖĞR. ÜYESİ ONUR SARAÇOĞLU)

Bu çalışma 2018 yılında Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezine ait serada gerçekleştirilmiştir. İki farklı çilek çeşidi ('Sweet Charlie', 'Camarosa') kullanılarak gerçekleştirilen çalışmada bitkilere 4 farklı dozda (0, 6, 12 ve 24 mg Cd kg<sup>-1</sup>) kadmiyum (Cd) uygulaması yapılmıştır. Çalışma sonunda artan dozlarda Cd uygulamalarının çilek bitkisinde bazı büyüme ve stres parametreleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre artan dozlarda Cd uygulamaları ile her iki çilek çeşidinin kuru madde verimlerinde artışa neden olmuştur. Artan dozlarda Cd uygulamaları ile aynı zamanda çilek çeşitlerinin yeşil aksam Cd konsantrasyonlarında istatistiksel olarak önemli artışa neden olmuştur. Camarosa çeşidinin kontrol uygulamalarında 0.153 mg kg<sup>-1</sup> olan yeşil aksam Cd konsantrasyonu Cd24 dozu koşullarında 2.893 mg kg<sup>-1</sup>'e, Sweet Charlie çeşidinde ise 0.298 mg kg<sup>-1</sup> olan yeşil aksam Cd konsantrasyonu Cd24 dozu koşullarında 3.596 mg kg<sup>-1</sup>'a çıkmıştır. Elde edilen sonuçlara göre 'Sweet Charlie' çeşidi 'Camarosa' çeşidine göre yetiştirme ortamından daha fazla Cd alımı yaptığı ortaya çıkmıştır. Artan dozlarda Cd uygulamaları ile 'Sweet Charlie' (0.970 µg GAE/ g) çeşidine kıyasla 'Camarosa' (1.074 µg GAE/ g) çeşidinin yapraklarındaki toplam fenol içeriğinin daha yüksek, buna karşın 'Camarosa' (0.482 µmol/g) çeşidine kıyasla 'Sweet Charlie' çeşidinin (0.480 µmol/g) yapraklarındaki toplam antioksidan içeriğinin daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır. Sonuçlar artan dozlarda Cd uygulamalarının her iki çilek çeşidinin büyüme performansı ile yaprak toplam fenol ve antioksidan içeriğinde önemli bir değişime neden olmadığını göstermiştir.

2019, 38 sayfa

**ANAHTAR KELİMELER:** Ağır Metal, Antioksidanlar, Kadmiyum, Fenolikler

## **ABSTRACT**

### **MASTER THESIS**

#### **THE EFFECT OF CADMIUM TOXICITY ON SOME GROWTH AND STRESS PARAMETERS IN STRAWBERRY (FRAGARIA X ANANASSA) PLANT**

**SAMI BOYAR**

**TOKAT GAZIOSMANPASA UNIVERSITY**

**GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

**DEPARTMENT OF HORTICULTURE**

**(SUPERVISOR: DR. ASSOC. ONUR SARAÇOĞLU)**

This study was carried out in 2018 in greenhouse of Agricultural Application and Research Center of Tokat Gaziosmanpasa University. Two different strawberry cultivars ('Sweet Charlie', 'Camarosa') in the study carried out using 4 different doses (0, 6, 12 and 24 mg Cd kg<sup>-1</sup>) cadmium (Cd) was applied to the plants. At the end of the study, the effects of increasing Cd applications on some growth and stress parameters were investigated. According to the obtained results, it has increased the dry matter yields of both strawberries cultivars with Cd applications in increasing doses. At the same time, with increasing doses of Cd applications, a significant increase in green parts of Cd concentrations of strawberries was observed. In the application of control of Camarosa cultivar, the concentration of Cd in green component 0.153 mg kg<sup>-1</sup> increased to 2.893 mg kg<sup>-1</sup> in Cd24 dose and the application of control of Sweet Charlie cultivar, the concentration of Cd in green component 0.298 mg kg<sup>-1</sup> increased to 3.596 mg kg<sup>-1</sup> in Cd24 dose. The total phenol content in green component of the 'Camarosa' variety was higher compared to the 'Sweet Charlie' cultivar with increasing doses of Cd applications, whereas the total antioxidant content in green component of 'Sweet Charlie' was higher than the 'Camarosa' cultivar. The results showed that the increasing application of Cd applications did not cause a significant change in the total phenol and antioxidant content of green component with the growth performance of both strawberry cultivars.

2019, 38 page

**KEYWORDS:** Heavy Metal, Antioxidants, Cadmium, Phenolics

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans tezimin başından sonuna kadar hiçbir zaman fikirlerini, görüşlerini esirgemeyen her zaman beni destekleyen ve yanımda olan bilgi ve birikimleriyle bana yol gösteren çok kıymetli ve saygıdeğer danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Onur SARAÇOĞLU' na teşekkür ederim. Tez çalışmam sırasında yardımlarını esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Halil ERDEM' e teşekkürlerimi sunarım. İstatistik analizlerinin sonuçlandırılması, yorumlanmasında bana yardımcı olan çok değerli Sayın Prof. Dr. Kenan YILDIZ' a yardımlarından dolayı çok teşekkür ederim. Tez çalışmam sırasında her zaman bana yardımcı olan meslektaşım Sayın Burcu AKSÜT' e ve kardeş bildiğim ev arkadaşım matematik öğretmeni Sayın Fatih Han CERİD' e teşekkürlerimi sunarım. Hayatım boyunca beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan, her konuda desteklerini ve sevgilerini benden esirgemeyen verdikleri bu emeklerden dolayı sevgili aileme saygı ve sonsuz şükranlarımı sunarım.

**SAMİ BOYAR**

**3 Mayıs 2019**

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	<b>i</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ii</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>iii</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>iv</b>
<b>SİMGE VE KISALTMALAR</b> .....	<b>v</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>vi</b>
<b>ÇİZELGE LİSTESİ</b> .....	<b>vii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ÖZETLERİ</b> .....	<b>7</b>
<b>3. MATERYAL ve YÖNTEM</b> .....	<b>17</b>
<b>3.1. Materyal</b> .....	<b>17</b>
3.2.1. Denemenin kurulması.....	18
3.2.2. Bitki büyüme parametreleri.....	19
3.2.3. Bitkide stres parametreleri.....	19
3.2.4 Bitkide mineral element analizleri.....	20
3.2.5. İstatistiksel analiz.....	20
<b>4. BULGULAR ve TARTIŞMA</b> .....	<b>21</b>
<b>5. SONUÇ</b> .....	<b>32</b>
<b>6. KAYNAKLAR</b> .....	<b>34</b>
<b>7. ÖZGEÇMİŞ</b> .....	<b>38</b>



## SİMGELER VE KISALTMALAR

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
Cd	Kadmiyum
cm	Santimetre
Cu	Bakır
da	Dekar
EC	Elektriksel iletkenlik
Fe	Demir
g	Gram
K	Potasyum
kg	Kilogram
mM	milimolar
mS	miliSiemens
m <sup>2</sup>	Metrekare
ppm	Milyonda bir kısım
%	Yüzde
µl	Mikrolitre

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
FAO	Food and Agriculter Organization
GS	Glutamin sentetazın
MDHAR	Monodehidroascorbat Redüktaz
MSI	Membran Stabilite İndeksi
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
WHO	World Health Organization

## ŞEKİL LİSTESİ

<b><u>Şekil</u></b>	<b><u>Sayfa</u></b>
Şekil 3.1. Denemenin yürütüldüğü seranın konumu ve görüntüsü (Google Earth) .....	17
Şekil 3.2. Deneme alanının genel görünümü.....	17



## ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1. Deneme alanı krokisi.....	18
Çizelge 4.1. Artan Dozlarda Cd uygulamaları altında yetiştirilen çilek çeşitlerinin kök ve yeşil aksamlarının toplam fenolik madde konsantrasyonları.....	21
Çizelge 4.2. Artan dozlarda Cd uygulamaları altında yetiştirilen çilek çeşitlerinin kök ve yeşil aksamlarının toplam antioksidan konsantrasyonlar.....	23
Çizelge 4.3. Artan dozlarda Cd uygulamaları altında yetiştirilen çilek çeşitlerinin kök sayısı, kök yaş ve kuru ağırlıkları.....	24
Çizelge 4.4. Artan dozlarda Cd uygulamaları altında yetiştirilen çilek çeşitlerinin yaprak sayısı, yeşil aksam yaş ve kuru ağırlıkları.....	26
Çizelge 4.5. Artan dozlarda Cd uygulamaları altında yetiştirilen çilek çeşitlerinin yeşil aksam Cd, Cu ve Zn konsantrasyonları (mg/kg ).....	27
Çizelge 4.6. Artan dozlarda Cd uygulamaları altında yetiştirilen çilek çeşitlerinin yeşil aksam Fe ve Mn konsantrasyonları (mg/kg ).....	29
Çizelge 4.7. Toksik Cd uygulamaları altında yetiştirilen çilek çeşitlerinin yeşil aksam K, S, P ve Mg konsantrasyonları (%).....	30

## 1. GİRİŞ

Üzüksü meyveler grubunda bulunan çilek, Rosales takımı, Rosaceae familyasından olan, *Fragaria* cinsi içerisinde yer almaktadır (Özbahçali ve Aslantaş, 2015). Çilek, Dünya’da tarımın yapılabildiği tüm alanlarda yetiştiriciliği yapılabilen bir türdür. Çileğin kültüre alınması ilk olarak 1300’lü yıllarda Avrupa’da başlamıştır. Modern ıslah yöntemleri kullanılarak ise 20. yüzyılda yeni çeşitler elde edilmiştir. Bu dönem arasında birçok ıslah çalışmaları yapılmış ve 900’den fazla çeşit bulunmuştur. Islah çalışmaları sonucunda en çok çeşit elde eden ülkeler ise ABD, İtalya, Fransa, Japonya, İngiltere, Kanada olarak sıralanmakta olup, Türkiye ise 38 çeşit ile önemli üreticilerden biridir (Türemiş ve Ağaoğlu, 2013).

*Fragaria* cinsine ait toplam 27 tür olduğu bilinmektedir. Bu türlerin 12 tanesi diploid, ( $2n=2x=14$ ), 5 tanesi tetraploid ( $2n=4x=28$ ), 2 tanesi pentaploid ( $2n=5x=35$ ), 1 tanesi hexaploid ( $2n = 6x = 42$ ), 4 tanesi oktoploid ( $2n = 8x = 56$ ) ve 3 tanesinin ise dekaploid ( $2n=10x=70$ ) kromozoma sahip olduğu bildirilmiştir (Hummer ve ark., 2011).

Dünyada genellikle iki tip çilek yetiştiriciliği şekli bulunmaktadır. Bunlardan en sık kullanılanı malç ile kaplanmış seddeler üzerine damla sulama çekilerek gübrelemenin yapıldığı tek senelik yetiştiriciliktir. Verimi doğrudan etkileyen bu sistemde fidelerde oluşan gövde sayısı önemli bir etkidir. Dünya genelinde kullanılan fide tipleri ise; taze, plug ve frigo fidelerdir. Frigo fideler Türkiye genelinde en çok tercih edilen fide tipidir (Serçe ve Özgen, 2014).

Çilek üretiminin dünyada son altmış yılda dokuz kat artarak yaklaşık 9 118 milyon tona ulaştığı bilinmektedir. Çilek üretiminin en çok yapıldığı ülkeler ise sırasıyla Amerika, Meksika, Mısır ve 415 000 ton ile Türkiye’dir (Anonim, 2016).

Çileğin bu kadar geniş bir coğrafyaya yayılmasındaki en büyük etkenlerden birisi adaptasyon kabiliyetinin yüksek olmasıdır. Ayrıca çilek yetiştiriciliğinin Türkiye’de ve Dünyada gittikçe önem kazanmasının başlıca sebebi farklı toprak özellikleri ve iklimsel faktörler oluşması durumunda bile ekonomik olarak yetiştirilebilmesidir (Yılmaz, 2009). Çileğin en iyi gelişme gösterdiği toprak tipi kumlu tınlı bünyeli, iyi drene olmuş tuzluluğu düşük ( $< 1$  mS/cm CE doyma ekstraktı), aktif kireç içeriği az ( $< 1.5$  %), pH’sı 6.5 - 7.0 olan topraklardır (Serçe ve Özgen, 2014).

Türkiye’de çilek yetiştiriciliği en çok tercih edilen ve en karlı meyve grubu içerisinde bulunmaktadır. Önemli ılıman iklim meyveleri arasında olan çilek, çoğunlukla erken ilkbaharda ve kışın satışa sunulan üzümü bir meyvedir. Denizden yaklaşık 2000 m yüksekliklere kadar ekonomik olarak yetiştiriciliği yapılabilmektedir (Aslantaş ve Karakurt, 2007). Son 15 yıl içerisinde Türkiye çilek üretim miktarı 2002 yılında 100 000 da alanda 145 000 ton iken, bu sayı 2017 yılında 154 000 da alanda 400 000 tona yükselmiştir (TÜİK, 2017). Bu verilere göre çilek üretimine ayrılan alan ve üretilen çilek miktarı son 15 yıl içerisinde artış göstermiştir. Yine bu verilere göre, arz talep dengesi gözetildiğinde üreticiler kadar tüketicilerinde çileğe olan eğiliminin arttığı anlaşılabilmektedir. Taze meyvelerin nadir bulunduğu dönemde olgunlaşması sebebiyle de istenilen pazar avantajına da sahip olduğu bildirilmektedir (Erenoğlu ve ark., 2000).

Türkiye’de çilek üretim alanlarının, üretim miktarının ve verimin sürekli arttığı istatistiki veriler sayesinde gözlenmektedir. Bu üretimin yaklaşık 1/3 ini Akdeniz ili olan ve 124 376 ton üretim yapan Mersin ili üstlenmektedir. Türkiye üretim miktarında Mersin ilini sırasıyla; Aydın, Bursa, Antalya ve Konya illeri takip etmektedir.

Genellikle her yaş grubuna hitap eden, albenisi yüksek ve sevilerek tüketilen bir meyve olan çilek taze halde tüketilmesinin yanı sıra dondurma, marmelat, pasta ve reçel sanayinde büyük ölçüde rağbet görmektedir (Özdemir, 1999; Erenoğlu ve ark., 2000; Kılıçel, 2005). Ayrıca çilek meyvesi üzerine yapılan yatırımın kısa vadede kazanç sağlaması sebebi ile küçük aile işletmeciliği içinde uygundur. Bunun yanı sıra çilek meyvesinin yetiştirilmesinde birim alanda elde edilen kazanç diğer tarımsal ürünlerle karşılaştırıldığında daha yüksek olduğu saptanmıştır (Ağaoğlu, 1986; Aybak, 2000).

Çilek meyvesi insan sağlığı ve beslenmesi açısından önemli bir yere sahiptir. İçerisinde barındırdığı zengin mineraller, kendine özgü içeriği ve aroma maddeleri ile tüketici tarafından tercih edilir. Fenolik asitler ve antosiyaninler gibi antioksidan özelliğe sahip olan fenolik bileşiklerin başlıca kaynaklarından birisidir (Beattie ve ark., 2005). Bilhassa C vitamini açısından zengin olan çilek meyvesinin 100 gramında 100 mg’a kadar çıkabilen C vitamini bulunabilmektedir. 100 gram çilek meyvesinde yaklaşık olarak 40-45 kalori bulunmakta, önemli seviyede salisilik asit A, B vitaminleri, demir, fosfor, kalsiyum gibi mineral maddeleri ile az miktarda da silisyum, brom, iyot ve kükürtte bünyesinde barındırmaktadır. Ayrıca çileğin yüksek oranda ellajik asit

içeriğinin olması sebebi ile kanser önleyici etkiye de sahip olduğu da bilinmektedir (Özgüven ve Yılmaz, 2009).

Ağır metaller ekosistemin toprak, hava ve su gibi ortamlarında sıkça görülmeye başlanmıştır. Dünyadaki bütün organizmaların yaşamını etkileyen önemli bir çevre sorunu haline gelmiştir. Ağır metallerin çevreye yayılmasında birçok etken belirtilmektedir. Bunlardan başlıcaları; motorlu taşıtların egzozları, volkanik olaylar, maden yatakları, endüstriyel faaliyetler, tarımsal gübre ve ilaçlar ile kentsel atıklardır (Stresty ve MadhavaRao, 1999). Topraklardaki kadmiyum (Cd) seviyesi doğal şartlarda çok düşük seviyededir. Ancak, farklı antropojenik kaynaklar yoluyla toprağa Cd girişi olabilmektedir. Endüstriyel emisyonlar, belirli seviyede Cd içeren sulama sularının tüketimi, kanalizasyon atıklarının tarım arazilerinde kullanımları ve gübre uygulamaları, toprağın Cd içeriğinde artışa sebep olmaktadır. Toprakta bulunan kadmiyumun % 54-58'i fosforlu gübrelerden, % 39-41'i atmosferik depolanmadan, % 2-5'i ise atık çamur ve çiftlik gübresi uygulamalarından kaynaklanmaktadır (Yost ve Miles, 1979). Arıtma çamurunun toprağa karıştırılabilmesi için Cd sınır seviyesinin 10 ppm'in altında olması istenilmektedir (Özbek ve ark., 1995).

Tarım toprakları için ideal Cd konsantrasyonu  $3 \text{ mg kg}^{-1}$  olup, normalde  $0.1 \text{ mg kg}^{-1}$  seviyesindedir (Alloway, 1995). Yapılan çalışmalar sonucunda, dünya tarım topraklarının Cd konsantrasyonunun ortalaması  $0.53 \text{ mg kg}^{-1}$  olduğu belirtilmiş ve söz konusu Cd konsantrasyonunun  $0.01$  ile  $2.7 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında farklılık gösterdiği ortaya konmuştur (Kabata-Pendias ve Pendias, 1992).

Ağır metaller toksik etkileri sebebiyle bitkilerde su kaybı, stoma hareketleri, su alımı, çimlenme, enzim aktivitesi, fotosentez, protein sentezi, membran stabilitesi, hormonal denge gibi birçok fizyolojik olayın değişmesine sebep olabilmektedirler (Kennedy ve Gonsalves, 1987). Bitkiler çevresel stres faktörlerine karşı tolerans gösterebilmektedir. Bu çevresel stres faktörleri ise; bitki tür ve çeşidine, stres faktörüne, strese maruz kalma süresine ve strese maruz kalan doku veya organının yapısına bağlı olarak değişebilmektedir (Gür ve ark., 2004). Bu sebepten ötürü bitkilerin stres şartlarına tepkilerinin ve geliştirdikleri adaptasyon mekanizmalarının bilinmesi önemlidir. Bitkilerin ağır metal toksisite tolerans sınırlarının bilinebilmesi için metal tür ve miktarı, yarayışlılığı, zararın şiddeti ve türünün yanı sıra zarar oluşum süreci göz önünde

bulundurulmalıdır. Bu özelliklerin araştırılıp bilinmesi, bitkilerin gelişimi ve canlılığı bakımından oldukça önem arz etmektedir (Paschke ve ark., 2005).

Endüstriyel faaliyetler, fosforlu gübreler, kimyasal ilaçlar, atmosferik depositler ve lağım atıkları aracılığıyla kadmiyumun tarım topraklarına girişi ve yayılması sağlanmaktadır (Haktanır, 1987). Toprak bünyesinde 3 mg/kg, bitki kuru maddesinde ise 1 mg/kg'dan fazla kadmiyum toksik etkilidir (Özbek ve ark., 1995). Bitki ve topraklarda bulunan kadmiyumun büyük bir çoğunluğu kadmiyum bulunduran toz parçacıklarının havadan çökmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Trafiğin işlek olduğu yerlerde, yol kenarlarındaki topraklarda toz çökmesi ile yılda m<sup>2</sup> 'ye 0.2 ile 1.0 mg kadar kadmiyum ilavesinin olduğu ölçüm sonucu ile belirlenmiştir (Haktanır, 1987). Bu metal insan, hayvan ve bitkiler için toksik etkili bir elementtir. Bitki bünyesinde azot ve karbonhidrat metabolizmalarını etkilemesi nedeniyle birçok fizyolojik değişmelere sebep olmaktadır. Proteinlerin –SH gruplarındaki enzimleri durdurmakta, fotosentez olayını engellemekte, stomaların kapanmasına, terleme ile su kaybının azalmasına ve klorofil biyosentezinin bozulmasına sebep olmaktadır (Sheoran ve ark., 1990).

Son yıllarda sanayileşmenin yanı sıra kimyasal gübrelerin kullanımının artmasıyla toprakta aşırı miktarda kadmiyum birikimi ortaya çıkmıştır. Modern tarım yöntemleri, kimyasal pestisitlerin kullanılmasını artırmış, bunun sonucu olarak bitkiler ağır metal birikiminden etkilenmeye başlamıştır. Toprakta ve bitki bünyesinde bulunan kadmiyum (Cd) birikimi ve kadmiyumun insan sağlığına etkileri dikkat çeken araştırma konularından biri haline gelmiştir (Dorris ve ark., 2002; Tsadilas ve ark., 2005). Derici ve ark (2002) tarafından yapılan bir çalışmada ülkemizde Çukurova ve Misli ovası gibi yoğun bitkisel üretim faaliyetlerinin yürütüldüğü bölgelerde topraklarda aşırı düzeyde Cd birikiminin olduğu belirtilmiştir. Bitki bünyesinde Cd toksik düzeylerde birikime uğrayarak bitki gelişimini sınırlayabilmekte ve bitkiler için mutlak zorunlu bir besin elementi olmamakla beraber bitki köklerinde kolaylıkla alınarak besin zincirlerinde risk yaratacak seviyede bitkisel ürünlerde birikime uğrayabilmektedir. Kadmiyum bitki, hayvan ve insan bünyesinde yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu toksik etkiye neden olan bir element olduğu bilinmektedir (Marschner, 1995).

Yıldan yıla artış gösteren dünya nüfusu; yeni yerleşim, sanayileşme ve yaşam alanları ihtiyaçlarını karşılamak için genellikle tarım arazileri ve orman alanlarını işgal ederek

veya amaç dışı kullanarak karşılamaya çalışmaktadırlar. Yapılan araştırmalar sonucunda dünya nüfusunun 2020 yılı itibari ile 7.5 milyara ulaşması beklenmektedir (Pinstrup-Andersen ve ark., 1999).

Mevcut tarım topraklarının azalmasına karşılık nüfusun sürekli artması sonucu beslenme ihtiyaçlarının karşılanması dünya genelini ilgilendiren bir sorun haline gelmiştir. Bu sorunun altından kalkabilmek için birim alandan yüksek verim alınması, gıda üretimi ve tüketimi arasındaki dengenin korunması, tarımsal üretimin dünya nüfus artışına paralel olarak arttırılması amaçlanmıştır. Bu nedenle tarımsal üretimin arttırılması ve kaliteli ürün yetiştirmek için çok sayıda araştırma yapılmaktadır.

Tarım sektöründe girdilerin bilinçli kullanımı ile yüksek verimli sürdürülebilir bir üretim sağlamak mümkün olduğu söylenmektedir. Bilinçsiz bir şekilde, kontrolsüz ve sık uygulamalar sonunda beklenen faydanın aksine, çevre kirlenmekte, kirlenen tarım topraklarının verim potansiyeli azalmakta, bazı durumlarda da tarım toprakları kısmen veya tamamen kullanılamayacak bir hale gelmektedir. Bitkisel üretimi sınırlandıran önemli stres faktörlerinden biri kirlenen çevre ile büyük bir sorun haline gelen ağır metallerdir. Ağır metaller yüksek atom ağırlığına sahip olup, yoğunluğu sudan en az beş kat daha fazla olan kimyasal elementler olarak tanımlanır (Pais ve Jones, 2000; Kvesitadze ve ark., 2006). Benzer şekilde Abdel-Sabour (2001), özellikle endüstri sahaları yakınlarında yer alan tarım arazilerinde katı ya da sıvı atıkların uygulanması durumunda topraklara sürekli olarak kadmiyum girişinin olduğunu bildirmiştir.

Kadmiyum kirlenmesine maruz kalan bu tür topraklarda yetişen bitkilerde Cd'un kolaylıkla bitki bünyesine alındığı ve bu tür bitkilerle beslenen insanlara Cd'un taşındığı rapor edilmiştir. Bu yüzden, birçok ülke katı ya da sıvı atıkların neden olduğu bu kirlilik etmeniyle mücadele edebilmek adına yasal düzenlemelere gitmiştir. Bu yasal düzenlemeler sayesinde son yıllarda atıkların (kanalizasyon arıtma çamurlarının) Cd konsantrasyonunda önemli oranda düşüş olduğu görülmüştür. Ükelere göre söz konusu sınır değerleri, Danimarka, Finlandiya ve İsveç için: 0.5 ppm; Fransa için: 2.0 ppm; Almanya için: 1.5 ppm; İspanya için: 1.0 ppm; İngiltere için: 3.0 ppm ve ABD için: 20 ppm olarak belirlenmiştir (McLaughlin ve Sings, 1999). Bu yasal düzenlemeler ardından İngiltere'de yapılan bir çalışmada arıtma çamuru kadmiyum değerlerinin yıllar arasında meydana gelen değişimleri karşılaştırılmış ve 1980 yılında arıtma çamurunun



Cd konsantrasyonu 9 ppm iken, 1990 yılında bu değerin 3.2 ppm'e dūştüęü belirlenmiştir (Smith, 1996). Yukarıda açıklanan varsayımlardan da anlaşıldığı üzere toprakta oldukça hareketli olan kadmiyumun topraktaki konsantrasyonu arttığında hareketliliğini azaltacak uygulamalara gereksinim duyulmaktadır. Bunu sağlayabilmek için öncelikle toprakların toplam negatif yük miktarının artırılması gerekmektedir. Daha fazla negatif yüzey alanı kadmiyumun hareketliliğini azaltacak ve bitki bünyesine taşınmasının önüne geçecektir. Topraklarda yüksek konsantrasyonda bulunan kadmiyumun bitkilere hangi dozlarda ve ne düzeyde stres oluşturduğunu ve bitkilerin kadmiyum stresine karşı tepkilerini belirlemek tezin önemini ortaya koymaktadır.

Bu tezin amacı; topraklarda yüksek konsantrasyonda bulunan kadmiyumun sera koşullarında çilek bitkisine farklı dozlarda uygulanması sonucu çilek bitkisinin verdiği tepkinin belirlenmesidir. Ekonomik öneme sahip çileğin kadmiyum stresine karşı gösterdiği tepkinin belirlenmesi aynı zamanda üreticilerin de bitkide oluşan zarar hakkında bilgi sahibi olmasını sağlayacak ve bilimsel alanda yapılacak yeni çalışmalara ışık tutacaktır.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Munzuroğlu ve Gür (1999) yaptığı çalışmada; ağır metallerin farklı formları halinde kullanılarak yabani elmada (*Malus sylvestris* cv. Golden) tp büyümesi ve polen çimlenmesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Elde edilen sonuçların, ağır metallerin polen çimlenmesini ve tp büyümesini önemli oranda azalttığını belirtmişlerdir. Klor tuzu halinde kullanılan ağır metaller için en fazla toksik etkiyi gösteren metalin civa olduğu belirtilmiştir. Nitrat tuzu olarak kullanılan ağır metal içerisinde ise kurşunun kadmiyumdan daha etkili olduğu açıkça belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına bakılarak her ağır metalin tp büyümesi ve polen çimlenmesini farklı derecede etkilediği iddia edilmiştir.

atak ve ark. (2000) karanlık ortamda yetiştirilen ve fotoperiyot uygulanan *Lycopersicon esculentum* Mill. (domates) ve *Nicotiana tabacum* L. (tütün) türlerinde artan konsantrasyonda uygulanan kadmiyum elementinin etkisiyle bitkilerin fizyolojik ve morfolojik özelliklerinde meydana gelen değişimleri belirlemişlerdir. Kadmiyum içeren besin zeltelerinde gerçekleştirilen çalışmada 13 farklı Cd konsantrasyonu hazırlanmıştır. Araştırmacılar 1000 ve 2000 ppm konsantrasyonlarında tohumların çimlenme yüzdelerinde önemli azalmalar belirlerken, hipokotil ve kök gelişmelerinde yüksek konsantrasyonda uygulanan Cd etkisinin önemli seviyede indirgendiği ifade edilmiştir. Çalışmada Cd birikiminin domates fidelerinde 200 ppm doz uygulamasında önemli derecede fark edilirken, tütün fidelerinde belirlenmediği ifade edilmiştir.

Zengin ve Munzuroğlu (2003) fasülye fidelerinin gövde, kök ve yaprak büyümesi üzerine civa ( $HgCl$ ) ve kadmiyum ( $CdCl_2.H_2O$ )'un etkilerini araştırdıkları çalışmada 7 günlük fasülye fideleri 10 gün boyunca Hoagland solisyonu ile hazırlanan farklı dozlardaki ağır metal tuzu çözeltisine maruz bırakmışlardır. Araştırmacılar Cd ve Hg uygulamalarının fidelerin gelişimini önemli lde engellediğini belirtmişlerdir. Fidelerin ağır metale maruz kalma süresi ne kadar artarsa fidelerin büyümesinin o kadar azaldığı gözlemlenmiştir. Civanın kadmiyuma göre etkisinin daha fazla olduğu yapılan analizler sonucu belirlenmiştir.

Zengin ve Munzuroğlu (2004) fasülye fidelerinin (*Phaseolus vulgaris* cv. Strike) sitokin miktarları zerine Pb, Cu, Cd, ve Hg'nin etkilerini araştırmışlardır. Saf suyla

hazırlanan ağır metaller; cıvanın stok solüsyonundan ( $\text{HgCl}_2$ ) 0.02, 0.04, 0.06 mM, kadmiyumdan ( $\text{CdCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) 0.05, 0.06 ve 0.08 mM, bakırdan ( $\text{CuCl}_2$ ) 0.1, 0.2 ve 0.3 mM, kurşundan ( $\text{PbCl}_2$ ) ise 1.5, 2.0 ve 2.5 mM konsantrasyonları şeklinde hazırlamışlardır. Elde edilen veriler ve sonuçlar çerçevesinde ağır metallerin fasulye fidelerindeki sitokin miktarını önemli ölçüde azalttığı gözlemlenmiştir. Toksik etkiyi en fazla gösteren metal cıva olmuştur. Bu durumu sırasıyla takip eden metaller ise kadmiyum, bakır ve kurşun olmuştur.

Treder ve Cieslinski (2005) "Elsanta" çilek çeşidinde toprak tipi ve kirlilik seviyesinin Cd alımı ve dağılımı üzerindeki etkileri incelemiştir. Araştırmacılar Cd alımını ve toksik etkilerini azaltmak için püskürtme yoluyla veya doğrudan toprağa potasyum silikat olarak silikon (Si) uygulamışlardır. Bitkiler, farklı Cd düzeyleriyle kirlenmiş kumlu ve kumlu killi-mera topraklarında bir serada yetiştirilmiştir. Kök, sap, yaprak ve meyvelerdeki Cd konsantrasyonları meyveler hasat edildikten sonra ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar, ilk toprak kirliliğinin ve toprak tipinin, Cd alımını ve çilek bitkileri içindeki dağılımını önemli ölçüde etkilediğini göstermiştir. Beklendiği gibi, çilek bitkileri tarafından Cd alımı, topraktaki bu elementin başlangıç seviyesiyle birlikte artmıştır. Bununla birlikte, kumlu toprakta yetişen bitkilerin, kumlu killi toprakta yetişen planlara kıyasla, tüm organlarda belirgin bir şekilde daha yüksek Cd konsantrasyonları olduğu belirtilmiştir. Dikimden önce toprak değişikliği olarak kullanılan silikon, kumlu toprakta yetişen çilek bitkilerinin aşırı Cd alımını önlemede etkili olmadığı gözlemlenmiştir. Si uygulamasının etkisi olarak düşük Cd konsantrasyonu köklerde, gövdelerde, yapraklarda ve meyvelerde gözlenmiştir. Potasyum silikat ile püskürtülerek yapılan bir yaprak uygulaması, çilek bitkilerinin ayrı bölümlerinde Cd konsantrasyonunu azaltmadığı belirtilmiştir.

Aksu ve Yıldız (2007) farklı seviyelerdeki Cd ve Pb ağır metallerinin 2 ay süreyle yetiştirilen iki farklı domates çeşidinin (Rio Grande ve Inuictus Lot. 335) kuru madde üretimi ve mineral element içeriğini incelemiştir. Çimlenme toprak + kum karışımında olmuş 3-4 yaprak aşamasına gelen fideler besin çözeltisine aktarılmış ve 0, 0.5, 1, 2, 5, 10, 20, 50 ve 100 mg/kg Pb; 0, 0.05, 0.1, 0.5, 1, 2, 3, 5, 10 ve 20 mg/kg Cd olarak belirlenmiş ve tüm uygulamalar 2 kez uygulanmıştır. 8. haftada çiçeklenme başlangıcının görülmesi ile hasat edilen ürünlerin kuru madde miktarları ve besin

içerikleri belirlenmiştir. Sonuç olarak artan kadmiyum düzeyleri iki çeşitte de bitkide alımı arttırırken potasyum, fosfor, kalsiyum, demir ve magnezyum alımını azaltmıştır. Artan Pb düzeyleri ise her iki çeşitte de Pb alımını arttırmış, P, Zn, Mn ve Ca alımını azaltmıştır. Kadmiyum uygulamasındaki artışa, kuru madde üretimi açısından 'Rio Grande' çeşidi daha toleranslı olurken Pb uygulamasına tolerans bakımından, çeşitler arasında önemli bir fark olduğu belirlenmemiştir.

Ayhan ve ark. (2007) bazı mısır çeşitlerine ait tohumların erken fide evresinde farklı konsantrasyonlarda Pb (0, 1, 2, 4 ve 6mM) ve Cd (0, 0.1, 0.2, 0.3 ve 0.4mM) uygulamalarına 8 gün boyunca maruz bırakmıştır. Çeşitlerin koleoptil ve kök uzunluklarında azalma önemli bulunurken, çimlenme yüzdelerinde önemli bir fark gözlemlenmemiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda kök uzunluklarında meydana gelen inhibisyonların kontrole göre % oranları belirlenerek Cd için en dayanıklı çeşit 32D99, Pb için Vero, dayanaksız çeşit ise her iki uygulama içinde 3223 çeşidi olduğu belirlenmiştir.

Petrovic ve ark. (2008) torf ortamında yetiştirilen çileklerde (*Fragaria x ananassa* Duch. Cv. Nyoho) genellikle dikimden kısa bir süre sonra olgunlaşmış yapraklarında yaprak sararması görülmeye başladığını ifade etmiştir. Besinlerin verilmesinde 4-7 günlük kısıtlama ile bitkilerde iyileşmenin gözlemlendiği belirtilmiştir. Bu sararmanın sebebi bitki dokularında biriken aşırı NH<sub>4</sub>-N olduğu belirtilmiştir. Bitki dokusundaki NH<sub>4</sub>-N birikimi, glutamin-sentetazın (GS) inhibisyonu ile uyarılmış olabildiği söylenmiştir. Çeşitli dozlarda uygulanan GS inhibisyonu yaprak NH<sub>4</sub>-N konsantrasyonları belirlenmiş ve sararma semptomları gözlemlenmiştir. 7 günlük uygulama sonucunda NH<sub>4</sub>-N konsantrasyonlarında artış gözlemlenmiştir. Daha sonra azot kaynağı ve yaprak sararması arasındaki ilişki incelenmiştir. Bu çalışma sonucunda, bir azot kaynağının çeşitli çevresel koşullar altında (örneğin ışık yoğunluğu ve hava sıcaklığı) birleştirilmiş etkisinin, daha önce önerildiği gibi bitki dokularında NH<sub>4</sub>-N birikimini etkileyip etkilemediğini de araştırmışlardır. "Nyoho" bitkilerde yaprak NH<sub>4</sub>-N konsantrasyonlarının yükselmesinin ve sararma semptomlarının ortaya çıkmasının daha erken başladığını ve daha yüksek güneş radyasyonu ve hava sıcaklığı koşulları altında daha şiddetli olduğu belirtilmiştir. İşlemden bağımsız olarak düşük NH<sub>4</sub>-N konsantrasyonları sergileyen bitkilerde aralarında klorozun olmaması, yüksek yaprak

NH-N konsantrasyonlarının ve aşırı NH<sub>4</sub>-N birikiminin, yaprak sararma olayında önemli bir rol oynadığı sonucuna yol açmıştır.

Esitken ve ark. (2009) bitki büyümesini teşvik eden bakterilerin (PGPB), Fern çilek çeşidinde meyve verimi, büyümesi ve besin elementi içeriği üzerindeki etkilerini, 2006-2008 yılları arasında organik büyüme koşulları altında incelemiştir. Çalışmada üç PGPB türü (Pseudomonas BA-8, Bacillus OSU-142 ve Bacillus M-3) tek başına kombinasyonlar halinde bio gübre olarak kullanılmıştır. Araştırma süresince (3 yıl) elde edilen veriler, PGPB kullanımının meyve verimini, bitki büyümesini ve yaprak P ve Zn içeriğini önemli ölçüde arttırdığını göstermiştir. M-3'ün kök inokülasyonu ve OSU-142 ve BA-8 bakterilerinin çiçek ve yaprak spreileri, bitki verimini teşvik ederek belirgin verim artışı sağlamıştır. M3 + BA-8, BA-8 + OSU-142, M3, M3 + OSU-142 ve BA-8 uygulamaları verim sırası % 33.2, % 18.4, % 18.2, %15.3 ve % 10.5 olarak arttırdığı gözlemlenmiştir. Bitki başına düşen meyve sayısı, kontrole (68.66) kıyasla M3 + BA-8 (91.73) ve M3 (81.58) uygulamaları ile önemli ölçüde arttığı gözlemlenmiştir.

Üstbaş ve ark. (2009), Trakya bölgesinde yürüttükleri çalışmada, üç ilden alınan ayçiçeği tohumları yağlarında Cd, Pb, Fe ve Cu içeriklerinin belirlenmesi amaçlamıştır. Araştırmacılar soxhlet n-hekzan ekstraksiyonu ile ayçiçeği tohumlarından elde edilen ham yağ örneklerinde bu elementlerin düzeyleri atomik absorpsiyon spektrofotometre ile belirlemiştir. Tekirdağ, Edirne ve Kırklareli illerinden yağ örneklerinde ortalama olarak sırasıyla, Cu miktarları 0.12, 0.15 ve 0.11 ppm, Pb miktarları 0.23, 0.15 ve 0.24 ppm, Cd miktarları 0.11, 0.23 ve 0.12 ppm Fe miktarları 4.83, 4.30 ve 4.27 ppm düzeyinde olarak yapılan analiz sonucu belirlenmiştir.

Torun ve ark. (2009) in vitro ve su kültürü altında sürdürdükleri çalışmada, artan dozlarda uygulanan Cd konsantrasyonlarının MaxMa 14 kiraz anacında, simptonların şiddeti, yeşil aksamdaki ve kökteki ve kuru madde verimi gibi parametrelere göre Cd toksisitesi ve etkilerini belirlemiştir. İn vitro doku kültüründe sürdürülen denemede 4 ayrı alt kültür oluşturulmuş ve artan konsantrasyonlarda 11 farklı Cd dozu (0, 2.5, 5, 10, 50, 75, 100, 200, 300, 500, 1000 µM) uygulaması yapılmış, su kültürü şartlarında yetiştirilen bitkilerde ise 6 farklı Cd dozu (0, 10, 50, 100, 150, 200 µM) uygulanarak yetiştirme yapılmıştır. Deneme sonuçlarına bakılarak artan kadmiyum doz uygulamalarına bağlı olarak her iki yetiştirme alanında da bitkilerde kuru madde

miktarının azaldığı ifade edilmiştir. Her iki büyüme ortamında da 10 µM'dan sonraki uygulamalarda hem simptomolojik hem de verim azalması açısından kirazda toksik konsantrasyonlar olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak değerlendirildiğinde Cd konsantrasyonunun ortalama % 95'i kökte birikirken % 5' i yeşil aksama geçtiği saptanmıştır.

Bagdatlıoğlu ve ark. (2010) Manisa bölgesinde çeşitli meyvelerde (domates, vişne, üzüm, çilek) ve sebzelerde (maydanoz, soğan, marul, sarımsak, ısırgan, nane, roka, ıspanak) Cu, Zn, Fe, Pb ve Cd seviyelerini belirlemiştir. Alev ve grafit fırınları atomik absorpsiyon spektrometresi bu metallerin seviyelerini ölçmek ve değerlendirmek için kullanılmıştır. Tespit edilen seviyeler Fe, Cu, Zn, Pb ve Cd için sırasıyla 0.56 ila 329.7, 0.01 ila 5.67, 0.26 ila 30.68, 0.001 ila 0.97 ve 0 ila 0.06 µg / g arasında değiştiği görülmüştür. Asma yapraklarında en yüksek ortalama Cu ve Zn seviyeleri tespit edilirken, ısırganlarda en düşük ortalama Fe ve Pb seviyeleri tespit edilmiştir. Çalışılan meyve ve sebzelerin çoğunda Cd saptanmamıştır. Meyve ve sebzelerde Cu, Zn, Fe, Pb ve Cd tahmini günlük alım miktarlarının FAO / WHO tarafından önerilen maksimum tolere edilebilir seviyelerin altında olduğu belirtilmiştir. Çalışmada analiz edilen meyve ve sebzelerin element konsantrasyonları, insan tüketimi için uygun olduğu belirtilmiştir.

Jinbiao ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada çilek (*Fragaria x ananassa* Duch.) hücrelerinde Cd'nin birikmesini, detoksifikasyonunu ve biyolojik toksisitesini anlamak için hücre altı dağılımını ve kadmiyumun (Cd) kimyasal formlarını araştırmışlardır. Sonuçlar, Cd'nin yaprak hücrelerinde çoğunun hücre duvarlarında biriktiğini (% 82.3), ardından hücre organellerinde (% 9.7) ve çözünür fraksiyon (% 8.0) halinde olduğu belirlenmiştir. Kökler yapraklardan çok daha yüksek Cd seviyeleri biriktirmelerine rağmen, kök hücrelerde benzer bir Cd dağılım modeli bulunmuştur. Çalışmada Cd ilavesi sonucunda, köklerin protein bileşiminde değişikliklere neden olarak yüksek moleküler ağırlıklı protein seviyelerinin yükselmesine neden olduğu belirtilmiştir. Araştırmacılar, elde edilen sonuçların, Cd'nin köklerde ve hücre duvarlarında birikmesinin, Cd detoksifikasyonuna yönelik bir mekanizma sağlayabileceğini gösterdiğini belirtmiştir.

Koç ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada, Kahramanmaraş-Acı (*Capsicum annuum* cv. Kahramanmaraş Acı) çeşitlerinde farklı konsantrasyonlarda Cd uygulayarak, bitkilerin

gövde ve yapraklarında Ca, Cd, K ve Mg minerallerinin miktarlarını belirlemişlerdir. 6 ve 7 yapraklı fideler 4 gün boyunca 48 saat aralıkla 20, 40, 80, 100  $\mu\text{M}$   $\text{CdCl}_2$  uygulamaları etkisine bırakılmıştır. Çalışma sonucunda biberin bazı fizyolojik olaylarının etkilendiği gözlemlenmiştir. Sürgün ve yapraklarda kadmiyum birikimi ve diğer minerallerin içeriğinin uygulamanın süresine bağlı olarak değişebileceği gözlemlenmiştir.

Zhang ve ark. (2013) insan sağlığı için temel bir unsur olan selenyum, yaşlanma ve hastalığın önlenmesinde önemli bir rol sahibi olduğunu belirtmiştir. Selenyum bakımından zenginleştirilmiş tarım ürünleri geniş bir potansiyele sahip olduğu söylenmiştir. Ancak Çin selenyum bakımından ürünlerin zengin olmadığı söylenmiş ve selenyumun tek tip olmadığını belirtmişlerdir. Selenyum bakımından zenginleştirilmiş ürünlerde sürdürülebilir gelişim sağlanamamıştır. Selenyum gübresinin iyi olduğunu kanıtlayan dört farklı seradan selenyum bakımından zenginleştirilmiş çilekler araştırılmıştır. Selenyum içeriğinin çileklerde genellikle 2.58 ila 8.87 ppm düzeyinde olabileceği belirlenmiştir. Ancak selenyum bakımından zenginleştirilmiş çilek meyvesinde ağır metallerin içeriği ulusal standardı aştığı için, selenyum bakımından zenginleştirilmiş çilekleri yerken gıda güvenliğine dikkat edilmesi gerektiği belirtilmiştir. Selenyum gübresinin uygulanması çileklerde Ca ve Zn içeriğini arttırmıştır.

Bystricka ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada, ağır metallerin içeriğine dayanarak çilek kalitesinin ve ayrıca toprakta ve çileklerde seçilen ağır metaller arasındaki olası korelasyonların değerlendirilmesi amaçlamıştır. Çalışmada, topraktaki kadmiyum değerleri, Slovak Cumhuriyeti'nde geçerli olan sınırdan 1.86 ila 2.41 kat daha yüksek değerlere (0.7 mg / kg) ve EC'ye (0.5 mg / kg) göre 2.6 ila 3.38 kat daha yüksek değerlerin olduğu belirtilmiştir. Çalışmada, Slovak Cumhuriyeti'nde geçerli değeri (0.1 mg / kg) yaklaşık 0.037 0.105 mg / kg olan sınırı aşan kurşun değerleri 0.125 ila 0.205 mg / kg arasında değişmiştir. Ağır metallerin topraktaki değerlerinin aşılmasına rağmen, Slovak Cumhuriyeti Gıda Kodeksine ve 1881/2006 Komisyon Tüzüğüne kıyasla doğrudan çileklerde limitin üzerinde bir değer kaydedilmemiştir. Çeşitlerin arasında istatistiksel olarak metal alımı bakımından önemli farklılıklar bulunmuştur.

Topdemir ve ark. (2015) Pb, Hg, Cd ve Cu ağır metallerinin *malus sylvestris* Miller ve *Cerasus vulgaris* Miller bitkisi polenlerinin tüp oluşumu ve performansı üzerine etkisi incelenmiştir. Araştırma materyali olarak Elazığ ve çevresinde kirletici faktörlerden uzak olan bölgelerinden bitki polenleri kullanılmıştır. Brewbaker Kwack kültür ortamı polenlerin çimlendirilmesi için kullanılmıştır. Işık mikroskobu ile çimlenme kontrolü ve ölçümler yapılmıştır. Yapılan çalışma sonucuna göre tüm ağır metal konsantrasyonu polen çimlenmesi ve tüp büyümesini farklı oranda etkilemiştir. Polenlerinin çimlenmesi ve tüp uzunluğu bakımından en çok etkiyi gösteren ağır metal; *Cerasus vulgaris* Miller bitkisi için civa, *Malus sylvestris* Miller için ise bakır olduğu gözlemlenmiştir.

Roveda ve ark. (2016) yüksek nikel (Ni) yükü içeren organik bileşik (OC), bir mineral Ni kaynağı ( $\text{NiCl}_2$ , çözünen bir tuz) ile çileklerin üretimi, kalitesi ve beslenme durumu üzerindeki etkilerini karşılaştırmak için çalışma yapmışlardır. Toprağa hem OC hem de  $\text{NiCl}_2$  kullanılarak altı doz Ni (0, 9, 18, 36, 72 ve  $144 \text{ mg kg}^{-1}$ ) ilave edilmiştir. Yüksek Ni, OC kullanımı verimlilik ve meyve ağırlığının artmasına neden olurken, çözünen  $\text{NiCl}_2$  tuzu meyve ağırlığında bir azalmaya neden olmuştur.  $\text{NiCl}_2$ 'nin  $> 18 \text{ mg kg}^{-1}$  konsantrasyonlarında uygulanması ayrıca çileklerde Ni'ye karşı oldukça duyarlı olduklarını düşündüren yapraklarda internal kloroza neden olmuştur. Mineral Ni kaynağı, artan yaprak Ni içeriğinde organik kaynaktan neredeyse 15 kat daha etkili olduğu gözlemlenmiştir. OC'nin uygulanması, organik madde, Ca, bazların toplamı, kation değişim kapasitesi, baz doygunluğu, Zn, Mn ve Cu artışına neden olmuş, ancak topraktaki Mg seviyelerini azaltmıştır.

Tektaş (2016) Pepino (*Solanum muricatum* Ait.) fidelerinin kurşun stresi altında fizyolojik ve anatomik değişimler gözlemlenmiştir. 0, 25, 50 ve  $100 \text{ ppm}$ ' lik  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  çözeltisi fidelere 20 gün boyunca uygulanmıştır. Deneme sonunda kök ve yapraklardan örnek alınarak anatomik değişimler gözlemlenmiştir. Çalışma sonucunda kurşun uygulamasına bağlı olarak yaprak ve kök anatomilerinde değişimlerinin olduğu ve toplam fenolik bileşiklerinin kurşun konsantrasyonlarına bağlı olarak değişikliklerin gözlemlendiği belirtilmiştir.

Yaghubi ve ark. (2016) iki potasyum silikat seviyesinin ( $1000$  ve  $1500 \text{ ppm}$ ) bitkisel büyüme, fizyolojik parametreler ve salin altındaki iki çilek çeşidinin meyve verimi üzerindeki etkisini belirlemeyi amaçlamışlardır. Tamamlayıcı Si, tuzluluğun kuru



madde, yaprak alanı, kök uzunluğu ve hacmi üzerindeki olumsuz etkilerini engellemiştir.  $K_2O_3$  Si'nin tuzluluk altında uygulanmasıyla yaprak nispi su içeriği ve klorofil içeriği de geliştirilmiştir. NaCl, azalmış membran stabilite indeksi (MSI) yanı sıra artan malondialdehit (MDA) ve  $H_2O_2$  içeriği olarak ortaya çıkan hücreye oksidatif hasar vermiştir. MDA ve  $H_2O_2$  Si kaynaklı bitkilerin yanı sıra yüksek MSI Si'nin tuzluluk kaynaklı hücresel yaralanmalara sistemik bir hafifletici etkisi olduğu belirtilmiştir. Prolin içeriğinin azaltılması, ayrıca, tuz stresinin olumsuz etkilerinin azaltılmasında Si'nin yararlı olduğu gösterilmiştir. Tuzluluk her iki kültürde de sert bir azalma ile meyve verimini düşürmüştür. Araştırmacılar elde ettikleri sonuçlara göre çilek bitkilerinin besin çözültisindeki potasyum silikat, çilek büyümesini ve tuzluluk altında veriminin korunmasına olanak sağlayabileceğini belirtmişlerdir.

Sharafi ve ark. (2017) farklı kiraz çeşitlerinin polen çimlenmesi ve tüp büyümesi üzerine ağır metal konsantrasyonlarının etkisini incelemişlerdir. Çalışmada farklı dozlarda (0 (kontrol), 50, 100, 150, 200 ve 250 ppm) kadmiyum, kurşun, bakır ve civa uygulamaları yapılmıştır. Araştırmacılar polen çimlenmesi ve tüp büyümesi üzerine farklı dozlarda ağır metal uygulamalarının farklı etkilerinin olduğunu belirtmiştir.

Shan ve ark. (2017) lanthanum nitratin ( $La(NO_3)_3$ ) etkilerini ve enzimlerin transkript düzeylerini, C vitamininin (Vc) biyosentezinde, rejenerasyonunda, parçalanmasında ve çilek meyvesinde Vc'nin içeriğinde ne kadar etkili olduğunu araştırmışlardır. Sonuçlar, düşük  $La(NO_3)_3$  konsantrasyonlarının, aktiviteleri ve geri dönüşüm enzimlerinin glutatyon redüktaz (GR), dehidroascorbat redüktaz (DHAR), monodehidroascorbat redüktaz (MDHAR), biyosentetik enzim L-enzakorbatat redüktaz (MDHAR) ve biyosentetik enzim L-enzim enzimi LOTA'larını artırma yoluyla önemli ölçüde arttırdığını göstermiştir. Ancak, yüksek  $La(NO_3)_3$  konsantrasyonları, aktiviteleri ve APX ve AO'nun ortalama seviyelerini arttırarak ve aktiviteleri ve GR, DHAR, MDHAR ve GalLDH ortalama seviyelerini azaltarak Vc içeriğini önemli ölçüde azaltmıştır. Çalışmada düşük  $La(NO_3)_3$  konsantrasyonlarının, kontrol ve yüksek  $La(NO_3)_3$  konsantrasyonlarına kıyasla olgunlaşmış dönemde ortalama meyve ağırlığını önemli ölçüde arttırdığını göstermiştir. Sonuçlar düşük konsantrasyonlarda  $La(NO_3)_3$  biyosentezi, yenilenmesi ve bozulmasındaki aktiviteleri ve enzimlerin ortalama seviyelerini düzenleyerek Vc içeriğini iyileştirebileceğini göstermiştir.

Canal ve Bozkurt (2018) sera koşullarında Cd toksisitesini önlemek için artan demir düzeylerinin ve arıtma çamurunun marul bitkisinin gelişimine, bazı enzim aktivitelerine, lipid peroksidasyon ile bitki ve toprakta kadmiyum içeriklerine etkisini araştırmışlardır. Yürütülen saksı denemelerinde kadmiyum uygulamasının gözlemler neticesinde bitki ağırlığı, bitki boyu ve yaprak sayısında önemli derecede azalmaların görüldüğü tespit edilmiştir. Cd+Fe<sup>+1</sup> uygulaması tek başına Cd uygulamasına göre, bitki boyunda önemli ölçüde artışa, katalaz aktivitesi, MDA içeriği ve bitki Cd konsantrasyonunda önemli düzeyde azalmalara neden olduğunu belirlemiştir. Cd+AÇ uygulaması tek başına Cd uygulamasına göre, bitki Cd konsantrasyonu, katalaz aktivitesi ve MDA içeriğinde önemli düzeyde düşüşe neden olmuştur. Bu sonuçlara göre toprak ve bitkide kadmiyum toksisitesinin giderilmesinde demir gübrelemesinin yapılabileceği tespit edilmiştir. Kentsel arıtma çamurunun kadmiyum içeriğinin düşük olması ve organik madde içeriğinin fazla olması nedeniyle kadmiyum toksisitesini azaltan bir materyal olduğu tespit edilmiştir.

Doğaroğlu (2018) farklı konsantrasyonlardaki Zn (5, 10, 20, 40, 80, 160 mg L<sup>-1</sup>), Cd (0, 1, 2, 4, 8, 16, 32 mg L<sup>-1</sup>) ve Pb (0, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256 mg L<sup>-1</sup>) metallerinin uygulandığı çalışmada, marul (*Lactuca sativa* L.) bitkisinin kök ve gövde uzaması, tohum çimlenmesi ve bitki biyokütlesi üzerine etkilerini araştırmıştır. Deneme sonucunda kadmiyum ve çinko uygulamalarının tohum çimlenmesini azalttığı gözlemlenmiştir. Düşük konsantrasyonda Pb uygulaması ise tohum çimlenmesini arttırmış olup yüksek konsantrasyonlarda ise çimlenmenin inhibisyona sebep olduğu belirtilmiştir. Kök inhibisyonunun gövdeye göre her üç metal için daha duyarlı olduğu belirtilmiştir. Kontrole kıyasla bitki kuru kütlelerinde büyük bir değişiklik gözlemlenmezken, yaş biyokütlelerde Zn maruziyetinde önemli azalmalar görüldüğü belirtilmiştir.

Ferreira ve ark. (2018) tarla tarımı ve tuzluluk stresi altındaki beş ticari çilek çeşidinin meyve verimi ve meyve ömrüne etkisini araştırmışlardır. Çilek, en fazla tuza duyarlı bahçe bitkilerinden biridir. Bu nedenle, dünyadaki yarı kurak bölgelerde sulama suyunun (EC) artan tuzluluk oranı (elektriksel iletkenlik) çilek yetiştiricileri için artan bir endişe kaynağı olduğu belirtilmiştir. Tüm çeşitler, Na<sup>+</sup> ve K<sup>+</sup> veya Ca<sup>+2</sup> arasında veya Cl<sup>-</sup> ve NO<sub>3</sub><sup>-</sup> arasında rekabet etmeyen sürgünlerde hem makro hem de mikro besin

maddelerinin yeterli seviyelerde bulunmuştur. Bütün çeşitler, tuzluluk seviyesinden bağımsız olarak 'Albion', 'Monterey' ve 'Benicia' ile tuzluluk seviyelerinde meyvede toplam çözünen şekerler (% Brix) değeri (%11-13) olarak bulunmuştur. Albion ve 'San Andreas', ticari meyve büyüklüğünü tuzluluk altında muhafaza etmede en iyi performansı gösteren çeşitler olarak belirtilmiştir. Araştırmacılar bu yeni ticari çeşitlerin, daha önce test edilen çeşitlere göre daha fazla toleranslı olduğunu ve sulama suyu tuzluluk derecesi ile seçimin iyileştirilmesi için tuz toleransında yeterli çeşitliliğe sahip olduğunu belirtmiştir.

Nadari ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada nar kabuğundan elde edilen karbonun (Nar aktif karbonatlar (PAC)), kadmiyumlu kum içine ilavesi ile çilek yetiştiriciliği üzerine etkilerini belirleye çalışmışlardır. Bitki dokularındaki Cd konsantrasyonunun ve bitkinin çeşitli biyokimyasal aktivitelerinin ölçülmesiyle çilekte kadmiyum birikimi ve toksisitesi araştırılmıştır. Sonuçlara göre PAC'ın iyi bir emme kapasitesine sahip olduğu belirtilmiştir. Kontrole kıyasla, kuma uygulanan PAC, lipit peroksidasyon seviyesini düşürürken, karotenoid içeriğini arttırdığı belirtilmiştir. PAC uygulamasından dolayı çileğin Cd seviyesine daha fazla toleransı, toprağın fiziksel koşullarının iyileştirilmesi, bazı temel elementlerin miktarının artırılması ve Cd absorpsiyon seviyesinin azaltılması ile ilişkilendirilmiştir. Gaviota çilek çeşidinin 5 veya 10 mg kg<sup>-1</sup> Cd' a maruz bırakılmış ve bitkinin bu metale direnç göstermek için yeni bir metabolik denge oluşturduğu görülmüştür.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Araştırma 2018 yılında Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezine ait serada gerçekleştirilmiştir. Denemenin yürütüldüğü seranın uydudan görüntüsü (Şekil 3.1)'de gösterilmiştir. Deneme alanını krokisi (Çizelge 3.1)'de gösterilmiştir. Denemenin yapıldığı seranın genel görünümü (Şekil 3.2)'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Denemenin yürütüldüğü seranın uydud görüntüsü (Google Earth).



Şekil 3.2. Denemenin yapıldığı seranın genel görünümü

#### 3.1.1. Sera denemesinde kullanılan bitki materyali

Sera denemesinde bölge ekolojisine uygun olan iki kısa gün çilek çeşidine ('Sweet Charlie' ve 'Camarosa') ait frigo fideler kullanılmıştır.

##### 'Sweet Charlie'

Yaz dikimi için uygun olan çeşit Botrytis'e duyarlıdır ve Antraknoza karşı dayanıklıdır. Çok erkenci olan bu çeşit düşük asit seviyesine sahiptir. C vitamini bakımında yüksek olup meyveleri orta iriliktir. Şeker içeriği ise yüksek olup verim bakımından oldukça

iyi bir kısa gün çeşididir. FL 80-456 x 'Pajaro' nun melezlenmesi sonucu 1986 yılında geliştirilmiştir (Chandler ve ark., 1997).

### 'Camarosa'

Meyve özellikleri bakımından parlak kırmızı olup meyve şekli konik ve yarı konik olarak bilinmektedir. Erkenci bir çeşittir. Meyveleri iridir ve iyi bir pazar değerine sahiptir (Özdemir ve ark., 2007). Oldukça yüksek verime sahip olan çeşit Kaliforniya Üniversitesinde 'Douglas' x Cal.85.218-605' çeşitlerinin melezlenmesi sonucunda geliştirilmiştir (Kafkas, 2004).

### **3.1.2. Sera denemesinde kullanılan torf materyali**

Gerçekleştirilmiş olan sera denemesinde üretim ortamı olarak torf (Klasmann-Deilmann, potground H, Germany) materyali kullanılmıştır. Denemede kullanılan torfa ait bazı özellikler; 160-260 mg/L N, 180- 280 mg/L P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 200-150 mg/L K<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 80-150 mg/L Mg, pH 6, % 0.8 N, % 70 organik madde, % 35 C seklindedir.

## **3.2. Yöntem**

### **3.2.1. Denemenin Kurulması**

Sera denemesi tesadüf blokları deneme desenine göre 4'er tekerrürlü ve 4 farklı Cd doz uygulaması olacak şekilde kurulmuştur. Temel gübreleme olarak tüm saksılara 250 mg kg<sup>-1</sup> N, Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, 100 mg kg<sup>-1</sup> P, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> formunda, 2 mg kg<sup>-1</sup> Fe, Fe-EDTA formunda ve 2 mg kg<sup>-1</sup> Zn, ZnSO<sub>4</sub>.7 H<sub>2</sub>O formunda uygulama homojen olarak yapılmıştır. Denemeye konu olan kadmiyum 0 (kontrol-Cd0), 6 (Cd6), 12 (Cd12) ve 24 (Cd24) mg.kg<sup>-1</sup> dozlarında ve (CdSO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>.8H<sub>2</sub>O formunda uygulanmıştır. Saksı başına 1 adet çilek fidesi dikilmiş, bitkiler günlük olarak su ihtiyaçlarına göre sulanmıştır. Bitkiler Cd simptomlarının şiddetine ve yeşil aksamda meydana gelen büyüme gerilemesine bağlı olarak hasat edilmiştir.

Çizelge 3.1. Deneme alanı krokisi

SWcCd <sub>4</sub>	SWcCd <sub>4</sub>	SWcCd <sub>4</sub>	SWcCd <sub>4</sub>	CCd <sub>4</sub>	CCd <sub>4</sub>	CCd <sub>4</sub>	CCd <sub>4</sub>
SWcCd <sub>3</sub>	SWcCd <sub>3</sub>	SWcCd <sub>3</sub>	SWcCd <sub>3</sub>	CCd <sub>3</sub>	CCd <sub>3</sub>	CCd <sub>3</sub>	CCd <sub>3</sub>
SWcCd <sub>2</sub>	SWcCd <sub>2</sub>	SWcCd <sub>2</sub>	SWcCd <sub>2</sub>	CCd <sub>2</sub>	CCd <sub>2</sub>	CCd <sub>2</sub>	CCd <sub>2</sub>
SWcCd <sub>1</sub>	SWcCd <sub>1</sub>	SWcCd <sub>1</sub>	SWcCd <sub>1</sub>	CCd <sub>1</sub>	CCd <sub>1</sub>	CCd <sub>1</sub>	CCd <sub>1</sub>

\*(Çeşit; Sweet Charlie (SWc), Camarosa (C), Uygulama; Kadmiyum (Cd), Tekerrür; 1- 2- 3- 4).



Şekil 3.3. Deneme alanının genel görünümü

### 3.2.2. Bitki büyüme parametreleri

Kadmiyum uygulamalarının bitki gelişim parametreleri üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla vegetasyon dönemi sonunda, her bir fide saksıdan çıkarılarak kök ve yaprakları sayılarak adet/bitki olarak belirlenmiştir. Ayrıca bitkinin kök ve yaprak yaş ve kuru ağırlıkları (48 saat boyunca 70 °C’de kurutularak) terazi yardımıyla tartılarak ve g/bitki olarak ifade edilmiştir.

### 3.2.3. Bitkide stres parametreleri

**Toplam fenol tayini:** Toplam fenol miktarı Singleton ve Rossi (1965) de tarif edildiği üzere Folin-Ciocalteu’s kimyasalı kullanılarak yapılmıştır. Bu amaçla homojenize edilen bitki örneği aseton, su ve asetik asit (70:29.5:0.5) çözeltisi kullanılarak bir gün boyunca tüpler içerisinde ekstraksiyon işlemi uygulanmıştır. Folin-Ciocalteu’s kimyasalı ve saf su karıştırılarak 8 dakika bekletilmiştir. Sonra %7’lik sodyum karbonat ilave edilmiştir. İki saat inkübasyondan sonra mavimsi bir renk alan çözeltinin absorbansı spektrofotometrede 750 nm dalga boyunda ölçülmüştür. Sonuçlar gallik asit cinsinden µg gallik asit eşdeğer/g olarak hesaplanmıştır.

**Toplam Antioksidan Kapasitesi (TAK):** TEAC analizi için homojenize edilen bitki örnekleri 7 mM ABTS (2,2’-Azino-bis 3- ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) ve 2,45 mM potasyumbisülfat ile karıştırılarak karanlık ortamda 12-16 saat bekletilmiştir (Özgen ve ark., 2006). Daha sonra bu solüsyon 20 mM sodium asetat (pH 4.5) bafırı ile spektrofotometrede 734 nm dalga boyunda 0,700±0,01 absorbans olacak şekilde

sadeleştirilmiştir. Nihayetinde 30 µL ekstrakt 2.97 mL hazırlanan bakır karıştırılarak absorbance 10 dakika sonra spektrofotometrede 734 nm dalga boyunda okuma yapılmıştır. Elde edilen absorbans değerleri Trolox (10–100 µmol/L) standart eğim çizelgesi ile hesaplanarak µmol Troloks eşdeğeri/g olarak sunulmuştur.

### **3.2.4 Bitkide mineral element analizleri**

Bitkiler Cd simptomlarının şiddetine ve yeşil aksamda meydana gelen büyüme gerilemesine bağlı olarak hasat edilip kurutulduktan sonra agat değirmeninde öğütülmüştür. Öğütülen örneklerde 0,2 gr. tartılarak mikrodalga cihazında (Mars Xpress) yaş yakma metoduna göre H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-HNO<sub>3</sub> asit karışımında yakılmıştır. Daha sonra bu örneklerde ICP cihazında Cd, P, K, Zn, Mn, Fe ve Cu okuması yapılmıştır (Kaçar ve İnalt, 2008).

### **3.2.5. İstatistiksel analiz**

Uygulamaların bitkilerin büyüme ve stres parametrelerine etkisini belirlemek amacıyla tesadüf parselleri deneme desenine göre dört tekerrürlü ve her tekerrürde bir bitki olacak şekilde deneme kurularak veriler varyans analizine tabi tutulduktan sonra ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testine tabi tutulmuştur.

#### 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Artan dozlarda Cd uygulamaları altında çilek bitkilerinin kök ve yapraklarında toplam fenolik madde miktarında meydana gelen değişimler Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Artan Dozlarda Cd uygulamaları altında yetiştirilen çilek çeşitlerinin kök ve yapraklarının toplam fenolik madde konsantrasyonları

Çeşit/Doz	Yaprak toplam fenolik ( $\mu\text{g GAE/ g}$ )				Ortalama
	Kontrol	Cd 6	Cd 12	Cd 24	
<b>Camarosa</b>	1.128 A a	0.932 A b	1.105 A a	1.130 A a	1.074 A
<b>Sweet Charlie</b>	1.062 A a	0.864 B b	0.862 B b	1.091 A a	0.970 B
<b>Ortalama</b>	1.095 a	0.898 c	0.984 b	1.111 a	

Çeşit/Doz	Kök toplam fenolik ( $\mu\text{g GAE/ g}$ )				Ortalama
	Kontrol	Cd 6	Cd 12	Cd 24	
<b>Camarosa</b>	0.320 A b	0.280 A c	0.265 A c	0.369 A a	0.309 A
<b>Sweet Charlie</b>	0.321 A ab	0.269 A b	0.286 A b	0.363 A a	0.310 A
<b>Ortalama</b>	0.320 b	0.274 c	0.275 c	0.366 a	

Aynı satırda aynı büyük harfle gösterilen çeşit ortalamaları ve aynı sütunda aynı küçük harfle gösterilen uygulanan doz ortalamaları arasındaki farklar önemli değildir ( $P<0.05$ ).

Çeşitlere ait genel ortalamalar karşılaştırıldığında, Sweet Charlie ( $0.970 \mu\text{g GAE/ g}$ ) çeşidine kıyasla Camarosa ( $1.074 \mu\text{g GAE/ g}$ ) çeşidinin yapraklarındaki toplam fenol içeriğinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Kadmiyum uygulamalarının genel ortalamaları ele alındığında, Cd24 dozunun kontrole kıyasla önemli bir değişikliğe neden olmadığı, Cd6 ve Cd12 dozlarının ise yaprak fenol içeriğinde azalmaya neden olduğu görülmüştür. Cd x çeşit etkileşimi açısından da anlamlı farklılıklar ortaya çıkmıştır. Örneğin kontrol ve Cd24 uygulamasında, yaprak fenol içeriği açısından çeşitler arasında önemli bir fark yokken, Cd6 ve Cd12 uygulamasında Camarosa çileklerinin yaprak fenol içeriklerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Cd uygulamasının etkisi her bir çeşit için ayrı ayrı değerlendirildiğinde, ‘Camarosa’ çeşidinde sadece Cd6 dozunda, ‘Sweet Charlie’ çeşidinde ise Cd6 ve Cd12 dozları koşullarında uygulamaları yaprakların fenol içeriğinde azalmalar meydana gelmiştir.

Gerek genel ortalamalar gerekse etkileşim ortalamaları açısından kök fenol içeriğinde çeşitten kaynaklanan önemli bir farklılık ortaya çıkmamıştır. Kadmiyum



uygulamaları ise kök fenol içeriğinde önemli değişimlere neden olmuştur. Genel ortalamalar itibarı ile kontrol uygulamasında 0.320 µg GAE/g olan kök fenol içeriği, Cd6 ve Cd12 uygulamaları ile önemli derecede azalarak sırasıyla 0.274 ve 0.275 µg GAE/g seviyesine düşerken, Cd24 dozu uygulamasında önemli bir artış göstermiş ve bu değer 0.366 µg GAE/g'a ulaşmıştır. Farklı dozlarda Cd uygulamalarına kök fenol içeriği açısından çeşitlerin verdiği tepki benzer olmuştur. Her iki çeşitte de Cd6 ve Cd12 dozu uygulamalarında azalmaya, Cd24 dozunda ise artışa neden olmuştur (Çizelge 4.1). Tektaş, (2016) yapmış olduğu çalışmada uygulanan konsantrasyonlara bağlı olarak ağır metal uygulamalarının bitkide bulunan toplam fenolik bileşiklerde değişimlere yol açtığını belirtmiştir. Michalak (2006) ağır metal stresi sırasında fenolik bileşiklerin metal şelatlayıcılar olarak işlev görebildiğini ve bu yüzden bitkilerde ağır metal konsantrasyonlarında oluşabilecek artışların bitki bünyesindeki fenolik bileşiklerin miktarını artırabileceğini belirtmişlerdir. Bu bilgiler dikkate alındığında çalışmada elde edilen sonuçlar daha önce yapılan çalışmalarla benzerlik göstermektedir.

Çizelge 4.2'de toksik Cd uygulamaları altında yetiştirilen çilek çeşitlerinin yaprak ve kök antioksidan konsantrasyonları verilmiştir. Çeşitlere ait genel ortalamalar karşılaştırıldığında, Camarosa (0.480 µmol/g) çeşidine kıyasla Sweet Charlie çeşidinin (0.482 µmol/g) yapraklarındaki toplam antioksidan içeriğinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Toksik düzeyde Cd uygulamalarının tüm dozlarında yaprakların antioksidan konsantrasyonlarında kontrole göre istatistiksel olarak önemli artışlara neden olduğu ortaya çıkmıştır. Örneğin, Camarosa çeşidinin kontrol koşullarında 0.371 µmol/g olan antioksidan konsantrasyonu Cd6, Cd12 ve Cd24 dozlarında sırası ile 0.497, 0.529 ve 0.524 µmol/g düzeyine çıkmıştır. Cd x çeşit interaksyonu açısından da anlamlı farklılıklar ortaya çıkmıştır. Kontrol uygulamasında yaprak antioksidan içeriği açısından çeşitler arası önemli bir farkın olmadığı tespit edilmiştir. Cd6 ve Cd12 dozları uygulamasında 'Sweet Charlie' çeşidinin yaprak antioksidan içeriğinin 'Camarosa' çeşidine göre daha yüksek iken, Cd 24 dozu uygulamasında yaprak antioksidan içeriğinin daha düşük olduğu ortaya çıkmıştır. Kadmiyum uygulamasının etkisi her bir çeşit için ayrı ayrı değerlendirildiğinde, 'Camarosa' ve 'Sweet Charlie' çeşitlerinde bütün Cd uygulamaları yaprak antioksidan içeriğinde artışa neden olmuştur. Muradoğlu ve ark., (2015)'nin yapmış olduğu çalışmada 'Camarosa' çilek çeşidine kontrol örneklerinin yanı sıra 15, 30, 45, 60 ppm Cd dozları uygulamışlardır. Araştırmacılar Cd

uygulamalarının, kontrol örneklerine göre yapraklarda bulunan antioksidan enzimlerinde artışlara neden olduğunu belirtmişlerdir.

Çizelge 4.2. Artan dozlarda Cd uygulamaları altında yetiştirilen çilek çeşitlerinin kök ve yapraklarının toplam antioksidan konsantrasyonları

<b>Yaprak antioksidan (<math>\mu\text{mol/g}</math>) konsantrasyonu</b>					
<b>Çeşit/Doz</b>	<b>Kontrol</b>	<b>Cd 6</b>	<b>Cd 12</b>	<b>Cd 24</b>	<b>Ortalama</b>
<b>Camarosa</b>	0.371 A b	0.497 B a	0.529 B a	0.524 A a	0.480 A
<b>Sweet Charlie</b>	0.363 A b	0.606 A a	0.588 A a	0.369 B b	0.482 A
<b>Ortalama</b>	0.367 c	0.551 a	0.559 a	0.447 b	
<b>Kök antioksidan (<math>\mu\text{mol/g}</math>) konsantrasyonu</b>					
<b>Çeşit/Doz</b>	<b>Kontrol</b>	<b>Cd 6</b>	<b>Cd 12</b>	<b>Cd 24</b>	<b>Ortalama</b>
<b>Camarosa</b>	0.537 A b	0.549 A ab	0.561 A a	0.509 A c	0.539 A
<b>Sweet Charlie</b>	0.533 A a	0.538 A a	0.524 B a	0.504 A a	0.525 A
<b>Ortalama</b>	0.535 a	0.544 a	0.542 a	0.507 b	

Aynı satırda aynı büyük harfle gösterilen çeşit ortalamaları ve aynı sütunda aynı küçük harfle gösterilen uygulanan doz ortalamaları arasındaki farklar önemli değildir ( $P < 0.05$ ).

Gerek genel ortalamalar gerekse interaksiyon ortalamaları açısından kök toplam antioksidan içeriğinde çeşitlerden kaynaklanan önemli bir farklılık ortaya çıkmamıştır. Kadmiyum uygulamaları ise kök antioksidan içeriğinde önemli değişimlere neden olmuştur. Genel ortalamalar itibarı ile kontrol uygulamasında  $0.535 \mu\text{mol/g}$  olan kök antioksidan içeriği Cd6 ve Cd12 uygulamaları ile istatistiksel açıdan önemsiz bir artışa neden olmuş ve bu değerler sırasıyla  $0.544$  ve  $0.542 \mu\text{mol/g}$  iken, Cd 24 dozu koşullarında ise istatistiksel olarak önemli bir azalmaya neden olarak  $0.507 \mu\text{mol/g}$ 'a düşmüştür. Farklı dozlardaki Cd uygulamaları kök antioksidan içeriği açısından çeşitlerin verdiği tepki benzer olmuştur. Camarosa çeşidinin kontrol uygulamasına göre Cd6 ve Cd12 uygulamaları altında kök antioksidan konsantrasyonlarında artışa, Cd 24 dozu uygulamasında ise azalmaya neden olmuştur. 'Sweet Charlie' çeşidinde ise Cd 12 ve Cd24 dozu uygulamalarında kök antioksidan konsantrasyonlarında azalmaya, Cd6 uygulamasında ise artışa neden olmuştur (Çizelge 4.2). Bitkilerde tespit edilen antioksidan miktarları incelediğinde kök bölgesinde daha yüksek antioksidan miktarlarının belirlendiği görülmektedir. Benzer şekilde Muradoğlu ve ark., (2015) yaptıkları çalışmada Cd uygulamalarının bitkinin yapraklarına kıyasla kök bölgelerinde daha yüksek miktarda antioksidan enzim birikimine neden olduğunu belirtmişlerdir.

Çizelge 4.3’de artan dozlarda Cd uygulamaları altında yetiştirilen çilek çeşitlerinin kök sayısı, kök yaş ve kuru ağırlıkları verilmiştir. Kadmiyum dozları dikkate alınmadan, çeşitler arasında kök sayısı ortalamaları incelendiğinde istatistiki açıdan önemli bir fark olduğu ortaya çıkmış, buna karşın kök yaş ve kuru ağırlık ortalamaları arasında istatistiksel açıdan önemli bir fark ortaya çıkmamıştır.

Çizelge 4.3. Artan dozlarda Cd uygulamaları altında yetiştirilen çilek çeşitlerinin kök sayısı, kök yaş ve kuru ağırlıkları

<b>Kök sayısı (adet/bitki)</b>					
<b>Çeşit/Doz</b>	<b>Kontrol</b>	<b>Cd 6</b>	<b>Cd 12</b>	<b>Cd 24</b>	<b>Ortalama</b>
<b>Camarosa</b>	13.50 A a	15.25 A a	16.25 A a	16.00 A a	15.25 A
<b>Sweet Charlie</b>	10.25 A a	13.75 A a	11.75 A a	10.00 B a	11.44 B
<b>Ortalama</b>	11.88 a	14.50 a	14.00 a	13.00 a	
<b>Kök yaş ağırlık (gr/bitki)</b>					
<b>Çeşit/Doz</b>	<b>Kontrol</b>	<b>Cd 6</b>	<b>Cd 12</b>	<b>Cd 24</b>	<b>Ortalama</b>
<b>Camarosa</b>	23.49 A a	24.16 A a	25.73 A a	27.66 A a	25.26 A
<b>Sweet Charlie</b>	21.69 A ab	26.90 A a	27.52 A a	17.76 B b	23.47 A
<b>Ortalama</b>	22.59 a	25.53 a	26.62 a	22.71 a	
<b>Kök kuru ağırlık (gr/bitki)</b>					
<b>Çeşit/Doz</b>	<b>Kontrol</b>	<b>Cd 6</b>	<b>Cd 12</b>	<b>Cd 24</b>	<b>Ortalama</b>
<b>Camarosa</b>	2.39 A a	3.19 A a	3.16 A a	4.06 A a	3.20 A
<b>Sweet Charlie</b>	2.27 A a	3.66 A a	3.86 A a	2.64 A a	3.11 A
<b>Ortalama</b>	2.33 a	3.42 a	3.51 a	3.35 a	

Aynı satırda aynı büyük harfle gösterilen çeşit ortalamaları ve aynı sütunda aynı küçük harfle gösterilen uygulanan doz ortalamaları arasındaki farklar önemli değildir ( $P < 0.05$ ).

Çeşitler dikkate alınmadan Cd dozları arasındaki farklılıklar incelendiğinde, bütün Cd dozları arasında istatistiki açıdan farkın olmadığı gözlemlenmiştir. Çeşitlere ait genel ortalamalar karşılaştırıldığında, ‘Sweet Charlie’ çeşidine kıyasla ‘Camarosa’ çeşidinin kök sayısı, kök yaş ağırlığı ve kök kuru ağırlığı bakımından daha yüksek olduğu bulunmuştur. Kadmiyum uygulamalarının genel ortalamaları ele alındığında, kontrole kıyasla önemli bir değişikliğe neden olmadığı gözlemlenmiştir. Cd x çeşit etkileşimi açısından kök kuru ağırlık bakımından fark yokken, kök sayısı ve kök yaş ağırlık bakımından anlamlı farklılıklar ortaya çıkmıştır. Örneğin ‘Camarosa’ çeşidinde kontrole kıyasla dozlar arası fark yokken ‘Sweet Charlie’ çeşidinde Cd24 uygulamasında kök

sayısı bakımından azalma gözlemlenmiştir. ‘Camarosa’ çilek çeşitlerinin ‘Sweet Charlie’ çeşidine göre kök sayısı bakımından daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Cd uygulamasının etkisi her bir çeşit için ayrı ayrı değerlendirildiğinde, sadece ‘Sweet Charlie’ çeşidinde Cd24 uygulamasında azalma gözlemlenmiştir. Gerek genel ortalamalar gerekse interaksiyon ortalamaları açısından kök yaş ve kök kuru ağırlık içeriğinde çeşitten kaynaklanan önemli bir farklılık ortaya çıkmamıştır. Kadmiyum uygulamaları göz önünde bulundurulduğunda hem yaş hem de kök kuru ağırlık bakımından farkın olmadığı tespit edilmiştir. Farklı dozlarda Cd uygulamalarına kök yaş ve kök kuru ağırlık bakımından çeşitlerin verdiği tepki benzer bulunmuştur. Konu üzerine daha önce yapılmış olan çalışmalarda birçok araştırmacı başta Cd olmak üzere ağır metal uygulamalarının bitki kök gelişimini olumsuz etkilediğini belirtmiştir (Çatak ve ark., 2000; Zengin ve Munzuroğlu, 2003; Muradoğlu ve ark., 2016). Yaptığımız çalışmada kontrol örnekleri ile farklı Cd dozları uygulanmış bitkilerin kök gelişim parametreleri arasında istatistiki olarak fark tespit edilememiştir. Dikkat çekici bir durum ise özellikle Cd 6 ve Cd 12 doz uygulamalarının kök parametreleri üzerine istatistiki olmasa da, rakamsal olarak olumlu etkilerinin bulunmasıdır. Bu konu Parrotta ve ark., (2015) tarafından bitkilerin düşük dozlarda Cd varlığına adapte olarak toksisite göstermediği, ancak doz yükseldikçe olumsuz etkilerin arttığı görüşü ile açıklanmaktadır.

Çizelge 4.4’de çilek çeşitlerinin artan dozlarda Cd uygulaması altındaki yaprak sayısı, yeşil aksam yaş ve kuru ağırlıkları verilmiştir. Çeşitlere ait genel ortalamalar karşılaştırıldığında, ‘Camarosa’ çeşidine kıyasla ‘Sweet Charlie’ çeşidinin yaprak sayısının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Cd uygulamalarının genel ortalamaları ele alındığında, diğer üç Cd dozlarının kontrole kıyasla önemli bir değişliğe neden olmadığı görülmüştür. Cd x çeşit interaksiyonu açısından farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir. Cd uygulamasının etkisi her bir çeşit için ayrı ayrı değerlendirildiğinde çeşitler arası farkın olmadığı tespit edilmiştir.

Kadmiyum dozları göz önünde bulundurulmadan çeşitler arasında yaprak sayısı ve yeşil aksam kuru madde verimi bakımından istatistiki olarak fark bulunmazken, yeşil aksam yaş ağırlık bakımından istatistiki olarak farkın olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.4. Artan dozlarda Cd uygulamaları altında yetiştirilen çilek çeşitlerinin yaprak sayısı, yeşil aksam yaş ve kuru ağırlıkları

<b>Yaprak Sayısı (adet/bitki)</b>					
<b>Çeşit/Doz</b>	<b>Kontrol</b>	<b>Cd 6</b>	<b>Cd 12</b>	<b>Cd 24</b>	<b>Ortalama</b>
<b>Camarosa</b>	8.75 A a	8.75 A a	9.50 A a	10.25 A a	9.31 A
<b>Sweet Charlie</b>	12.50 A a	10.75 A a	13.00 A a	12.00 A a	12.06 A
<b>Ortalama</b>	10.63 a	9.75 a	11.25 a	11.13 a	
<b>Yeşil Aksam Yaş Ağırlığı (gr/bitki)</b>					
<b>Çeşit/Doz</b>	<b>Kontrol</b>	<b>Cd 6</b>	<b>Cd 12</b>	<b>Cd 24</b>	<b>Ortalama</b>
<b>Camarosa</b>	28.00 A ab	24.94 B b	32.23 B ab	38.07 A a	30.81 B
<b>Sweet Charlie</b>	39.45 A a	45.66 A a	46.15 A a	38.75 A a	42.50 A
<b>Ortalama</b>	33.72 a	35.30 a	39.19 a	38.41 a	
<b>Yeşil Aksam Kuru Madde Verimi (gr/bitki)</b>					
<b>Çeşit/Doz</b>	<b>Kontrol</b>	<b>Cd 6</b>	<b>Cd 12</b>	<b>Cd 24</b>	<b>Ortalama</b>
<b>Camarosa</b>	6.91 A a	7.40 A a	9.72 A a	11.31 A a	8.83 A
<b>Sweet Charlie</b>	9.38 A a	13.22 A a	12.11 A a	9.73 A a	11.11 A
<b>Ortalama</b>	8.14 a	10.31 a	10.91 a	10.52 a	

Aynı satırda aynı büyük harfle gösterilen çeşit ortalamaları ve aynı sütunda aynı küçük harfle gösterilen uygulanan doz ortalamaları arasındaki farklar önemli değildir (P<0.05).

Gerek genel ortalamalar gerekse interaksiyon ortalamaları açısından yeşil aksam kuru ağırlığının çeşitten kaynaklanan önemli bir fark yokken, yaprak yaş ağırlığında çeşitten kaynaklanan önemli bir fark olduğu bulunmuştur. Kadmiyum uygulamalarında ise yaprak yaş ve kuru ağırlığında önemli bir farklılık gözlemlenmemiştir. Farklı dozlarda Cd uygulamalarına yaprak kuru ağırlığı açısından çeşitlerin verdiği tepki benzer bulunmuştur. Fakat yaprak yaş ağırlığı açısından kontrol uygulamaları ile Cd12 ve Cd24 dozlarının verdiği tepki benzer bulunurken Cd6 dozunun verdiği tepkide benzerlik görülmemiştir. Yaprak yaş ağırlığının ‘Camarosa’ çeşidinde Cd12 ve Cd24 uygulamaları kontrole göre artmaya, Cd6 uygulaması ise azalmaya neden olmuştur. ‘Sweet Charlie’ çeşidinde ise Cd6 ve Cd12 uygulamaları kontrole göre artmaya, Cd24 uygulaması ise azalmaya neden olmuştur. Yaprak kuru ağırlığına bakıldığında, her iki çeşitte de tüm Cd uygulamalarının kontrole göre arttığı tespit edilmiştir. Camarosa çeşidinin kontrol uygulaması koşullarında 6.91 g/bitki olan kuru madde verimi, Cd6 dozunda 7.40 g/bitki, Cd12 dozunda 9.72 g/bitki, Cd24 dozunda ise 11.31 g/bitki’ye çıkmıştır. ‘Sweet Charlie’ çeşidinde ise, kontrol uygulaması koşullarında 9.38 g/bitki olan kuru madde verimi, Cd6 dozunda 13.22 g/bitki, Cd12 dozunda 12.11 g/bitki, Cd24 dozunda ise 9.73 g/bitki’ye çıkmıştır. Sonuçlardan da görüleceği üzere her iki çilek

çeşidinin de Cd uygulamalarının tüm dozlarında da yeşil aksam kuru madde veriminde artışa neden olduğu ortaya çıkmıştır. Bunun yanında, toksik düzeyde verilen Cd uygulamalarından her iki çilek çeşidinin de olumsuz yönde etkilenmediği ve kuru madde verimlerinde bir azalmaya neden olmadığı ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.4). Zengin ve Munzuroğlu (2003) yapmış olduğu çalışmada farklı dozlarda uygulanan ağır metallerin gövde ve yaprak büyümesini önemli ölçüde engellediğini bildirmişlerdir. Bu bilgiler dikkate alındığında çalışmada elde edilen sonuçlar daha önce yapılan çalışmalarla farklılık göstermektedir. Bu durumun tür ve doz uygulamalarının farklılıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 4.5’de artan dozlarda Cd uygulamaları altında yetiştirilen çilek çeşitlerinin yeşil aksam Cd, Cu ve Zn konsantrasyonları verilmiştir. Kadmiyum dozları göz önünde bulundurulmadan çeşitler arası kadmiyum, bakır ve çinko ağır metallerinin bitki bünyesinde dağılması bakımından incelendiğinde kadmiyum ağır metalinde çeşitler arası istatistiki olarak fark gözlenirken, bakır ve çinko ağır metallerinde istatistiki olarak farkın olmadığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.5. Artan dozlarda Cd uygulamaları altında yetiştirilen çilek çeşitlerinin yeşil aksam Cd, Cu ve Zn konsantrasyonları (mg/kg)

<b>Yeşil Aksam Cd Konsantrasyonu</b>					
<b>Çeşit/Doz</b>	<b>Kontrol</b>	<b>Cd 6</b>	<b>Cd 12</b>	<b>Cd 24</b>	<b>Ortalama</b>
<b>Camarosa</b>	0.153 A c	0.718 A bc	1.148 A b	2.893 A a	1.228 B
<b>Sweet Charlie</b>	0.298 A d	1.134 A c	1.798 A b	3.596 A a	1.706 A
<b>Ortalama</b>	0.226 d	0.926 c	1.473 b	3.244 a	
<b>Yeşil Aksam Cu Konsantrasyonu</b>					
<b>Çeşit/Doz</b>	<b>Kontrol</b>	<b>Cd 6</b>	<b>Cd 12</b>	<b>Cd 24</b>	<b>Ortalama</b>
<b>Camarosa</b>	4.490 A a	5.307 A a	3.694 A a	3.689 A a	4.295 A
<b>Sweet Charlie</b>	3.438 A a	3.282 A a	3.420 A a	3.655 A a	3.449 A
<b>Ortalama</b>	3.964 a	4.294 a	3.557 a	3.672 a	
<b>Yeşil Aksam Zn Konsantrasyonu</b>					
<b>Çeşit/Doz</b>	<b>Kontrol</b>	<b>Cd 6</b>	<b>Cd 12</b>	<b>Cd 24</b>	<b>Ortalama</b>
<b>Camarosa</b>	89.717 A a	91.729 A a	64.506 A a	71.210 A a	79.290 A
<b>Sweet Charlie</b>	74.446 A a	75.053 A a	66.126 A a	67.020 A a	70.661 A
<b>Ortalama</b>	82.082 a	83.391 a	65.316 a	69.115 a	

Aynı satırda aynı büyük harfle gösterilen çeşit ortalamaları ve aynı sütunda aynı küçük harfle gösterilen uygulanan doz ortalamaları arasındaki farklar önemli değildir (P<0.05).

Artan dozlarda Cd uygulamaları ile her iki çilek çeşidinin yeşil aksam Cd konsantrasyonlarında istatistiksel olarak önemli artışlara neden olduğu ortaya çıkmıştır. Camarosa çeşidinin kontrol koşullarındaki yeşil aksam Cd konsantrasyonu 0.153 mg/kg iken, bu durum Cd6 dozunda 0.718, Cd12 dozunda 1.148, Cd24 dozunda 2.893 mg/ka'a yükselmiştir. Bu durum Sweet Charlie çeşidinde de benzer bulunmuş, kontrol uygulamasının Cd konsantrasyonu 0.298 mg/kg iken, Cd6, Cd12 ve Cd24 dozu koşullarında ise sıra ile 1.134, 1.798 ve 3.596 mg/kg'a çıkmıştır. Çeşitlerin ortalamaları bakımından değerlendirildiğinde ise Sweet Charlie (1.706 mg Cd kg<sup>-1</sup>) çeşidinin Camarosa çeşidine (1.228 mg Cd kg<sup>-1</sup>) göre yetiştirme ortamından daha fazla Cd aldığı ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.5).

Cd x çeşit etkileşimi açısından da anlamlı farklılıklar ortaya çıkmıştır. Örneğin Cd12 ve Cd24 uygulamasında kadmiyum konsantrasyonu açısından çeşitler arasında önemli bir fark yokken, kontrol ve Cd6 uygulamasında 'Sweet Charlie' çeşidinin kadmiyum konsantrasyonlarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Gerek genel ortalamalar gerekse etkileşim ortalamaları açısından bitkide bakır konsantrasyonlarında çeşitten kaynaklanan önemli bir farklılık çıkmamıştır. Cd uygulamalarında da bakır konsantrasyonlarında önemli bir değişim gözlemlenmemiştir. Farklı dozlarda Cd uygulamaları bakır konsantrasyonları açısından çeşitlerin verdiği tepki benzer bulunmuştur. Artan dozlarda Cd uygulamaları ile çilek çeşitlerinin yeşil aksam Zn konsantrasyonlarında ortaya çıkan değişim istatistiksel olarak önemsiz olmasına rağmen, yeşil aksam Zn konsantrasyonu her iki çilek çeşidinde de Cd6 dozu uygulaması ile artmış, Cd12 ve Cd24 dozu uygulaması ile yeşil aksam Zn konsantrasyonlarında azalmaya neden olmuştur. Örneğin Camarosa çeşidinin kontrol uygulaması koşullarının yeşil aksam Zn konsantrasyonu 89.717 mg/kg iken Cd6 dozu uygulamasında bu değer 91.729 mg/kg'a çıkmış, Cd12 dozunda 64.506, Cd24 dozunda ise 71.210 mg/kg'a düşmüştür. Benzer durum Sweet Charlie çeşidinde de görülmüştür.

Çizelge 4.6'da artan dozlarda Cd uygulamaları altında yetiştirilen çilek çeşitlerinin yeşil aksam Fe ve Mn konsantrasyonları verilmiştir. Artan dozlarda Cd uygulaması ile her iki çilek çeşidinde yeşil aksam Fe konsantrasyonlarında kontrol koşullarına göre azalma meydana gelmiş ancak bu azalma istatistiksel açıdan önemsiz çıkmıştır. Örneğin Sweet Charlie çeşidinin kontrol koşullarında 89.105 mg/kg olan yeşil aksam Fe

konsantrasyonu Cd6 dozunda 69.945, Cd12 dozunda 71.537 ve Cd24 dozunda ise 69.231 mg/kg'a düşmüştür (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Artan dozlarda Cd uygulamaları altında yetiştirilen çilek çeşitlerinin yeşil aksam Fe ve Mn konsantrasyonları (mg/kg)

<b>Yeşil Aksam Fe Konsantrasyonu</b>					
<b>Çeşit/Doz</b>	<b>Kontrol</b>	<b>Cd 6</b>	<b>Cd 12</b>	<b>Cd 24</b>	<b>Ortalama</b>
<b>Camarosa</b>	78.636 A a	63.407 A a	56.015 A a	52.514 A a	62.643 A
<b>Sweet Charlie</b>	89.105 A a	69.945 A a	71.537 A a	69.231 A a	74.954 A
<b>Ortalama</b>	83.870 a	66.676 a	63.776 a	60.872 a	

<b>Yeşil Aksam Mn Konsantrasyonu</b>					
<b>Çeşit/Doz</b>	<b>Kontrol</b>	<b>Cd 6</b>	<b>Cd 12</b>	<b>Cd 24</b>	<b>Ortalama</b>
<b>Camarosa</b>	58.558 A a	57.572 A a	53.716 A a	61.411 A a	57.814 B
<b>Sweet Charlie</b>	85.084 A a	74.850 A a	67.001 A a	78.533 A a	76.367 A
<b>Ortalama</b>	71.821 a	66.211 a	60.359 a	69.972 a	

Aynı satırda aynı büyük harfle gösterilen çeşit ortalamaları ve aynı sütunda aynı küçük harfle gösterilen uygulanan doz ortalamaları arasındaki farklar önemli değildir (P<0.05).

Çeşitlere ait genel ortalamalar karşılaştırıldığında, Camarosa çeşidine (62.643 mg/kg) kıyasla Sweet Charlie çeşidinin (74.954 mg/kg) yeşil aksam demir konsantrasyonu daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır. Kadmiyum uygulamalarının genel ortalamaları ele alındığında Cd6, Cd12 ve Cd24 dozlarının kontrole kıyasla önemli bir değişikliğe neden olmadığı görülmüştür. Cd x çeşit interaksiyonu açısından anlamlı değişikliklerin ortaya çıkmadığı görülmüştür.

İki farklı çilek çeşidinin artan Cd dozları altındaki yeşil aksam Mn konsantrasyonlarına baktığımızda her iki çeşitte de azalış ve artışların olduğu ancak ortaya çıkan bu değişimin istatistiksel olarak önemsiz olduğu ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.6). 'Camarosa' çeşidinin de Cd6 ve Cd12 uygulamalarında azalmaya, Cd24 uygulamasında ise artışa neden olurken, Sweet Charlie çeşidinde Cd6, Cd12 ve Cd24 uygulamalarında azalmaya neden olmuştur.

Çeşitlerin yeşil aksam Mn ortalamaları bakımından değerlendirdiğimizde ise Sweet Charlie çeşidinin (76.367 mg/kg) mangan ortalama konsantrasyonu Camarosa çeşidine (57.814 mg/kg) göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Aksu ve Yıldız (2007) yapmış olduğu çalışmada iki farklı domates çeşidinde (Rio Grande, Inuictus Lot. 335) farklı kadmiyum dozlarının kuru madde verimi ve besin içerikleri üzerine etkilerini belirlemiştir. Araştırmacılar artan kadmiyum düzeylerinin çeşitler arasında demir ve



mangan alımını azalttığını belirtmiştir. Çalışmamızda daha önceki yapılmış olan çalışmalara göre benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Artan dozlarda Cd uygulamaları altında çilek çeşitlerinin yeşil aksam potasyum (K), kükürt (S), fosfor (P) ve magnezyum (Mg) konsantrasyonları Çizelge 4.7’de verilmiştir. Kadmiyum dozları dikkate alınmadan, çeşitler arası K ve P alımı bakımından incelendiğinde istatistiki olarak fark gözlemlenmemiştir. Ancak S ve Mg alımı bakımından incelendiğinde istatistiki olarak farkın olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.7. Toksik Cd uygulamaları altında yetiştirilen çilek çeşitlerinin yeşil aksam K, S, P ve Mg konsantrasyonları (%)

<b>Yeşil Aksam K Konsantrasyonu</b>					
<b>Çeşit/Doz</b>	<b>Kontrol</b>	<b>Cd 6</b>	<b>Cd 12</b>	<b>Cd 24</b>	<b>Ortalama</b>
<b>Camarosa</b>	2.285 A a	2.194 A ab	2.103 A b	2.256 A ab	2.209 A
<b>Sweet Charlie</b>	2.088 A a	2.031 A a	2.125 A a	2.201 A a	2.111 A
<b>Ortalama</b>	2.186 a	2.112 a	2.114 a	2.229 a	
<b>Yeşil Aksam S Konsantrasyonu</b>					
<b>Çeşit/Doz</b>	<b>Kontrol</b>	<b>Cd 6</b>	<b>Cd 12</b>	<b>Cd 24</b>	<b>Ortalama</b>
<b>Camarosa</b>	0.185 A a	0.214 A a	0.167 A a	0.185 A a	0.188 A
<b>Sweet Charlie</b>	0.158 A a	0.168 A a	0.158 A a	0.155 A a	0.160 B
<b>Ortalama</b>	0.172 a	0.191 a	0.162 a	0.170 a	
<b>Yeşil Aksam P Konsantrasyonu</b>					
<b>Çeşit/Doz</b>	<b>Kontrol</b>	<b>Cd 6</b>	<b>Cd 12</b>	<b>Cd 24</b>	<b>Ortalama</b>
<b>Camarosa</b>	0.6096 A a	0.604 A a	0.421 A a	0.505 B a	0.535 A
<b>Sweet Charlie</b>	0.556 A ab	0.530 A ab	0.486 A b	0.623 A a	0.549 A
<b>Ortalama</b>	0.583 a	0.567 a	0.453 b	0.564 a	
<b>Yeşil Aksam Mg Konsantrasyonu</b>					
<b>Çeşit/Doz</b>	<b>Kontrol</b>	<b>Cd 6</b>	<b>Cd 12</b>	<b>Cd 24</b>	<b>Ortalama</b>
<b>Camarosa</b>	0.475 A ab	0.507 A a	0.395 A b	0.421 A ab	0.449 A
<b>Sweet Charlie</b>	0.396 B a	0.417 A a	0.400 A a	0.399 A a	0.403 B
<b>Ortalama</b>	0.435 ab	0.462 a	0.398 b	0.410 ab	

Aynı satırda aynı büyük harfle gösterilen çeşit ortalamaları ve aynı sütunda aynı küçük harfle gösterilen uygulanan doz ortalamaları arasındaki farklar önemli değildir ( $P < 0.05$ ).

Çeşitlere ait genel ortalamalar karşılaştırıldığında, ‘Sweet Charlie’ çeşidine kıyasla ‘Camarosa’ çeşidinin potasyum kükürt ve magnezyum konsantrasyonunun daha yüksek olduğu, fosfor konsantrasyonlarının ise ‘Camarosa’ çeşidine kıyasla ‘Sweet Charlie’ çeşidinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Cd uygulamalarının genel ortalamaları göz önünde bulundurulduğunda K, S, P ve Mg konsantrasyonlarına bakıldığında tüm Cd

dozlarının kontrole kıyasla önemli bir değişikliğe neden olmadığı görülmüştür. Kadmiyum uygulamalarının etkisi her bir çeşit için ayrı ayrı değerlendirildiğinde K konsantrasyonu için 'Sweet Charlie' çeşidinde sadece Cd6, 'Camarosa' çeşidinde ise Cd6, Cd12 ve Cd24 uygulamalarında azalmaya neden olmuştur. Kükürt konsantrasyonları için 'Camarosa' çeşidinde sadece Cd12 dozu, 'Sweet Charlie' çeşidinde ise Cd24 dozu uygulaması azalmaya neden olmuştur. 'Camarosa' çeşidinin P konsantrasyonu bakımından ele alındığında, kontrole kıyasla tüm Cd uygulamaları, 'Sweet Charlie' çeşidinde ise Cd6 ve Cd12 uygulamaları azalmaya neden olmuştur. Magnezyum konsantrasyonu bakımından 'Camarosa' çeşidinde Cd12 ve Cd24 uygulamaları azalmaya, 'Sweet Charlie' çeşidinde ise kontrole kıyasla tüm Cd uygulamalarında artışa neden olmuştur.

Gerek genel ortalamalar gerekse interaksiyon ortalamaları açısından potasyum ve fosfor konsantrasyonlarında çeşitten kaynaklanan önemli bir farklılık görülmezken, S ve Mg konsantrasyonlarında önemli bir farklılık ortaya çıkmıştır. Kükürt ve Mg konsantrasyonlarında 'Camarosa' çeşidi 'Sweet Charlie' çeşidinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Cd uygulamaları ise K ve S konsantrasyonlarında önemli değişimlere neden olmazken, P ve Mg konsantrasyonlarında önemli değişimlere neden olmuştur. Genel ortalamalar itibarı ile kontrol uygulamasında % 0.583 olan P konsantrasyonu, Cd12 uygulaması ile önemli derecede azalarak % 0.453'e düşerken, Mg konsantrasyonu ise Cd12 uygulaması ile kontrole kıyasla %0.435'den %0.398'e azalırken, Cd6 uygulamasında önemli bir artış göstermiş ve % 0.462'ye ulaşmıştır. Farklı dozlarda Cd uygulamalarına K, S, P ve Mg konsantrasyonları açısından çeşitlerin verdiği tepki benzer bulunmuştur. Aksu ve Yıldız (2007) yapmış olduğu çalışmada iki farklı domates çeşidinde (Rio Grande, Inuictus Lot. 335) farklı kadmiyum doz uygulamalarının bazı besin elementlerinin (P, Zn, Mn ve Ca) alımını azalttığını, fakat çeşitler arasında önemli farkın olmadığını bildirmişlerdir. Yine Bağdatlıoğlu ve ark. (2010) yapmış olduğu çalışmada bazı meyve ve sebzelerin Cu, Zn, Fe, Pb ve Cd seviyelerin günlük alım miktarları FAO/WHO tarafından önerilen maksimum tolere edilebilir seviyelerin altında olduğu bildirilmiştir. Genel olarak ortalamalar incelendiğinde bitkinin almış olduğu besin elementlerinin kullanılabilir seviyede olduğu bulunmuş ve kullanılan ağır metaller bazı besin elementlerinin alımını etkilemiştir. Bu bilgiler dikkate alındığında çalışmada elde edilen sonuçlar daha önce yapılan çalışmalarla benzerlik göstermektedir.

## 5. SONUÇ

Ekosistemde sıkça görülmeye başlayan ağır metaller dünyadaki bütün canlı ve organizmaların yaşamını etkileyen bir sorun haline gelmiştir. Kadmiyumun normal şartlarda topraktaki seviyesi çok düşük olmasına rağmen bazı etkenlerden dolayı çevreye yayıldığı ve topraktaki seviyesinin arttığı gözlemlenmektedir.

Ağır metaller bitkilerde fotosentez hızını yavaşlattığı gibi su alımı, enzim aktivitesi, su kaybı gibi fizyolojik olayların değişmesine olanak sağlamaktadır. Toprakta kadmiyum artışı ve daha sonra bitki bünyesinde bulunan kadmiyumun insan sağlığını önemli derecede etkilediği bilinmektedir. İnsan sağlığını etkileyen ve sıkça rastlanan kadmiyum bitki bünyesine girişi, bitkilerde oluşturacak stres faktörleri ve diğer besin elementlerinin alımını nasıl etkilediği ve oluşabilecek sorunlar hakkında yapılacak önlemler tez konusunu belirlemiştir.

Bu çalışma Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezine ait serada gerçekleştirilmiştir. Çalışmada iki farklı çilek çeşidi kullanılmıştır ('Sweet Charlie', 'Camarosa'). Ağustos ayının ilk haftalarında saksılara dikilen çilek fidelerine farklı dozlarda kadmiyum (Cd) ağır metali uygulanmıştır (0, 6, 12, 24 ppm). Çalışma sonunda kadmiyum toksisitesinin çilek bitkisinde bazı büyüme ve stres parametreleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Kadmiyum uygulamalarının bitki gelişim parametreleri üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla vejetasyon dönemi sonunda, her bir fide saksıdan çıkarılarak kök ve yaprakları sayılarak adet/bitki olarak belirlenmiştir. Ayrıca bitkinin kök, gövde ve yaprak yaş ve kuru ağırlıkları (48 saat boyunca 70 °C'de kurutulacak) terazi yardımıyla tartılarak ve g/bitki olarak ifade edilmiştir. Bitkiler Cd semptomlarının şiddetine ve yeşil aksamda meydana gelen büyüme gerilemesine bağlı olarak hasat edilmiş ve kurutulmuştur. Kurutulduktan sonra değirmeninde öğütülmüştür. Öğütülen örnekler mikrodalga cihazında (Mars Xpress) yaş yakma metoduna göre yakılmıştır. Daha sonra bu örneklerde ICP cihazında Cd, P, K, Zn, Mn, Fe ve Cu okuması yapılmıştır. Yeşil aksam örneklerinde N analizi ise Kjeldahl destilasyon yöntemine göre yapılmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre artan dozlarda Cd uygulamaları ile her iki çilek çeşidinin kuru madde verimlerinde artış tespit edilmiştir. Artan dozlarda Cd uygulamaları çilek bitkilerinin yeşil aksam Cd konsantrasyonlarında istatistiksel olarak önemli artışa neden olmuştur. Çalışmada kullanılan her iki çeşitte de kontrol uygulamalarında yeşil aksam Cd konsantrasyonu ile Cd uygulamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre ‘Sweet Charlie’ çeşidi ‘Camarosa’ çeşidine göre yetiştirme ortamından daha fazla Cd alımı yaptığı ortaya çıkmıştır. Bunun yanı sıra Cd uygulamaları sonucunda ‘Sweet Charlie’ çeşidine kıyasla ‘Camarosa’ çeşidinin yapraklarındaki toplam fenol içeriğinin daha yüksek, buna karşın ‘Camarosa’ çeşidine kıyasla ‘Sweet Charlie’ çeşidinin yapraklarındaki toplam antioksidan içeriğinin daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır.

Sonuçlar artan dozlarda Cd uygulamalarının her iki çilek çeşidinin büyüme performansı ile yaprak toplam fenol ve antioksidan içeriğinde önemli bir değişime neden olduğunu göstermiştir. Kadmiyum toksisitesinin çilek bitkisinde bazı büyüme ve stres parametreleri üzerine etkilerini araştırdığımız bu çalışma gelecekte yapılacak çalışmalarında kaynak oluşturması açısından önem arz etmektedir.

## 6. KAYNAKLAR

- Abdel-Sabour, M.F., 2001. Cadmium status in egypt. j environmental –sciences-China 13 (3):351-360
- Ağaoğlu YS. 1986. Üzümsü meyveler. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 290 s, Ankara.
- Aksu, E. ve Yıldız, N., 2007. Besin çözeltilisine artan seviyelerde uygulanan cd ve pb iyonlarına farklı domates çeşitlerinin tepkisinin belirlenmesi. Atatürk Üniversitesi. Ziraat Fakültesi. Toprak Bölümü. 25240 Erzurum.
- Alloway, B. J., 1995. Heavy metals in soils. Blackie, London. Pp. 12-152. Abdel-Sabour, M.F., 2001. Cadmium status in egypt. J Environmental Sciences-China 13 (3):351-360.
- Anonim, 2016. Food and agriculture organization of the united nations. <http://www.fao.org/faostat/en/data/qc> (18.04.2018).
- Aslantaş, R., Karakurt, H., 2007. Rakımın meyve yetiştiriciliğinde önemi ve etkileri. Alın teri Zirai Bilimler Dergisi, 12(2), Sayfa: 32-37.
- Aybak, HÇ., 2000. Çilek yetiştiriciliği. Hasad Yayınları, 235, 118s.
- Ayhan, B., Ekmekçi, Y. ve Tanyolaç, D., 2007. Erken fide evresindeki bazı mısır çeşitlerinin ağır metal (kadmiyum ve kurşun) stresine karşı dayanıklılığının araştırılması. Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 8(2), 411-422.
- Bağdatlıoğlu, N., Nergiz, C. ve Ergonul, P., 2010. Heavy metal levels in leafy vegetables and some selected fruits. J. Verbr. Lebensm. 5:421–428.
- Beattie, J., Crozier, A. ve Duthie, GG., 2005. Potential health benefits of berries. Current Nutrition Food Science, 1, 71-86.
- Bystricka, J., Musilova, J., Trebichalsky, P., Tomas, J., Stanovic, R., Bajcan, D. ve Kavalcova, P., 2016. The relationships between content of heavy metals in soil and in strawberries. International Journal Of Phytoremediation, Vol. 18, No. 6, 553-558.
- Canal, S. ve Bozkurt, M., 2018. Kadmiyum Toksisitesine Karşı Demir Gübrelemesi ve Arıtma Çamurunun Marul (*Lactuca sativa* L. var. *longifolia*) Bitkisinin Gelişimine ve Antioksidatif Enzim Aktivitesine Etkisi. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarla Bilimleri dergisi, 28 (1): 19-26.
- Chandler, C.K., Albrechts, E.E. ve Howard, C.M., 1997. "Sweet Charlie" Strawberry. Cherry. Caryologia. International Journal of Cytology, Cytosystematics and Cytogenetics, Vol. 70, no. 2, 166–173.
- Çatak, E., Çolak, G., Tokur, S. ve Bilgiç, O., 2000. Bazı domates ve tütün genotiplerinde kadmiyum etkilerini inceleyen istatistiksel bir çalışma. Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi (2000). 2 (1)
- Derici, M. F., Evliya, H., Ağca, N., Özkutlu, F., Eker, S. ve Öztürk, L., 2002. Çukurova Bölgesinde Toprak Ve Bitkilerde Kadmiyum Konsantrasyonunun Araştırılması Ve Bitkilerde Kadmiyum Birikimini Etkileyen Faktörlerin Toprak Analizleri Ve Sera Denemeleri İle İncelenmesi. TOGTAG-TARP-2382 Nolu Proje Sonuç Raporu.
- Doğaroğlu, Z., 2018. Kadmiyum, kurşun ve çinko metallerinin marul (*Lactuca sativa* L.) tohumlarının çimlenme özellikleri üzerine etkisi. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Cilt 23, Sayı 2.

- Dorris, J., Atieh, B. H. ve Gupta, R. C., 2002. Cadmium uptake by radishes fom soil contaminated with nicel-cadmium batteries toxicity and safety considerations. *Toxicology Mechanisms and Methods* 12: 265276.
- Erenoğlu, B., Erbil Y. ve Ufuk S., 2000. Melezleme yolu ile elde edilen bazı ilek çeşitlerinin in vitro Şartlarda tuza (NaCl) mukavemetleri üzerine araştırmalar. Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Bilimsel Araştırma ve İncelemeler, Yayın No:130 36 s, Yalova
- Esitken, A., Yıldız, H., Ercisli, S., Donmez, F., Turan, M. ve Gunes, A., 2010. Effects of plant growth promoting bacteria (PGPB) on yield, growth and nutrient contents of organically grown strawberry. A. Esitken et al. / *Scientia Horticulturae* 124 62–66.
- Gr, N., Topdemir, A., Munzuroğlu, . ve obanoğlu, D., 2004. Ağır metal iyonlarının (Cu+2, Pb+2, Hg+2, Cd+2) Clivia sp. bitkisi polenlerinin çimlenmesi ve tp büyümesi üzerine etkileri. *F.. Fen ve Matematik Bilimleri Dergisi*, 16(2), 177-182.
- Haktanır, K., 1987. evre kirliliği. A.. Ziraat Fakültesi Ders Notu, Teksir No:140.
- Hummer, K. E., Bassis, N. ve Njuguna, W., 2011. *Fragaria wild crop relatives genomic and breeding resources*. *Temperate Fruits*, Editors Chittaranjan Kole, Springer-Verlag, Berlin, p. 17-44.
- Jinbiao, Z., Hanwen, W., Xiangping, W. ve Weinan, H., 2010. Subcellular distribution and chemical forms of cadmium in the cells of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.). *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 85 (6) 563–569.
- Kabata-Pendias, A. ve Pendias, H. 1992. *Trace elements in soils and plants*. 2. Ed., CRC Pres, Baton Rouge, Fa Hort Science, 32, 1132-1133.
- Kafkas, E., 2004. Bazı ilek Genotiplerinde Aroma Bileşiklerinin Tayini ve Aroma Bileşikleri İle Bazı Meyve Kalite Kriterleri Arasındaki İlişkiler (Doktora Tezi). ukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 310 s, Adana.
- Kennedy, C.D. ve Gonsalves, F.A.N., 1987. The action of divalent zinc, cadmium, mercury, copper and lead on the trans-root potential and efflux of excised roots, *J.Exp. Bot.*, 38, 800-817.
- Kılıçel, İ., 2005. Bazı ilek eşitlerinin Yan Ekolojik Koşullarında Fide Verim zelliklerinin Belirlenmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi. Yayınlanmamış.
- Koç, E. ve Ergün, N., 2013. Kahramanmaraş-acı biber (*Capsicum annuum* L.) fidelerinde mineral içerik üzerinde kadmiyum etkisi. *Anadolu Doğa Bilimleri Dergisi* 4(2): 14-18.
- Kvesitadze, G., Khatisashvili, G., Sadunishvili ve T, Ramsden, J.J., 2006. *Biochemical mechanisms of detoxification in higher plants. Basis of Phytoremediation*. 262p. Springer.
- Marschner, H., 1995. *Mineral nutrition of higher plants*. 2nd Ed. Acad. Press, London.
- McLaughlin, M. J., W Tilerilliams, C. M. J., McKay, A., Kirkham, R., Doig, B., Partigton, D., Smart, M. K. and Tiler, K. G. 1994. Effect of cultivar on uptake of cadmium by potato tubers. *Aust. J. Agric. Res.* 45: 1483-1495.
- Michalak, A. (2006). Phenolic compounds and their antioxidant activity in plants growing under heavy metal stress. *Polish Journal of Environmental Studies*, 15(4).

- Munzuroğlu, Ö. ve Gür, N., 1999. Ağır metallerin elma (*Malus Sylvestris miller cv.golden*)’da polen çimlenmesi ve polen tüpü gelişimi üzerine etkileri. *Turk J Biol* 24 (2000) 677–684.
- Muradoglu, F., Gundogdu, M., Ercisli, S., Encu, T., Balta, F., Jaafar, H. Z. ve Zia-Ul-Haq, M. 2015. Cadmium toxicity affects chlorophyll a and b content, antioxidant enzyme activities and mineral nutrient accumulation in strawberry. *Biological research*, 48(1), 11.
- Muradoglu, F., Gundogdu, M., Encu, T., Geçer, M. K. ve Başak, İ., 2016. Kadmiyum ve Kurşun Toksisitesinin Çilek Bitkisinde (*Fragaria x ananassa*) Bazı Büyüme Parametreleri Üzerine Etkileri. VII. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi Bahçe Dergisi Özel sayı, 1, 527-532.
- Naderi, S., Gholami, M., Baninasab, B. ve Afyun, M., 2018. Physiological responses to cadmium stress in strawberry treated with pomegranate peelactivated carbon. *International Journal Of Phytoremediation*, Vol. 20, No. 6, 599–607.
- Özbahçali, G. ve Aslantaş, R., 2015. Atatürk Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Dergisi, 46 (2): 75-84, ISSN 1300-9036
- Özbek, H., Kaya, Z., Gök, M ve Kaptan, H., 1995. Toprak bilimi. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fak. Genel Yayın No: 73 Ders Kitapları Yayın No:16, Adana.
- Özdemir, E. 1999. Çilek Yetiştiriciliği. T.C Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Teşkilatlanma ve Destekleme Genel Müdürlüğü Yayım Dairesi Başkanlığı. Ankara.
- Özdemir, E., Gündüz, K. ve Serçe, S., 2007. Yeni bazı çilek çeşitlerinin amik ovası koşullarına uyumu. Türkiye v. ulusal bahçe bitkileri kongresi. 4-7 Eylül, s:2022. Erzurum.
- Pais ve Jones, 2000 I. Pais, J.B. Jones Jr *The Handbook of Trace Elements* CRC Press, Boca Raton, USA (2000)
- Parrotta, L., Guerriero, G., Sergeant, K., Cai, G., ve Hausman, J. F., 2015. Target or barrier? The cell wall of early-and later-diverging plants vs cadmium toxicity: differences in the response mechanisms. *Frontiers in Plant Science*, 6, 133.
- Paschke, M.W., Valdecantos, A. ve Redente, E.F., 2005. Manganese toxicity thresholds for restoration grass species. *Environmental Pollution*, 135:313-322.
- Petrovic, A., Yoshida, Y. ve Ohmori, T., 2009. Excess ammonium in foliar tissue: a possible cause of interveinal chlorosis in strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch. cv. Nyoho). *ournal of Horticultural Science & Biotechnology* 84 (2) 181–186.
- Pinstrup-Andersen, R. Pandya-Lorch, M.W. ve Rosegrant 1999. *World food prospects: critical issues for the early twenty-first century* 2020 Vision Food Policy Report, International Food Policy Research Institute, Washington, DC
- Roveda, L., Cuquel, F., Motta, A. ve Melo, V., 2016. Organic compounds with high Ni content: Effects on soil and strawberry production. ISSN 1807-1929 v.20, n.8, p.722-727.
- Shan, C., Zhang, H., Zhang, Y. ve Zhou, H., 2017. Lanthanum nitrate regulates the content of vitamin C through its biosynthesis, regeneration and degradation in the fruit of strawberry. *Scientia Horticulturae* 224 102–108.
- Sharafi, Y., Talebi, S., Talei, D., 2017. Effects of heavy metals on male gametes of sweet cherry.

- Sheoran, I.S., Singal, H.R ve Singh, R., 1990. Effect of cadmium and nickel on photosynthesis and enzymes of the photosynthetic carbon reduction cycle in pigeon pea (*Cajanus cajan* L.). *Photosynthesis Research*, 23, 345-351.
- Smith, S., 1996. Agriculture recycling of sewage sludge and the environment. CAB International, Wallingford.
- Stresty, T.V.S. ve Madhava Rao, K.V., 1999. Ultrastructural alterations in response to zinc and nickel stress in the root cell of pigeonpea, *Environ Exp Bot.*, 41, 3-13.
- Tektaş, M., 2016. Kurşun (Pb) Stresi Altındaki Pepino (*Solanum Muricatum* Ait.) Fidelerinin Bazı Anatomik ve Fizyolojik Değişimlerinin Belirlenmesi. Adıyaman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Topdemir, A., Gür, N., Koçak, K., 2015. Çeşitli ağır metallerin ( $Cu^{++}$ ,  $Pb^{++}$ ,  $Hg^{++}$ ,  $Cd^{++}$ ) *Malus Sylvestris* miller (elma) ve *Cerasus Vulgaris* miller (vişne) bitkisi polenlerinin çimlenmesi ve tüp büyümesi üzerine etkileri. *Anadolu Doğa Bilimleri Dergisi* 6 (Özel Sayı 2): 108-112.
- Torun, A., Kaçar, Y., Erdem, H., 2009. In vitro doku kültürü ve su kültürü koşullarında maxma 14 kiraz anacına artan dozlarda uygulanan kadmiyum'un bitki büyümesi ve kadmiyum alımına etkisi. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2009, 13(4): 1-11.
- Treder, G., Cieslinski, G., 2005. Effect of silicon application on cadmium uptake and distribution in strawberry plants grown on contaminated soils. *Journal of Plant Nutrition*, 28: 917-929.
- Tsadilas, C. D., Karaivazoglou, N. A, Tsotsolis, N. C., Stamadiadis, S. and Samaras, V. 2005. Cadmium uptake by tobacco as affected by liming, N form, and year of cultivation. *Environmental Pollution* 134: 239-246.
- Türemiş, N. ve Ağaoğlu, Y. S., 2013. Çilek. Üzümü meyveler, Editörler: Ağaoğlu, S.ve R., Gerçekcioğlu, Tomurcukbağ Ltd. Şti. Eğitim Yayınları, No:1, Ankara, s. 57-120.
- Üstbaş, Y., Taşan, M., Geçgel, Ü., 2009. Trakya bölgesinde üretilen ayçiçeği tohumu (*helianthus annus* l.) yağlarında bakır, demir, kadmiyum ve kurşun içeriklerinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*.
- Yaghubi, K., Ghaderi, N., Vafae, Y., Javadi, T., 2016. Potassium silicate alleviates deleterious effects of salinity on two strawberry cultivars grown under soilless pot culture. *Scientia Horticulturae* 213 87-95.
- Yılmaz, H. 2009. Cultivar and harvest date effects on flavor and other quality attributes of California strawberries. Hasad Yayıncılık, 348 s, İstanbul. Zaldivar CP, Ebeler SE, Kader AA. *Journal of Food Quality*. 28, 78-97
- Zengin, F., Munzuroğlu, Ö., 2003. Fasulye fidelerinin (*Phaseolus vulgaris* L.) kök, gövde ve yaprak büyümesi üzerine kadmiyum ( $Cd^{++}$ ) ve civa ( $Hg^{++}$ )'nın etkileri. *Cumhuriyet Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi* 24(1).
- Zengin, F., Munzuroğlu, Ö., 2004. Fasulye fidelerindeki (*Phaseolus Vulgaris* Cv. Strike) sitokin içeriği üzerine bazı ağır metallerin ( $Hg^{++}$ ,  $Cd^{++}$ ,  $Cu^{++}$  Ve  $Pb^{++}$ ) etkileri. *Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları*.
- Zhang, Y., Zhang, B., Rui, Y., 2013. Study on selenium and other trace elements presents in selenium-enriched strawberry by ICP-MS. *Asian Journal of Chemistry*; Vol. 25, No. 11, 6451-6452.
- Zincircioğlu, N., 2015. Manisa-Akhisar'da bulunan bazı zeytin bahçelerinde Cu, Zn, Cd, Pb ve as içeriklerinin belirlenmesi. *Zeytin Bilimi* 5 (1) 21-26.



## 7. ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Sami BOYAR

Doğum Yeri: Mersin/ Silifke

Doğum Tarihi: 21.11.1992

Yabancı Dil: İngilizce

E-mail: [sami.byr.33@outlook.com](mailto:sami.byr.33@outlook.com)

Cep telefonu: 0533 054 26 62

1992 yılının kasım ayında Mersin ilinin Silifke ilçesinde dünyaya geldim. 3 çocuklu ailenin en büyük evladım ve 1 kız 1 erkek kardeşim vardır. Okul hayatıma Kargıpınarı İlköğretim Okulunda başladım ve aynı yerde bulunan Kargıpınarı Anadolu Lisesinde lise hayatıma devam ettim. 2012 yılında girmiş olduğum üniversite sınavı sonucu Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesine yerleşerek hayatımın dönüm noktasının başladığını fark ettim. 4 yıl süren bu süreç içerisinde bütün derslerimi vererek 2016 yılında fakülteden mezun oldum. Aynı yıl içerisinde yüksek lisans başvurusunda bulunarak yerleştim ve 2016-2019 yılları arasında yüksek lisansımı tamamladım.