



T.C.
AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TOROS KARDELENİNDE (*GALANTHUS ELWSII* HOOK.) SALİSİLİK
ASİT VE ÇİNKO UYGULAMALARININ ANTİOKSİDAN ENZİM
AKTİVİTESİ, PROLİN, KAROTENOİD, KLOROFİL İÇERİĞİ
ÜZERİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YASEMİN KIRGEÇ

OCAK

YASEMİN KIRGEÇ

BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI

OCAK 2023

**TOROS KARDELENİNDE (*GALANTHUS ELWESII* HOOK.)
SALİSİLİK ASİT VE ÇİNKO UYGULAMALARININ ANTİOKSİDAN
ENZİM AKTİVİTESİ, PROLİN, KAROTENOİD, KLOROFİL İÇERİĞİ
ÜZERİNE ETKİSİ**

Yasemin KIRGEÇ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOTEKNOLOJİ ANABİLİM DALI**

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Ebru BATI AY

**AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

OCAK 2023

Yüksek Lisans Tezi Kabul ve Onay Sayfası

Yasemin KIRGEÇ tarafından hazırlanan Toros Kardeleninde (*Galanthus elwesii* Hook.) Salisilik Asit ve Çinko Uygulamalarının Bazı Biyolojik Özelliklere Etkisi” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Amasya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoteknoloji Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ebru BATI AY

Biyoteknoloji Anabilim Dalı, Amasya Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

Başkan: Prof. Dr. Ş. Metin KARA

Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Ordu Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

Üye: Doç. Dr. Muhammed Akif AÇIKGÖZ (İkinci Danışman)

Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Ordu Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Beril KOCAMAN

Biyoteknoloji Anabilim Dalı, Amasya Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

Üye: Dr. Öğr. Tuba BAK

Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Pamukkale Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

Tez Savunma Tarihi: 18/01/2023

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Doç. Dr. Ümit YILDIRIM

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Amasya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 - Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 - Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 - Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 - Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Yasemin KIRGEÇ

18.01.2023

TOROS KARDELENİNDE (*GALANTHUS ELWESII* HOOK.) SALİSİLİK ASİT VE
ÇİNKO UYGULAMALARININ ANTİOKSİDAN ENZİM AKTİVİTESİ, PROLİN,
KAROTENOİD, KLOROFİL İÇERİĞİ ÜZERİNE ETKİSİ
(Yüksek Lisans Tezi)

Yasemin KIRGEÇ

AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ocak 2023

ÖZET

Kardelen içerdiği değerli sekonder metabolitler nedeniyle tıbbi amaçlı kullanılan önemli bir cinstir. Bu araştırma, farklı dozlarda çinko ve salisilik asit yaprak uygulamalarının *Galanthus elwesii* Hook.'un antioksidan enzim aktivitesi, prolin, klorofil ve karotenoid içerik üzerine etkisini araştırmak amacıyla yürütülmüştür. Deneme tesadüf parselleri faktöriyel deneme desenine göre beş tekerrürlü olarak 2021-2022 yetiştirme döneminde saksı denemesi olarak kurulmuştur. Çinko dozları (0, 40, 80 ve 120 mM) ve salisilik asit dozları (0, 0.5, 1 ve 2 mM) çiçeklenme dönemi başlangıcında yapraktan spreyleme ile tüm bitkilere uygulanmıştır. Hasat edilen taze yaprak örneklerinde askorbat peroksidaz enzim aktivitesi (APX), katalaz (CAT) enzim aktivitesi, prolin, klorofil ve karotenoid içerikleri belirlenmiştir. *Galanthus elwesii* Hook türünde çinkonun bütün dozlarında askorbat peroksidaz enzim aktivitesinde artış gözlenmiştir. Katalaz enzim aktivitesinde ise 80 mM çinko dozuna kadar önemli artış gözlenirken en yüksek dozlarda (120 mM çinko-2 mM salisik asit) uygulanan çinko ve salisilik asitin katalaz enzim aktivitesini kontrol grubuna göre %19 oranında düşürdüğü ve toksik etki gösterdiği tespit edilmiştir. Prolin miktarı, kontrol grubuna göre 0 (kontrol) çinko-0.5 mM salisik asit uygulanan parsellerde 12.4 kat artmıştır. 40 mM çinko-2 mM salisilik asit dozlarının lipid peroksidasyonu 1.75 kat arttırdığı tespit edilmiştir. Kardelende toplam klorofil, klorofil a ve klorofil b miktarında kontrol ortamına göre önemli artışlar sağlamıştır. Toplam klorofil miktarı, 120 mM çinko-2 mM salisik asit uygulanan parselde 2.27 kat, klorofil a miktarı, 40 mM çinko-1 mM salisik asit uygulanan parselde 2.41 kat, klorofil b miktarı, 0 mM çinko-0.5 mM salisik asit uygulanan parselde 1.54 kat arttığı tespit edilmiştir. Karotenoid miktarı, kontrol grubuna göre 0 mM çinko-0.5 mM salisik asit uygulanan parselde 3.95 kat arttığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak, *Galanthus elwesii* türünde çinko ve salisilik asit uygulamalarının antioksidan enzim aktivitesi, prolin, klorofil ve karotenoid içerik üzerine olumlu etki göstermiştir. Özellikle 0.5 Mm'de salisik asit uygulamalarının kardelende prolin, klorofil b ve karotenoid miktarlarını önemli ölçüde arttırdığı tespit edilmiştir. 120 mM çinko uygulamalarının bitkide toksik etki yarattığı ancak yapraktan uygulanan salisilik asit uygulamalarının iyileştirici etki yaptığı ortaya konulmuştur.

Sayfa Adedi	: 48
Anahtar Kelimeler	: Antioksidan enzim, Kardelen, Klorofil
Danışman	: Dr. Öğretim Üyesi Ebru BATI AY

EFFECTS OF SALICYLIC ACID AND ZINC APPLICATIONS ON ANTIOXIDANT
ENZYME ACTIVITY, PROLINE, CAROTENOID, CHLOROPHYLL CONTENT IN
GALANTHUS ELWESII HOOK.

(M. Sc. Thesis)

Yasemin KIRGEÇ

AMASYA UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

January 2023

ABSTRACT

Snowdrop is an important genus used for medicinal purposes due to the valuable secondary metabolites it contains. This research was carried out to investigate the effects of foliar applications of different doses of zinc and salicylic acid on the antioxidant enzyme activity, proline, chlorophyll and carotenoid content of *Galanthus elwesii* Hook. The experiment was established as a pot experiment in the 2021-2022 growing period with five replications according to the randomized plots factorial experimental design. Zinc doses (0, 40, 80 and 120 mM) and salicylic acid doses (0, 0.5, 1 and 2 mM) were applied to all plants by foliar spraying at the beginning of the flowering period. Ascorbate peroxidase enzyme activity (APX), catalase (CAT) enzyme activity, proline, chlorophyll and carotenoid contents were determined in the harvested fresh leaf samples. An increase in the ascorbate peroxidase enzyme activity was observed at all doses of zinc in *Galanthus elwesii* Hook strain. While a significant increase was observed in catalase enzyme activity up to 80 mM zinc dose, zinc and salicylic acid applied at the highest doses (120 mM zinc-2 mM salicylic acid) decreased the catalase enzyme activity by 19% compared to the control group and had a toxic effect. The amount of proline increased 12.4 times in plots treated with 0 (control) zinc-0.5 mM salicylic acid compared to the control group. It was determined that doses of 40 mM zinc-2 mM salicylic acid increased lipid peroxidation 1.75 times. Total chlorophyll, chlorophyll a and chlorophyll b amounts in snowdrops increased significantly compared to the control environment. It was detected that 120 mM zinc-2 mM salicylic acid applied in the plot increased the total amount of 'chlorophyll' 2.27 times, 40 mM zinc-1 mM salicylic acid applied in the plot increased the amount of 'chlorophyll a' 2.41 times, 0 mM zinc-0.5 mM salicylic acid applied in the plot increased the amount of 'chlorophyll b' 1.54 times. It was determined that the amounts of carotenoids increased 3.95 times in the plot where 0 mM zinc-0.5 mM salicylic acid was applied compared to the control group. As a result, in *Galanthus elwesii*, zinc and salicylic acid applications showed positive effects on antioxidant enzyme activity, proline, chlorophyll and carotenoid content. It was determined that salicylic acid applications, especially at 0.5 Mm, significantly increased the amounts of proline, chlorophyll b and carotenoid in snowdrop. It has been shown that 120 mM zinc applications have a toxic effect on the plant, but foliar salicylic acid applications have a healing effect.

Number of pages : 48

Keywords : Antioxidant enzyme, Snowdrop, Chlorophyll

Supervisor : Asst. Prof. Dr. Ebru BATI AY

ÖN SÖZ ve TEŞEKKÜR

Tez hazırlama süreci boyunca fikirleri ve manevi desteğiyle beni yönlendiren danışman hocam Dr. Öğretim Üyesi Ebru BATI AY' a, bu süreç içerisinde benden desteklerini esirgemeyen Dr. Öğretim Üyesi Beril KOCAMAN, Doç. Dr. Muhammed Akif Açıkgoz'e ve bana bu zamana kadar her zaman maddi ve manevi olarak yanımda bulunan ailem' e teşekkürü bir borç bilirim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ÖN SÖZ ve TEŞEKKÜR.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	7
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	13
3.1. Materyal.....	13
3.2. Kullanılan Ekipmanlar.....	14
3.3. Kullanılan Kimyasal Maddeler.....	15
3.4. Yöntem.....	15
3.4.1. Araştırma denemesi.....	15
3.4.2. Enzim Aktivitesi Ölçümü için Homojenat Hazırlama.....	17
3.4.3. Bradford Yöntemi ile Protein Tayini.....	17
3.4.4. Askorbat Peroksidaz (EC 1.11.1.11, APX) Enzim Aktivitesi Ölçümü.....	18
3.4.5. Katalaz (EC 1.11.1.6, CAT) Enzim Aktivitesi Ölçümü.....	18
3.4.6. Prolin miktarının belirlenmesi.....	19
3.4.7. Malondialdehit (MDA) belirlenmesi.....	19
3.4.8. Bitkinin taze yaprağında klorofil karotenoid konsantrasyonunun belirlenmesi	20
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	22
4.1. Antioksidan Enzim Aktivitesi.....	22

	Sayfa
4.1.1. Askorbat Peroksidaz (APX) Enzim Aktivitesi.....	22
4.1.2. Katalaz (CAT) Enzim Aktivitesi.....	24
4.2. Prolin Miktarı.....	26
4.3. Lipit Peroksidasyon.....	28
4.4. Klorofil Miktarları.....	30
4.5. Karotenoid Miktarı.....	34
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	36
ÖZGEÇMİŞ.....	48

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Deneysel çalışmalarda kullanılan kimyasallar ve özellikleri.....	15
Çizelge 4.1. Kardelen bitkisine uygulanan farklı dozlardaki çinko ve salisilik asitin askorbat peroksidaz enzim aktivitesi üzerine etkisi.....	23
Çizelge 4.2. Kardelen bitkisine uygulanan farklı dozlardaki çinko ve salisilik asitin katalaz enzim aktivitesi üzerine etkisi.....	25
Çizelge 4.3. Kardelen bitkisine uygulanan farklı dozlardaki çinko ve salisilik asitin prolin miktarı üzerine etkisi.....	27
Çizelge 4.4. Kardelen bitkisine uygulanan farklı dozlardaki çinko ve salisilik asitin lipit peroksidasyon aktivitesi üzerine etkisi.....	29
Çizelge 4.5. Kardelen bitkisine uygulanan farklı dozlardaki çinko ve salisilik asitin toplam klorofil miktarı üzerine etkisi.....	31
Çizelge 4.6. Kardelen bitkisine uygulanan farklı dozlardaki çinko ve salisilik asitin klorofil a miktarı üzerine etkisi.....	31
Çizelge 4.7. Kardelen bitkisine uygulanan farklı dozlardaki çinko ve salisilik asitin klorofil b miktarı üzerine etkisi.....	31
Çizelge 4.8. Kardelen bitkisine uygulanan farklı dozlardaki çinko ve salisilik asitin karotenoid miktarı üzerine etkisi.....	34

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Kardelen (<i>Galanthus elwesii</i> Hook) soğanı.....	13
Şekil 3.2. Analizler sırasında kullanılan ekipmanlar (a, b, c, d).....	14
Şekil 3.3. Saksılara torf/perlit karışımının doldurulması (a), kardelen soğanlarının saksılara dikimi (b), bitkide çıkışları (c), çiçeklenme dönemi kardelen bitkileri (d) ...	16
Şekil 3.4. Kardelen bitkisinden homojenat hazırlanması (a,b)	17
Şekil 3.5. Protein standart grafiği.....	18
Şekil 3.6. Prolin standart grafiği.....	19
Şekil 4.1. Çinko ve salisilik asit uygulanan kardelerde prolin miktarı ($\mu\text{g/mL}$).....	23
Şekil 4.2. Çinko ve salisilik asit uygulanan kardelerde Katalaz (CAT) Enzim Aktivitesi (EU/mg protein).....	26
Şekil 4.3. Çinko ve salisilik asit uygulanan kardelerde prolin miktarı ($\mu\text{g/mL}$).....	27
Şekil 4.4. Çinko ve salisilik asit uygulanan kardelerde lipid peroksidasyon Aktivitesi ($\mu\text{g/mL}$).....	29
Şekil 4.5. Çinko ve salisilik asit uygulanan kardelerde klorofil a miktarı (a), Klorofil b miktarı (b), toplam klorofil miktarı (c).....	32
Şekil 4.6. Çinko ve salisilik asit uygulanan kardelerde karotenoid miktarı mg/g TA ...	35

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, yanda açıklamaları verilmek üzere aşağıda listelenmiştir.

Simgeler	Açıklama
<i>B</i>	bor
<i>Ca</i>	kalsiyum
<i>Cd</i>	kadmiyum
<i>Cr</i>	krom
<i>Cu</i>	bakır
$CaCO_3$	kalsiyum karbonat
$FeCl_3$	demir klorür
<i>Fe</i>	demir
<i>K</i>	potasyum
H_2O_2	hidrojen peroksit
$NaCl$	sodyum klorür
$NiCl_2$	nikel klorür
<i>Mg</i>	magnezyum
<i>Mo</i>	molibden
<i>Zn</i>	çinko
$ZnCl_2$	çinko klorür
<i>Ni</i>	nikel
<i>SA</i>	salisilik asit
<i>As</i>	arsenik

Pb

kurşun

Kısaltmalar**Açıklama**

CAT

Katalaz enzim aktivitesi

APX

Askorbat peroksidaz emzim aktivitesi

GPX

Guaiakol enzim aktivitesi

SOD

Antioksidan enzim aktivitesi

MDA

Lipid peroksidasyonu son ürünü

DHAR

Antioksidan enzim aktivitesi

MDHAR

Monodihidroaskorbat peroksidaz enzim aktivitesi

kl a

Klorofil a

kl b

Klorofil b

1. GİRİŞ

Türkiye sahip olduğu bitki türlerinin zenginliği açısından, dünyada önemli bir yere sahiptir. Türkiye bitki çeşitliliği; Anadolu'nun Asya ve Avrupa kıtaları arasında geçiş bölgesi olması, üç farklı fitocoğrafik bölgenin kesişim noktasında bulunması, farklı iklim tiplerinin etkisi altında oluşu ve engebeli topografik yapısından kaynaklanmaktadır (Malyer, 2011; Yeşilyurt ve diğerleri, 2008; Bülbül ve Aytaç, 2010). Türkiye'de yaklaşık 9000 bitki türü ve 12000 olan takson (tür, alttür ve varyete) bulunmaktadır. Bu sayının önemli bir kısmını Geofit olarak adlandırılan bitkiler oluşturmaktadır (Güner, 2006). "Geofit" terimi ilk defa Danimarkalı botanikçi Christian Raunkier tarafından kullanılmıştır (Ekim ve Koyuncu, 1992). Kelime anlamı olarak Geofit (Geophyta), yer anlamına gelen "geo" ile bitki anlamına gelen "phyta" sözcüklerinin birleşmesi ile meydana gelmiştir (Akan ve diğerleri, 2005; Avcı, 2005; Güner 2006).

Soğanlı yumrulu bitkiler olarak da isimlendirilen geofitlerin gövde yapısı toprak altı organı şeklindedir. Bazıları yaprakları ayrılabilen soğan, bazısı sert patates veya korm, bazısı ise uzamış kök yapısına benzeyen rizom şeklindedir. Toprak altında bulunan tüm bu organlar aslında değişime uğrayarak kök gibi gelişmiş gövdelerdir. Çok yıllık otsu bitki sınıflandırmasında yer alan bu bitkilerin, dünyanın birçok iklim bölgesinde yaşayan örnekleri olması nedeni ile çok farklı kültürleri bulunmaktadır. Geofitler, Avustralya dışında özellikle Balkanlar, Anadolu ve Kafkasya üzerinde yoğun olarak görülmekte olup, çoğunun kökeni Akdeniz havzasıdır. Türkiye'de ise yaklaşık 40 cins, 700 kadar türü bulunmaktadır ve bunların 162 türü endemiktir (Ekim ve Koyuncu, 1992; Arslan ve diğerleri, 1996; Güner ve diğerleri, 2002; Kılıçaslan ve Dönmez, 2016). Bu zenginlik tarih boyunca çok dikkat çekmiş ve Anadolu'dan Avrupa'ya birçok geofit götürülerek kültüre alınmış ve çoğaltılmıştır (Baytop, 1998; Koyuncu ve diğerleri, 1999; Ekim ve diğerleri, 1991; Pavord, 1999; Mathew ve Özhatay, 2001; Grismshaw, 2002; Feran, 2006). Türkiye doğal bitki örtüsünün bu kadar zengin geofit taksonuna sahip olmasına karşın, süs bitkileri açısından yapılan bilimsel çalışmalar oldukça sınırlıdır. Üretim sektörünün bilimsel çalışmalar ile yeterince bağlantılı olmaması, bu kaynakların tarih boyunca farklı ülkelere kontrolsüzce taşınmasına yol açmıştır. Oysa dünyanın birçok ülkesinde çiçek soğanı üretimi ve satışı gittikçe artmaktadır. Özellikle Hollanda, iklim ve toprak şartlarının oldukça zor şartlara sahip olmasına karşın, soğanlı bitki ve soğan üretiminde uzun yıllardır pazar payı en büyük ülkedir. Salman ve Wallace (2020)'ın çalışmalarında belirttiklerine göre, dünyada çiçek

soğanı üretimi yaklaşık 43.000 hektarlık alanda yapılmaktadır. Bu alanlar en fazla; Hollanda (%53.5), Birleşik Krallık (% 10.9), ABD (% 8.4) ve Çin'de (% 4.7) yer alır. En önemli ticari amaçlı çiçek soğanı üreten ülkeler ise Hollanda, Şili, Brezilya, Yeni Zelanda'dır.

Geofitler gerek gösterişli çiçekleri gerekse içerdikleri kimyasal bileşikler nedeniyle yüzyıllardan beri doğal florada yetiştikleri yerlerden sökülerek iç ve dış piyasada satışa sunulmaktadırlar. Özellikle ihraç ürünü olarak yıllar içinde artan talebi karşılamak için yapılan yoğun söküm, bu değerli bitki türlerinin doğadaki stoklarının azaltmasına ve birçoğunda neslin tükenmesi tehlikesinin ortaya çıkmasına yol açmıştır. Ülkemizde geofitlerin soğan ve yumruları doğadan toplanarak süs bitkisi olarak ihraç edilmekte ve aşırı toplanma nedeniyle yok olma tehlikesi altında olan türler bulunmaktadır (Ekim ve diğerleri, 2000).

Amaryllidaceae, dünyada 85 cins ve yaklaşık 1100 türle temsil edilen, ekonomik açıdan önemli ve tıbbi değere sahip bitkileri içeren bir familyadır (Ünver, 1999). Söz konusu familya üyeleri, Akdeniz, Güney Amerika ve Güney Afrika'yı kapsayan tropikal, subtropikal ve ılıman bölgelerde yayılış göstermektedir (Nair ve diğerleri, 2013). Familyaya ait pek çok bitki renkli çiçekleri ve kokularından ötürü süs bitkisi olarak kültüre alınmakta; aynı zamanda farklı ve çeşitli farmakolojik aktivitelerinden dolayı ilaç olarak kullanılmaktadır (Ekim ve diğerleri, 1991; Baytop, 1997). Güzel ve renkli çiçeklerinden dolayı süs bitkisi olarak yaygın şekilde kullanılan *Galanthus* türlerinin soğanları ülkemizden ihraç edilmektedir. Ancak yoğun ihracatla birlikte, bitkilerin doğadaki varlığını sürdürebilmeleri amacıyla Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı'nca yayınlanan ve her yıl düzenlenen "Doğal Çiçek Soğanlarının İhracat Listesi Hakkında Tebliğ" ile bunların ihracatı ve korunmalarına ilişkin sınırlamalar resmi gazetede bildirilmektedir. 2017 yılında yayınlanan tebliğe göre Isparta İli ile Konya İli Beyşehir İlçesi ve Antalya İli Gündoğmuş İlçesinde *Galanthus elwesii* (Toros Kardeleni), Giresun İli sınırları içerisinde yetişen *Galanthus woronowii* (Karadeniz Kardeleni) dışındaki *G. elwesii* ve *G. woronowii* türlerinin soğanlarının ihracatına kota konularak izin verilmiştir (Tebliğ No: 2016/52).

Kardelen, Amaryllidaceae familyasının en önemli cinslerinden birisidir (Baktır, 1996). Amaryllidaceae familyası üyesi olan *Galanthus* L. türleri çok yıllık, soğanlı, otsu bitkiler olup, ülkemizde halk arasında genel olarak "Kardelen" adıyla bilinen, "Karçiçeği", "Aktaş", "Akbardak", "Akçebardak", "Bardakçıl çiçeği", "Boynu bükük", "Garipçe", "Cımbırt",

“Öksüz Ahmet”, “Soğancık”, “Domuzsoğanı”, “Karga soğanı”, “Tamtakırdak” gibi yöresel isimlerle de tanımlanan önemli geofitlerdir. Çok yıllık ve soğanlı bir bitki olan kardelen, doğal ortamında büyük oranda tohumla, az miktarda da yavru soğanla çoğalmakta ve 4-5 yıl içerisinde (soğanla 2-3 yıl içinde) çiçeklenmektedir (Atay, 1996; Tıprıdamaz, 2003). Deniz seviyesinden 2000 metreye kadar yüksekliklerde rahatlıkla yetişebilen *Galanthus* cinsinin küresel yayılış alanları Yunanistan, Bulgaristan, Ege Adaları, Anadolu, Balkanlar, Kırım, Kafkasya, İran ve Lübnan’dır. Anadolu’daki genel yayılış alanları ise; Kuzeybatı, Kuzeydoğu, Batı, Güneybatı, Güney ve İç Anadolu’dur (Aksu ve diğerleri, 2002; Özhatay ve diğerleri, 2005b; Smith, 2008; Kikodze, 2008). Küresel olarak 19 türe sahip olan kardelenler 3 alt tür ve varyete toplamında 23 taksonla temsil edilirken, Anadolu doğasında 13 tür ve 16 taksonla temsil edilmekte olup, 7 tür yalnızca ülkemiz doğası ile sınırlıdır, yani Türkiye endemiği türlerdir. Bu bitkiler özellikle serin, nemli ve humusça zengin topraklarda yetişirler ve Ocak ve Mart ayları arasındaki dönemde çiçeklenirler (Atay, 1996; Davis, 2000; Özhatay ve diğerleri, 2005a) ve bu yüzden baharın yaklaşmakta olduğunun müjdesini verdikleri kabul edilir (Arslan ve diğerleri, 2002). Kardelen, kış aylarında ve erken ilkbaharda verdikleri beyaz, zarif ve gösterişli çiçekleri nedeniyle Avrupa ve diğer birçok ülkede beğenilen ve tercih edilen bir süs bitkisi olup, geniş ölçüde botanik bahçelerinde, park ve taş bahçelerinde peyzaj uygulamalarında ve özel bahçelerde süs bitkisi olarak kullanımlarının yanı sıra içerdiği değerli sekonder metabolitler nedeniyle tıbbi amaçlı kullanılan türlerdir (Ekim ve Koyuncu, 1991; Sargın ve diğerleri, 2013).

Bitkilerde birincil metabolitler olarak adlandırılan ve proteinler, nükleik asitler, polisakkaritler gibi bitkinin yaşamsal faaliyetleri için gerekli olan temel makro moleküllerin dışında; organizmanın yaşamsal faaliyetleri için doğrudan gerekli olmayan ancak bitkinin büyüme, savunma, korunma gibi metabolik faaliyetlerini kontrol etme görevleri üstlenen ve organizma tarafından üretilen sekonder metabolitler de birlikte bulunmaktadır. Çoğu zehirli (zehirli) olan bu sekonder metabolitler; toplam kütleinin %0.0001’ini (1ppm) oluşturlar ve elde edilmeleri oldukça zor bir süreçtir. Sekonder metabolitler, oluşan bakteri ve mantarların büyümesini inhibe etmek, çevrelerindeki diğer bitkilerle rekabet etmek amacı ile de üretmektedir (Karagöz ve diğerleri, 2009). Bu kimyasallar bitkinin fizyolojik olarak hayatta kalmasında önemi olmasa da bulunduğu ortamda strese girmemesini, neslini daha rahat devam ettirmesi, fizyolojik hayatını daha sağlıklı geçirmesini ve bulunduğu ortama adaptasyonunu daha kolay oluşturmalarını sağlamaktadır (Tiwari 2015). Bitkinin çiçek, dal, gövde, meyve, tohum gibi hemen hemen her kısmında bulunabilmekte olup sekonder

metabolit yapılı bazı kimyasalların mevsimsel olması, bitkinin bulunduğu bölgenin anlık iklimine, çiçek açma durumuna, tozlaşma saatlerine, bitkinin büyüme fazına hatta bitkinin toplanması, kurutulması ve saklanması metotlarının farklılıklarına bağlı olarak yoğunlukları değişmektedir (Yener 2017, Özden 2018, Görmez 2019). Sekonder metabolitler antioksidan, antimikrobiyal, antitümör, antienflamatuvar, sitotoksik gibi biyolojik etkinliklerden sorumlu moleküllerdir (Murthy ve diğerleri, 2014).

Antioksidanlar bitkilerin savunma mekanizmasında önemli role sahiptirler. Temel işlevleri, metabolik olaylar sonucu meydana gelen reaktif oksijen bileşiklerini ortamdan uzaklaştırarak bitkiyi bu radikallerin zararlı etkisinden korumaktır (Scandalios, 2005). Kardelen türlerinin içerdikleri etken maddeler serbest radikalleri bloke ederek vücuda vermiş olduğu hasarları en aza indirir ve pek çok hastalığın yanı sıra erken yaşlanmaya yol açan zincir reaksiyonlarını önleyici antioksidan etkiye sahiptirler (Ay ve ark., 2018). Antioksidan savunmada sisteminde birincil olarak enzimatik antioksidanlar etkilidirler (Delaber ve diğerleri, 1987). Serbest oksijen radikallerinin neden oldukları muhtemel zararlara çok sayıda hücre koruyucu enzimler yardımıyla karşı koyulur ve meydana gelen radikal hasar antioksidan maddeler ile sınırlandırılmaya çalışılır. Bunlar arasında en önemli olan antioksidanlar olarak katalaz (CAT), süperoksit dismutaz (SOD) ve peroksidaz (POX) gelmektedir. Katalazlar, H_2O_2 'in su ve moleküler oksijene parçalanmasını katalizleyen enzimlerdir ve doğada yaygın olarak bulunmaktadır (Kurakov, 2001). Peroksidazlar (POD) da hem/demir grubu içeren enzimler olup hidrojen peroksit varlığında fenol ve aromatik gibi çeşitli bileşiklerin oksidasyonunu katalizlerler (Davies, 1995). Süperoksit dismutaz (SOD) ise bitkilerde yaygın olarak bulunmakla birlikte esas fonksiyonu süperoksit radikalini (O_2^-) hidrojen peroksit (H_2O_2) dönüştürmektir; reaksiyon ürünü olan H_2O_2 ise yukarıda belirtildiği gibi katalaz enzimi ile ortamdan uzaklaştırılır (Scandalios, 2005). Antioksidan enzim seviyelerinin belirlenmesinin yanı sıra malondialdehit (MDA) seviyesi de stres şartlarına bağlı olarak ROS tarafından kaynaklanan hücresel hasarın belirlenmesinde iyi bir belirteç görevi görmektedir. Bu yüzden hücre zarı stabilitesi MDA içeriği test edilerek yapılabilmektedir.

Bitkiler yayılış alanlarını, gelişimlerini kısıtlayıcı çeşitli olumsuz koşullara maruz kalmaktadırlar. Bu olumsuz koşullar bitkilerin büyüme, gelişme ve metabolizmasını baskılamaktadır. Bitkilerin maruz kaldığı çevresel stres etmenleri abiyotik (cansız) ve biyotik (canlı) kaynaklı oluşmaktadır. Biyotik etmenler, biyolojik kaynaklı bitki hücre

duvarlarından oluşan polisakkaritler (dextran, glucan, kitin, pektin ve selüloz) ve mikro organizmalar (maya ekstraktı, mantarlar ve bakteriler) oluşturur. Abiyotik etmenler; biyolojik kökenli olmayan fiziksel, kimyasal ve hormonal faktörlerdir. Fiziksel faktörler; ışık, ultraviyole ışık (UV, UV A, UV B ve UV C), osmotik (sorbitol, prolin ve polietilen glikol) stres, tuzluluk, kuraklık ve termal strestir. Kimyasal faktörler; ağır metaller (alüminyum, bakır, civa, çinko, demir, gümüş, kadmiyum, kobalt, krom, kurşun, mangan, nikel), mineral tuzlar (fosfor, iyot, klorür, kükürt, magnezyum, potasyum, sodyum, vonadil sülfat), aroşidonik asit, linoleik asit, salisilik asit, sukroz, mannan ve zehirli gazlar (etilen, nitrit oksit, ozon) oluşturur. Hormonal faktörler; jasmonatlar (jasmonik asit ve metil jasmonat), salisilik asit ve giberellik asitlerdir (Tumova ve diğerleri, 2002; Commun ve diğerleri, 2003; Oksman Caldentey ve diğerleri, 2004; Wu ve diğerleri, 2007; Romero ve diğerleri, 2009; Murthy ve diğerleri, 2014; Li ve diğerleri, 2016; Gehlot ve diğerleri, 2017).

Bitki hormonları grubu altında bulunan salisilik asit, bitkilerde çok küçük miktarlarda bulunan bir endojen büyüme düzenleyicisidir. Salisilik asit (SA) kelimesi, söğüt ağacı anlamına gelen Latince "Salix" kelimesinden türetilmiştir (Mammadov, 2014). Biyotik ve abiyotik stres toleransında önemli rol oynayan kimyasal bir haberci olarak kabul edilir. SA, çeşitli fizyolojik süreçlerin düzenlenmesinde rol oynar (Baghizadeh ve Hajmohammadrezaei, 2011). Ayrıca tohumların çimlenmesinde, meyve veriminde, glikolizde, termojenik bitkilerde çiçeklenmede, iyon yakalama ve taşınmasında rol oynar. Abiyotik stres koşulları altında, SA'nın büyüme üzerindeki iyileştirici etkisi, su içeriği, besin asimilasyonu, klorofil pigment biyosentezi, büyüme, stoma düzenlemesi, etilen biyosentezinin inhibisyonu, hormonal profilin düzenlenmesi ve protein kinaz sentezi gibi bitkinin fizyolojik parametreleri üzerindeki rolüyle bağlantılıdır (Khodary, 2004). Konsantrasyonlarına bağlı olarak, bu elementler faydalı veya toksik rol oynayabilir. Toksisite, büyüme inhibisyonu, beslenme dengesizliği ve ayrıca fonksiyonel grupları bloke ederek veya hayati iyonların değiş tokuşu ile biyomoleküllerin inaktivasyonu ile kendini gösterir. Daha önceki çalışmalar, bakır stresi altında yetiştirilen *S. officinalis*'te SA'nın büyüme ve belirli minerallerin (Ca, K ve P) birikimi üzerindeki olumlu etkisini göstermiştir Es-sbihi ve diğerleri, 2020). Ek olarak, bazı çalışmalar eksojen SA'nın bitkilerde bakır, kadmiyum, krom ve kurşun gibi ağır metaller altında yetiştirilen bitkilerin metabolik ve fizyolojik yollarının düzenlenmesine katkıda bulunduğunu göstermiştir (El-Tayeb ve diğerleri, 2006; Tamás ve diğerleri, 2015).

Metalik elementlerin doğası ve topraktaki konsantrasyonları bitki büyümesi üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir. Çinko hem eksikliği hem de fazlalığı insanlara, hayvanlara ve bitkilere zararlı olan metalik bir elementtir (Yıldız, 2004). Dünyanın bazı bölgelerinde çinkonun insan diyetindeki eksikliği önemli bir sağlık sorunu olmasına rağmen, diğer bölgelerde fazlalığı çevreye zararlıdır. Ağır metallerin neden olduğu çevre kirliliği, endüstriyel gelişme ve kentleşmenin bir sonucudur. Topraktaki fazla çinkonun ana kaynakları madencilik, metalurji, fosil yakıtların yakılması ve atıklardır. Toprakların çinko kirliliği dünya çapında bulunan bir çevre sorunudur. Çinko bitkiler için gerekli bir mikro besin olmasına rağmen, çinko fazlası zararlıdır. Bu element, kirlenmiş topraklardan bitkiler tarafından kolayca alınır ve bitkideki aşırı konsantrasyonu, çeşitli metabolik ve fizyolojik süreçleri bozar ve sonuç olarak verimi sınırlar. Aşırı çinko alımı, bitki dokularında toksik reaktif oksijen türlerinin (ROS) üretimi ile ifade edilen oksidatif strese yol açar. POD, SOD ve CAT gibi antioksidan enzimler ROS'un giderilmesinde anahtar rol oynar. Ağır metal toleranslı türler genellikle bu antioksidan enzimlerin yüksek seviyelerini üretir. Ağır metaller ayrıca prolin birikimi ve malondialdehid oluşumu gibi diğer bazı hücresel değişikliklere de neden olurlar (Serrato-Valenti ve diğerleri, 1997). Toksik düzeylerde çinkonun ise fotosentez sürecinde, elektron taşıma zincirinde yer alan plastokinon düzeyini azalttığı bilinmektedir. Aynı zamanda klorofil biyosentezinde geriye dönüşü olmayan hasarlara yol açmaktadır (Tsonev ve Lidon 2005).

Tüm bu bilgilerin ışığında bu tez çalışması; *Galanthus elwesii*'de salisilik asit ve çinko uygulamalarının antioksidan enzim aktivitesi, prolin, karotenoid ve klorofil içeriği üzerine etkisini araştırmak amacıyla yürütülmüştür.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Baccouch ve diğerleri (1998), Mısır (*Zea mays* L.) bitkisinin köklerinde 5 gün boyunca uygulanan 250 μ M nikelin meydana getirdiği oksidatif zararı araştırmıştır. Bunun için antioksidatif savunma sistemi enzim aktivitesindeki değişimler araştırılmıştır. Nikelin lipid peroksidasyonu ve kök büyümesi üzerinde etkisi de araştırılmıştır. Elde edilen verilere göre, *Zea mays* L. bitkisinin köklerinde Ni içeriğinin uygulama süresine bağlı olarak arttığı bildirilmiştir. 48 saat sonrasında kuru ağırlıkta önemli bir azalış tespit edilmiştir. Metal uygulandıktan 6 saat sonra lipid peroksidasyonunun, Ni uygulamasından SOD ve GPX aktivitelerinin etkilenmediği bildirilmiştir. Metal uygulamasından 24 saat sonra CAT aktivitesinin artmaya başladığı gözlenmiştir. Uygulama süresindeki artışa paralel olarak APX ve monodehidroaskorbat redüktaz (MDHAR) aktivitesi artarken, GR ve dehidroaskorbat redüktaz (DHAR) aktivitesinin sabit kaldığı bildirilmiştir.

Landberg ve Greger (2002), 20 gün boyunca Sepetçi söğüdü (*Salix viminalis* L.) bitkisinde duyarlı ve dirençli klonlarına 7 μ mol/L Cd, 3 μ mol/L Cu ve 70 μ mol/L Zn uygulanmıştır. Antioksidatif enzim aktiviteleri, lipid peroksidasyonu, glutatyon ve salisilik asit içeriğini araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, dirençli ve duyarlı klonlar arasında önemli farklar olduğu bildirilmiştir. Enzim aktivitesinin dirençli ve duyarlı klonlarda en çok Cu uygulamasıyla arttığı belirlenmiştir. Duyarlı klonlarda Cd ve Cu içeriğinin kök kısımlarında, dallarda ise Zn içeriğinin daha fazla olduğu gösterilmiştir. Dirençli türlerde ise toprak üstü ve kök kısımlarında birbirine yakın değerlerde olduğu bildirilmiştir. Her iki klonda da metal uygulamaları sonucunda lipid peroksidasyonunun artmıştır.

Ananieva ve diğerleri (2004), dışarıdan yapılan 0.5 mM düzeyindeki salisilik asit (SA) uygulamalarının arpa bitkilerini herbisit (Paraquat, 10 μ mol/L) zararına karşı tolerant hale getirdiğini bulmuşlardır. Araştırmacılar bu çalışmada SA'nin antioksidant enzimlerin sentezini ve aktivitesini arttırarak bitkileri Paraquat zararına karşı koruduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Rai ve diğerleri (2004), *Ocimum tenuiflorum* L. (Fesleğen) bitkisinde yapılan bir araştırmada 72 saat boyunca farklı dozlarda Cr uygulamalarının fotosentetik pigment içeriği, biyokütledeki değişim, lipid peroksidasyonu, antioksidan enzim aktivitesi, nitrat ve protein içeriği üzerine etkisi araştırılmıştır. Uygulanan farklı Cr konsantrasyonlarının biyokütle, fotosentetik pigment ve protein içeriğini önemli ölçüde azalttığı tespit edilmiştir. Artan Cr

dozlarında nitrat içeriğinin arttığı belirlenmiştir. Artan Cr konsantrasyonlarıyla Lipid peroksidasyonu ve antioksidatif enzimlerden CAT ve GPX aktivitesinin birlikte arttığı, APX aktivitesinin ise azaldığı belirtilmiştir. 20 µM Cr uygulamasına kadar SOD aktivitesi artmış sonraki dozlarda ise azaldığı belirtilmiştir. *Ocimum tenuiflorum* bitkisinde 50 ve 100 µM Cr konsantrasyonlarının toksik olduğu bildirilmiştir.

Simonovicova ve diğerleri (2004), arpa bitkisinin köklerinde yaptıkları çalışmada, 6 ve 8 mM Al uygulamalarının APX, POD, NADH-POD aktivitelerinin önemli artışına neden olduğunu gözlemlemişlerdir. Aynı çalışmada, artan Al ile orantılı olarak H₂O₂ üretiminde ve POD aktivitesinde artış gözlemlendiği bildirilmiştir.

Fatima ve Ahmad (2005), beraber yürüttükleri çalışmada, ağır metal kirliliğinin soğan bitkisinin enzim aktivitesine olan etkisini araştırmışlardır. Ağır metal uygulamasıyla antioksidant enzimlerden glutatyon-S-transferaz aktivitesinin önemli düzeyde arttığını buna karşın glutatyon redüktaz, süperoksit dismutaz ve katalaz enzim aktivitelerinde önemli bir artış görülmediğini bildirmişlerdir.

Güneş ve diğerleri (2005), mısır bitkisinde tuzlu koşullarda, SA'nin bazı fizyolojik parametreler üzerindeki etkilerini araştırdıkları bir çalışmada, eksojen SA uygulamasının hem tuzlu hem de tuzlu olmayan koşullarda bitki büyümesini önemli ölçüde artırdığı rapor edilmiştir. Tuz stresinin sonucu olarak; MDA içeriğine göre ölçülen lipid peroksidasyonu ve membran geçirgenliğinin SA uygulaması ile azaldığı belirtilmiştir. Ayrıca artan SA uygulamasının kontrol bitkilerine göre hem tuzlu hem tuzlu olmayan koşullarda, H₂O₂ konsantrasyonunu artırdığı ve buna bağlı olarak SA'nin oksidatif stres durumuna yol açabileceği bildirilmiştir.

Liao ve diğerleri (2005), Cd⁺², Zn⁺² ve asit yağmurunun toksik etkileri fasülye bitkisinin organlarında SOD, peroksidaz (POD) ve lipid peroksidaz (MDA) enzim aktivitelerindeki değişimini araştırmışlardır. Bu üç kirlletici faktörün kombinasyonu bir ya da iki kirlletici kombinasyonundan daha fazla toksik etkiye yol açmıştır. Araştırmacılar bitki organlarında SOD, POD ve MDA içeriklerinin farklı kirlilik düzeylerinde değiştiğini bildirmişlerdir.

Lombardi ve Sebastiani (2005), bakır toksitesinin erik bitkisinde yaptıkları çalışmada, süperoksit dismutas ve katalaz enzim aktivitelerinde artış olduğunu bildirmişlerdir. Bakır

toksitesine karşı erik bitkisinin oldukça toleranslı olduğu tespit edilmiştir. Bakır stresinin zararlarını hafifletmek için katalaz ve süperoksit dismutaz enzimlerinin harekete geçtiği belirlenmiştir.

Türkyılmaz Ünal ve Aktaş (2005), *Phaseolus vulgaris* L. 50, 100 ve 200 ppm salisilik asit konsantrasyonlarının sera ve tarla koşullarında yetiştirilen fidelerinin bitki büyümesi ile bazı fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerini araştırılmışlardır. Serada yetiştirilen bitkilerde K1 a miktarı 50 ve 100 ppm salisilik asit uygulamalarında kontrole sırasıyla %25 ile %29 değerinde artış gözlenmiştir. K1 b miktarının ise, tüm salisilik asit uygulamalarında artmış, en yüksek ise artışın %32 ile 100 ppm salisilik asit uygulamasında olduğu tespit edilmiştir. 100 ppm salisilik asit uygulamasının karotenoid miktarı üzerinde %30 oranında artışa neden olduğu bildirilmiştir. Tarlada yetiştirilen bitkilerde, K1 a, K1 b ve karotenoid miktarları bakımından 50 ppm salisilik asit etkili bir konsantrasyon olduğu tespit edilmiştir.

Correa ve diğerleri (2006), marul, çin lahanası ve yulaf bitkilerinde Cd toksitesinin farklı sürgün uç noktalarında enzim aktivitesi üzerine etkisini araştırmışlardır. Cd stresi altında en hassas değişimin enzim aktivitesinde görüldüğü bildirilmiştir.

Yakıt ve Tuna (2006), Mısır (*Zea mays* L.) bitkisinde tuz stresinin membran geçirgenliği, nispi su içeriği, prolin, klorofil ve karotenoid miktarları ile yaprak ve köklerde makro elementler üzerine kalsiyum, potasyum ve magnezyumunun etkilerini araştırmışlardır. Tuza ilave olarak verilen kalsiyum, magnezyum ve potasyumlu bileşikler membran geçirgenliği ve bağıl su içeriği üzerine iyileştirici etki yaptığını, prolin oranının arttığını, toplam klorofil ve toplam karotenoid miktarlarının tuz uygulamasından olumsuz etkilendiğini tespit etmişlerdir.

Eraslan ve diğerleri (2007), tuz ve bor toksitesinin marul bitkisinin gelişiminde etkilerini araştırmışlardır. Bor toksitesinin SOD, CAT ve APX aktiviteleri ile H₂O₂ düzeyinin arttığı ve tuzun ve borun marul bitkisinin gelişimini engellediği bildirilmiştir.

Morina ve diğerleri (2008), *Verbascum thapsus* L. (Adi sığırkuyruğu) bitkisine 10 gün boyunca 1, 5 ve 10 mM konsantrasyonlarında çinko uygulanmıştır. POD içeriği ve total fenolik bileşiklerin içeriği araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, *Verbascum thapsus*'un yapraklarında farklı çinko konsantrasyonlarına ve uygulama süresindeki artışa paralel olarak

total fenolik bileşik içeriğinin ve çinko birikiminin arttığı bildirilmiştir. Özellikle kök kısımlarında POD aktivitesinde azalış meydana geldiği tespit edilmiştir.

Gratão ve diğerleri (2008), Tütün (*Nicotiana tabacum* L.) bitkisine 72 saat boyunca 0.1 ve 0.2 mM Cd, 0.075 ve 0.75 mM Ni uygulamalarının protein ve metal içeriği, büyüme, lipid peroksidasyonu ve enzimatik antioksidatif sistem üzerine etkisini araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, Cd ve Ni'in benzer olarak büyümeyi yavaşlattığı, MDA düzeyini arttırdığı ve oksidatif strese neden olduğu bildirilmiştir. 24 saat boyunca Cd ve Ni uygulamalarının CAT aktivitesinde önemli bir değişiklik meydana getirmediği tespit edilmiştir. CAT aktivitesini 48 saat sonrasında her iki metalin de benzer düzeyde arttırdığı tespit edilmiştir. Son 24 saatte ise Cd uygulamasının CAT aktivitesinin arttırdığı, Ni uygulamasının ise azalttığı bildirilmiştir.

Kösesakal ve Ünal (2012), domates bitkisinde çinko stresinin tohum çimlenmesi ve fidecik büyümesi üzerine etkilerini ortaya koymak için farklı konsantrasyonlarda Zn çözeltileri kullanılmıştır. En yüksek çinko birikimi 7mM ZnCl₂ eklenen uygulamada ve bitkilerin köklerinde belirlenmiştir. 8 günlük bitkiciklerin kök, hipokotil ve kotiledon dokularında antosiyanin, karotenoid, klorofil, toplam çözünebilir protein içeriği ve peroksidaz enzim aktivitesi belirlenmiştir. Özellikle kök ve hipokotilde toplam çözünür protein içeriği, 1-5 mM uygulamalarında artış göstermiştir, 7 mM'de belirgin şekilde azaldığı bildirilmiştir. Peroksidaz aktivitesinde 1 mM'den yüksek konsantrasyonlar artışa neden olmuştur. Bitkiciklerin kotiledonlardaki klorofil ve karotenoid içerikleri kontrol grubundan 1-5 mM uygulamalarında önemli ölçüde yüksek bulunmuştur. Sonuçta, tohum çimlenme aşamasında domates bitkisinin 3-5 mM arasındaki çinko konsantrasyonuna tolerans gösterebildiği tespit edilmiş ve domates fidecikleri üzerinde daha yüksek çinko düzeylerinin toksik etki yarattığı bildirilmiştir.

Akpınar ve diğerleri (2015), farklı konsantrasyon (50 ve 100 µM) ve sürelerde (1, 3 ve 10 gün) Ni uygulamalarının Sığırkuyruğu (*Verbascum olympicum* Boiss.) fidelerinin kök ve yapraklarında Ni birikimi ile bazı bitki besin elementlerinin (B, Cu, Fe, Mg, Mn, Mo ve Zn) içeriği ve biyokütle, su içeriği ve klorofil içeriğindeki değişimleri araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, Ni konsantrasyonlarına bağlı olarak Ni birikiminin de arttığı, incelenen bitki besin elementlerinin ise azaldığı tespit edilmiştir. Kök kısımlarında Ni birikiminin en yüksek olduğu bildirilmiştir. Ni konsantrasyonları ve uygulama süresindeki

artış ile büyüme parametrelerinin ve azot metabolizması enzimlerinin azaldığı belirtilmiştir. Yine uygulama süresi ve konsantrasyonlarına bağlı olarak lipid peroksidasyonu ve antioksidatif enzim aktivitesinde ise artış gözlemlendiği ortaya konmuştur.

Marichali ve diğerleri (2016), Farklı konsantrasyonlarda (0.1, 1 ve 2 mM) Zn uygulamalarının Çörekotu (*Nigella sativa* L.) bitkisinin çimlenme, klorofil içeriği, kuru ağırlık, total protein içeriği, bitki kısımlarında Zn birikimi, MDA içeriği, total fenolik bileşikler ve lipofilik antioksidanlar (β -karoten) üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, çimlenme üzerine uygulanan Zn konsantrasyonlarının etkilemediği ancak radikal uzamayı azalttığı bildirilmiştir. Artan Zn konsantrasyonlarına bağlı olarak klorofil içeriği, kuru ağırlığın giderek azaldığı ayrıca yapraklarda klorosis tespit edilmiştir. Zn konsantrasyonlarındaki artışa bağlı olarak total protein içeriğinde ve MDA içeriğinde de azalış tespit edilmiştir. Total fenolik bileşiklerin kök kısımlarında arttığı, β -karoten içeriğinin ise azaldığı belirtilmiştir. Bitkide Zn birikiminin en çok yaprak kısımlarında olduğu ve yapraklardaki bu birikimin uygulanan konsantrasyonlardaki artışa paralel olarak arttığı vurgulanmıştır.

Turfan (2016), Yerel ceviz (*Juglans regia* L.) bitkisine tuz (75, 150 ve 225 mM NaCl), ağır metal (2 mg/L FeCl_3 , NiCl_2 ve ZnCl_2), kireç (2 g/L CaCO_3), fabrika baca tozu (2 g/L) ve kurak (%50) stresi uygulamaları altı hafta süresince uygulamıştır. Toplanan yaprak örneklerinde uygulamaların fotosentetik pigment, protein, prolin miktarı, malondialdehit (MDA) ve hidrojen peroksit (H_2O_2) konsantrasyonu, APX, CAT ve SOD aktiviteleri üzerine etkisi araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, kireç ve ağır metal uygulamasında klorofil b, toplam klorofil ve karotenoit miktarı; çinko uygulamasında protein demir, baca tozu ve prolin, tüm stres uygulamalarında H_2O_2 , APX ve SOD değerleri; çinko, nikel ve kireç uygulamalarında CAT değeri yüksek bulunmuştur. Kireç uygulamasında MDA içeriği yüksek, diğer stres faktörlerinde düşük ölçülmüştür.

Feigl ve diğerleri (2016), tarafından yürütülen çalışmada, *Brassica juncea* (L.) Czern. ve *Brassica napus* L. bitkilerine 14 gün boyunca farklı konsantrasyonlarda (50, 150 ve 300 μM) Zn uygulamalarının bitkinin kuru ağırlığı, element içeriği (Fe, Mn, B, Cu, Mo ve Ni), Zn birikim durumu, pigment içeriği, lipid peroksidasyonu ve antioksidatif enzim aktivitesindeki değişimlerini (SOD, APX) araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, kuru ağırlığın uygulanan Zn konsantrasyonlarına bağlı olarak her iki bitki türünde de azaldığı ve

kök kısımlarında Zn birikiminin daha fazla olduğu bildirilmiştir. Zn uygulamalarına bağlı olarak her iki türde de Cu içeriğinin arttığı, Mn içeriğinin ise azaldığı tespit edilmiştir. Dallarda her iki türde de Mo içeriğinin ise arttığı kök kısımlarında ise değişmediği belirtilmiştir. Zn konsantrasyonlarından Ni konsantrasyonlarının ise etkilenmediği tespit edilmiştir. Her iki türün dallarında da Fe içeriğinin azaldığı, *B. juncea* 'nın kök kısımlarında Fe içeriğinin arttığı, *B. napus*'un kök kısımlarında ise Fe içeriğinin değişmediği ifade edilmiştir *Brassica juncea* (L.) Czern. ve *Brassica napus* L. türlerinde pigment içeriğinin, Fe içeriğindeki değişim ile orantılı olduğu belirtilmiştir. Zn konsantrasyonlarındaki artışa paralel olarak her iki türün de kök kısımlarında SOD aktivitesinin uygulanan arttığı, dallardaki SOD aktivitesinin ise 150 µM Zn konsantrasyonunda maksimum düzeye ulaştığı ifade edilmiştir. Hem kök hem de dallarda kontrole göre APX aktivitesinin her iki türde de azaldığı vurgulanmıştır. Lipid peroksidasyonunda her iki türün kök kısımlarında uygulanan tüm Zn konsantrasyonlarında kontrole göre artış gözlemlendiği, dallarda ise sadece 150 µM Zn konsantrasyonunda kontrol değerinin üzerine çıktığı belirtilmiştir. Buna göre, *B. juncea* 'nın diğer türe göre Zn' ya daha toleranslı olduğu ifade edilmiştir.

Ma ve diğerleri (2017), tuz stresinin, stres uygulanmayan bitkilerle karşılaştırıldığında; Kl a, Kl b, toplam Kl ve karotenoid içeriği üzerinde önemli bir azalışa neden olduğunu rapor etmişlerdir. Kl a içeriğinin, %0.3 tuzlulukta %29.5, %0.6 tuzlulukta %72.3 ve %0.9 tuzlulukta %77.1 azaldığı belirtilmiştir. Tuz stresine maruz kalan bitkilerde SA uygulamasının, SA ile işleme tabi tutulmamış bitkilerle karşılaştırıldığında, SA'nın Kl a içeriğindeki azalmayı %0.3, tuzlulukta yaklaşık %16.2 ve %0.6 tuzlulukta %41.3 oranında yavaşlattığını tespit etmişlerdir. Kl b içeriğinin, %0.3 tuzlulukta %20.4, %0.6 tuzlulukta %71.4 ve %0.9 tuzlulukta %77.5 azaldığını bildirmişlerdir. Tuz stresine maruz kalan bitkilerde SA uygulamasının, SA ile işleme tabi tutulmamış bitkilerle karşılaştırıldığında, Kl b içeriğindeki azalmayı %0.3 tuzlulukta yaklaşık %14.7 ve %0.6 tuzlulukta %7.1 yavaşlattığı rapor edilmiştir.

Farhangi-Abriz ve Ghassemi- Golezani (2018), tuz stresine maruz kalmış soya fasülyesi bitkisinde, SA'nın prolin sentezini azaltarak yaprakların klorofil içeriğini arttırdığını rapor etmiştir.

Toksoy Köseoğlu (2019) tarafından, mısır (*Zea mays* L.) bitkisinin ADA 9510 genotipinde, SA'nın tuz stresi altındaki etkileri araştırılmıştır. Tuz stresinin şiddeti artarken, antioksidan

enzim aktivitelerinin arttığı; büyüme parametreleri ve fotosentetik pigment içeriklerinin düştüğü belirtilmiştir. SA uygulamasın ise antioksidan enzim aktivitesini bir miktar azalttığı; büyüme parametrelerini artırdığı, aynı zamanda fotosentetik pigment miktarlarına da olumlu etkilediğini gözlemişlerdir. Tuz stresi 100 mM'lık konsantrasyonda en olumsuz etkiyi gösterirken; SA kombinasyonunda 75 mM'lık tuz konsantrasyonun en iyi sonuçları verdiği rapor edilmiştir.

3. MATERİYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu tez çalışması; Amasya Üniversitesi Suluova Meslek Yüksekokulu Yerleşkesinde bulunan Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümüne ait uygulama alanında 2021-2022 yılı üretim döneminde yürütülmüştür. Materyal olarak; Floramarla adında ticari bir firmadan temin edilen *Galanthus elwesii* Hook türü kullanılmıştır.

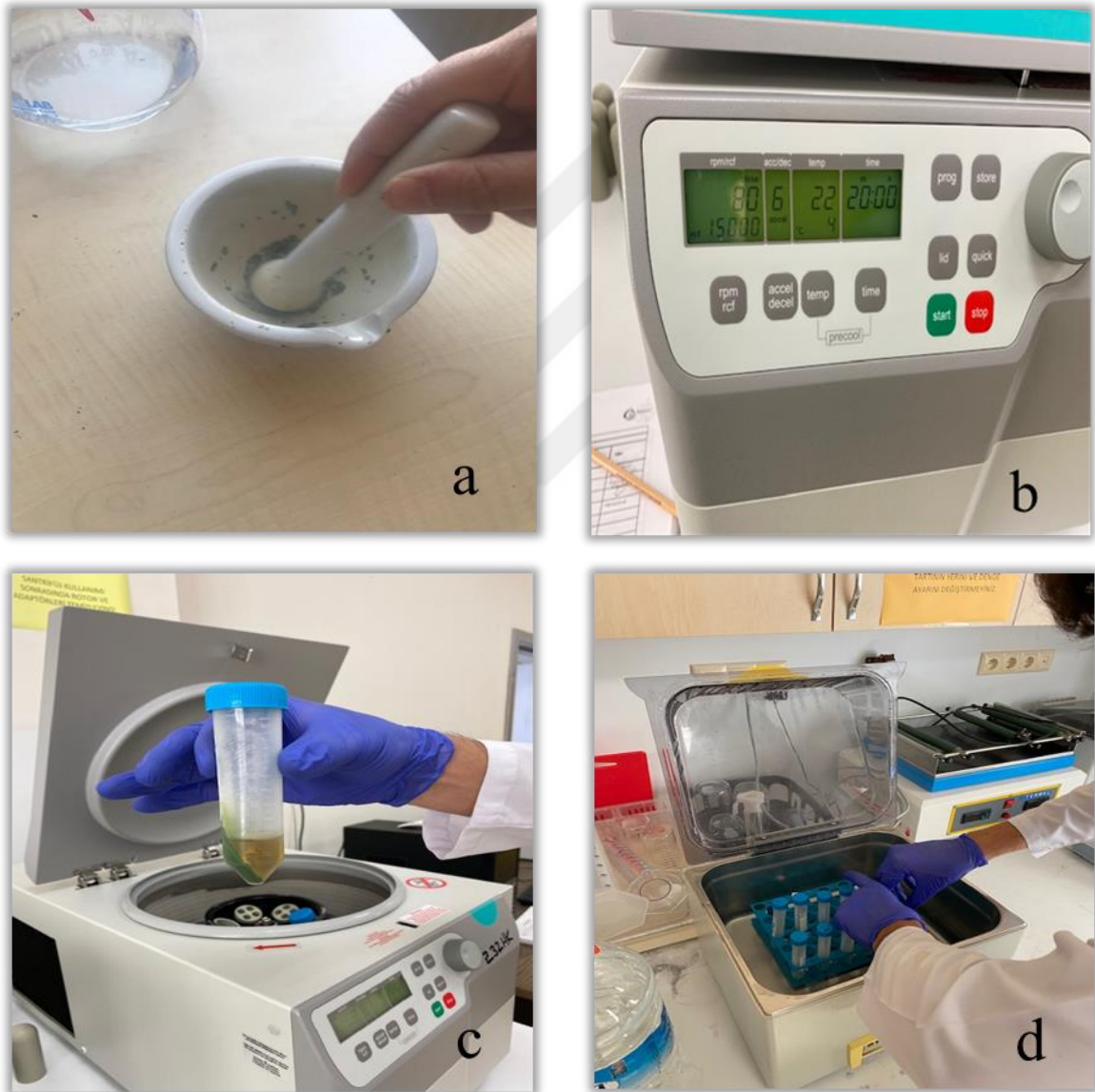
Galanthus elwesii Hook: *Galanthus elwesii* Türkiye'de iki çeşit ile temsil edilmektedir. *G. elwesii* Hook.f. var *elwesii* ve *G. elwesii* var. *monostictus* P. D. Sell'dir. *G. elwesii* var. *monostictus* sahada nadir görülür ve her bir iç periant segmentinde bulunan soliter apikal işaret ile karakterize edilir. *G. elwesii* Hook.f. 55-1700 metre arasında çok farklı habitatlarda yayılış göstermektedir. Bazı *Pinus* ve *Quercus* türleri, orman altı ve açıklıklarında, maki içlerinde, özellikle kayalık arazilerde, subalpin bölgede bulunmaktadır. Çiçeklenme zamanı, Şubat-Mayıs ayları arasındadır. Dünya yayılışı: Bulgaristan, Yunanistan, Ukrayna, Yugoslavya ve Türkiye. Türkiye'de, Kuzeybatı, batı, güneybatı ve güney Anadolu'da geniş bir yayılış göstermektedir. *G. elwesii* ülkemizden soğanı en çok ihraç edilen *Galanthus* türü olması nedeniyle tahrip edilmesi kontrol altına alınmadığı takdirde tehdit altına girebilir (NT) kategorisinde yer almaktadır (Şekil.3.1)



Şekil 3.1. Kardelen (*Galanthus elwesii* Hook) soğanı

3.2. Kullanılan Ekipmanlar

Yapılan çalışmada, Soğutmalı Santrifüj, Spektrofotometre (Shimadzu UV-1800), Su banyosu kullanılan temel ekipmanlardır. Bunların dışında Rotary Evaporator RE300, DENVER- S1234 analitik terazi, IKA- KS 501 shaker çalkalayıcı, sıvı azot tankı, porselen havan, ISOLAB mikropipetler deneyler esnasında kullanılan laboratuvar malzemeleridir (Şekil 3.2)



Şekil 3.2. Analizler sırasında kullanılan ekipmanlar (a, b, c, d)

3.3. Kullanılan Kimyasal Maddeler

Çalışmada kullanılan kimyasal maddeler ve özellikleri Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Deneysel çalışmalarda kullanılan kimyasallar

Madde Adı	Firma adı	Katalog no
Polivinilpirolidon (PVP)	Sigma PVP40	9003-39-8
Potasyum dihidrojen fosfat (KH_2PO_4)	Sigma P5655	7778-77-0
Dipotasyum fosfat (K_2HPO_4)	Sigma P5504	16788-57-1
Etilen diammin tetra asetik asit (EDTA)	Sigma 798681	60-00-4
Coomassie brilliant blue G-250	Merck	1.15444.0025
Etanol	Sigma 32221	64-17-5
Fosforik asit	Merck	1.00573.2500
Hidrojen peroksit (H_2O_2)	Sigma 18304	7722-84-1
L(+) askorbik asit	Sigma A7631	134-03-2
Sülfosalisilik asit	Merck	5965-83-3
Ninhidrin	Merck	485-47-2
Glasiyal asetik asit	Sigma	27225
Orto-Fostorik asit	Merck	1.00573.2500
Toluen	Honeywell	32249
Prolin	Merck	1.07434.0100
Trikloroasetik asit (TCA)	Merck	76-03-9
Tiyobarbütirik asit (TBA)	Sigma	T5500
Aseton	Merck	67-64-1
Magnezyum oksit	KimyaLab	1309-48-4
İnce kum (Kuars kumu)	Merck	107711

3.4. Yöntem

3.4.1. Araştırma denemesi

Deneme tesadüf parselleri faktöriyel deneme deseni beş tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Deneme 20.10.2021 tarihinde kurulmuştur. 22.5 cm derinlik, 25 cm çapında sterilize edilmiş

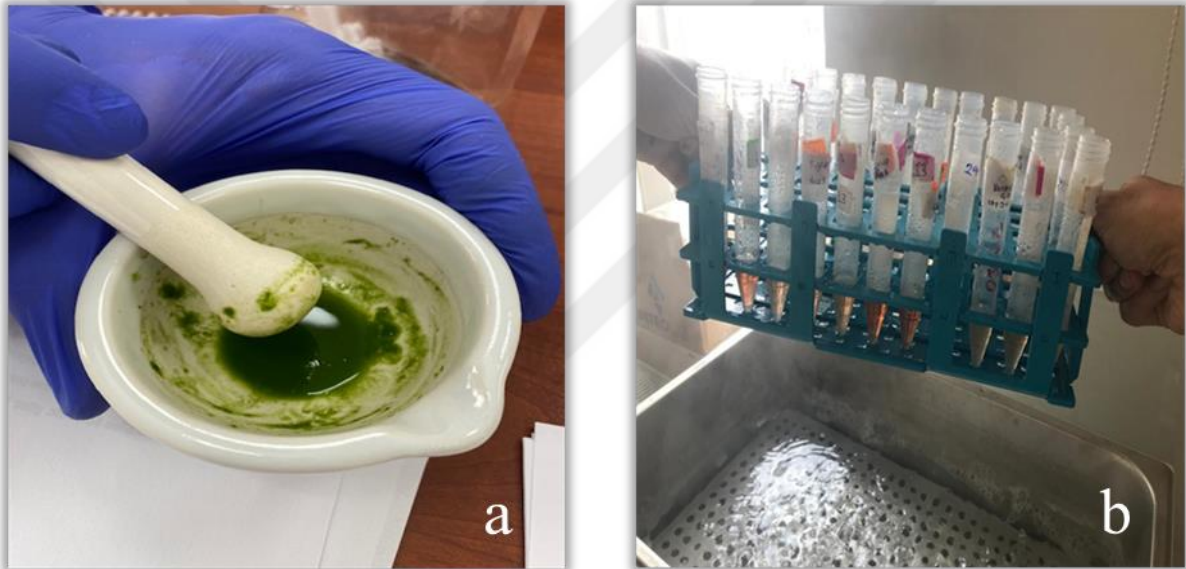
plastik saksılara, 2/3 torf ve 1/3perlit karışımı ile doldurulduktan sonra kardelen soğanları dikilmiştir. Kardelen soğanları her saksıya 3 tane ve soğan büyüklüğüne göre 6-8 cm derinliğe dikilmiştir. Yapılan gözlemlerde 01.12.2021 tarihinde bütün saksılardan bitki çıkışlarının gerçekleştiği gözlenmiştir (Şekil 3.3). Çinko dozları (0, 40, 80 ve 120 mM) ve salisilik asit dozları (0, 0.5, 1 ve 2 mM) çiçeklenme dönemi başlangıcında yaprakтан spreyleme ile tüm bitkilere 21.01.2022 tarihinde uygulanmıştır. Bitkilerden 20.03.2022 tarihinde yaş yaprak hasatı yapılmıştır. Enzim aktivitesi için bitki örneklerinin taze yaprak olmak zorunda olması nedeniyle hasat edilen numuneler naylon poşetlerde etiketlenerek analizleri yapılınca kadar -20 C’de muhafaza edilmiştir.



Şekil 3. 3. Saksılara torf/perlit karışımının doldurulması (a), kardelen soğanlarının saksılara dikimi (b), bitkide çıkışları (c), çiçeklenme dönemi kardelen bitkileri (d)

3.4.2. Enzim Aktivitesi Ölçümü için Homojenat Hazırlama

Homojenat hazırlanmasında gelişimini tamamlamış en genç yaprak örneklerinden 1 g taze olarak alınıp sıvı azotta öğütüldükten sonra 5 mL %1 (w/v) PVP içeren 100 mM KH_2PO_4 /0.5 mM Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA) pH (7.7) tamponunda homojenize edilmiştir. Soğutmalı santrifüjde 15.000xg'de 20 dakika boyunca 4°C'de santrifüj edilip süpernatant çökelekten ayrılmıştır (Şekil 3.4). Elde edilen süpernatant kullanılıncaya kadar -20°C'de muhafaza edilmiştir.

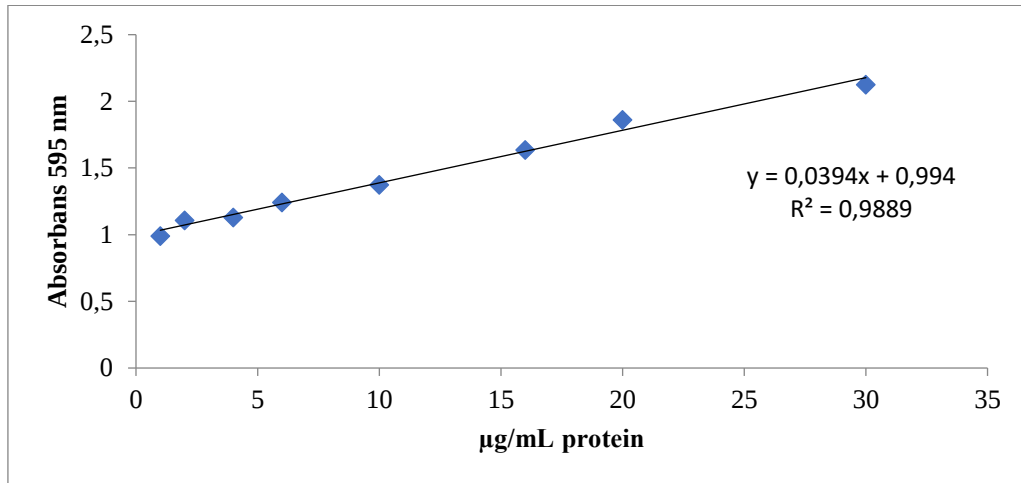


Şekil 3.4. Kardelen bitkisinden homojenat hazırlanması (a,b)

3.4.3. Bradford Yöntemi ile Protein Tayini

96 µl saf su, 900 µL Coomassie brilliant blue G-250 çözeltisi ve homojenat sonucunda elde edilen süpernatant numunelerinden 4 µL küvete konularak 595 nm'de absorbans değerleri köre karşı okundu. Her bir numuneden elde edilen değerlere göre standart grafikten yararlanılarak protein miktarları belirlendi. Bu yöntem ile protein tayini edebilmek için standart bir grafiğe ihtiyaç vardır. Bu amaçla 1 mL'sinde 1 mg protein ihtiva eden sıgır serum albümin (BSA) çözeltisinden tüplere 1, 2, 4, 6 ve 10 µL konuldu. Saf su ile bütün tüplerin hacmi 0.1 ml'ye tamamlandı ve 0.9 ml Coomassie brilliant blue G-250 çözeltisi ilave edilip vorteks ile karıştırıldı. 10 dakika inkübe edildikten sonra 595 nm'de 1 mL'lik

küvetlerde köre karşı absorbands değerleri okundu. Elde edilen sonuçlardan absorbands değerlerine karşılık gelen μg protein değerleri standart grafik haline getirildi (Bradford, 1976). Bir numunedeki protein konsantrasyonunu belirlemek için elde ettiğiniz grafikteki ' $y = 0.0394x + 0.994$ ' denklemi kullanılmıştır ($R^2 = 0.9889$). Protein konsantrasyonunu (x) $\mu\text{g/mL}$ olarak belirlemek için her numune için elde edilen ortalama absorbandsı (y değeri) denkleme girilmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Protein standart grafiği

3.4.4. Askorbat Peroksidaz (EC 1.11.1.11, APX) Enzim Aktivitesi Ölçümü

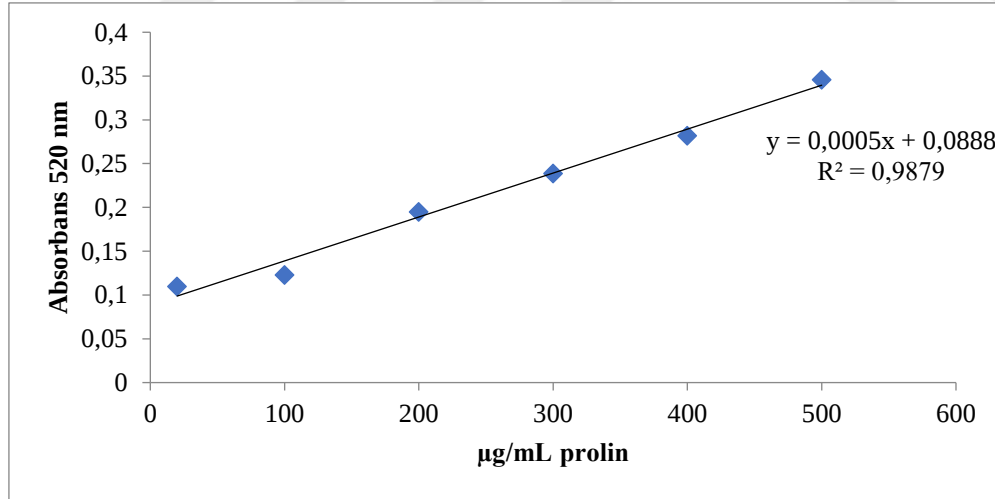
APX aktivitesi Genesys 10S UV-VIS spektrofotometrede 290 nm'de askorbat oksidasyon oranı ölçülerek saptanmıştır. APX aktivitesi, askorbat ($\epsilon = 2.8 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) oksitlenmesinin 290 nm'de absorbandaki düşüşü 3 dakika boyunca izlenerek ölçüldü. Reaksiyon karışımı (1 ml), 40 mM KH_2PO_4 tamponu (pH 6.0), 1 mM EDTA, 20 mM H_2O_2 , 2,5 mM L (+) askorbik asit (ASA) ve enzim ekstraktından oluşmaktadır. (Uarrota, V. ve diğerleri, 2016; Çakmak ve Marschner 1992). APX aktivitesi genellikle askorbik asidin azalma hızı ile değerlendirilir.

3.4.5. Katalaz (EC 1.11.1.6, CAT) Enzim Aktivitesi Ölçümü

Enzimatik aktivite tayini Shimadzu UV-1800 spektrofotometrede, hidrojen peroksidin (H_2O_2) enzim ile etkileşmesi sonucu 240 nm'deki absorbands değerinin ($\epsilon = 0.0436 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) zamanla azalmasına bağlı olarak gerçekleştirilmiştir (Aebi, 1984).

3.4.6. Prolin miktarının belirlenmesi

Yaprak dokularındaki prolin miktarı Bates ve ark. (1973)'lerinin metoduna göre belirlenmiştir. Bu yöntem ile protein tayini edebilmek için standart bir grafiğe ihtiyaç vardır. Bu amaçla 1 ml'sinde 100 µg prolin içeren stok çözeltiden tüplere 20, 40, 60, 80, 100, 200, 300, 400, 500 ve 600 µl alınarak her tüpün üzeri saf su ile 2 ml'ye tamamlanmıştır. Daha sonra tüplere 2 ml %96'lık glasiyal asetik asit ve 2 ml asit-ninhidrin çözeltisi ilave edilmiştir. Sonrasında standart çözeltiler 100°C'ye ayarlı su banyosunda 1 saat inkübe edilmiştir. Bir saat sonra buz içerisinde 10 dakika tutularak her tüpe 4 ml soğuk tolüen ilave edilmiş, bir vorteksle 20-30 sn karıştırılmıştır. Daha sonra her tüpte üstte kalan faz otomatik pipetle alınarak 520 nm'de absorbansları ölçülmüştür. Kör numune için tolüen kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlardan absorbans değerlerine karşılık gelen prolin değerleri standart grafik haline getirilmiştir. Bir numunedeki prolin konsantrasyonunu belirlemek için elde ettiğiniz grafikteki ' $y = 0.0005x + 0.0888$ ' denklemi kullanılmıştır ($R^2 = 0.9879$). Prolin konsantrasyonunu (x) µg/mL olarak belirlemek için her numune için elde edilen ortalama absorbansı (y değeri) denkleme girilmiştir (Şekil.3.6).



Şekil 3.6. Prolin standart grafiği

3.4.7. Malondialdehit (MDA) belirlenmesi

Lipid peroksidasyonunun son ürünü olan Malondialdehid (MDA) düzeyleridir. Lipit peroksidasyonunu belirlemek için Heath ve Packer (1968) tarafından açıklanan prosedür izlenerek örneklerde MDA düzeyi belirlenmiştir. Bunun için 0.2 g taze bitki örneği 2 mL %0.1 trikloroasetik asit (TCA) çözeltisi ile homojenize edildikten sonra 15 dakika boyunca

10000xg'de santrifüj edilmiştir. Süpernantant kısmından 0.4 mL alınarak temiz tüplere aktarılmış ve üzerine 1.6 mL %20'lik TCA içinde çözünmüş %0.5 tiyobarbitirik asit (TBA) ilave edilmiştir. Sıcaklığı 95°C'ye ayarlanmış su banyosunda 30 dakika bekletilen örnekler hızlıca soğutulduktan sonra 15 dakika boyunca 10000 xg'de santrifüj edilmiştir. Süpernatant alınmış ve %20'lik TCA içinde çözünmüş %0.5 TBA'dan oluşan bir kör ile spektrofotometrede 532 ve 600 nm dalga boylarında absorbans değerleri okunmuştur. Örneklerdeki MDA miktarı nmol g TA⁻¹ ya da µmol/g olarak belirlenmiştir.

$$\text{MDA (nmol g TA}^{-1}\text{)} = [(A_{532}-A_{600}) / 155000]]10^6, (\text{A: Absorbans, TA: Taze ağırlık})$$

3.4.8. Bitkinin taze yaprağında klorofil ve karotenoid konsantrasyonunun belirlenmesi

Klorofil-a, klorofil-b, toplam klorofil ve karotenoid konsantrasyonunu belirlemek amacıyla taze yaprak örnekleri ile çalışılmıştır. Bu örneklerde klorofil ve karotenoid analizi aşağıdaki yöntemle yapılmış ve hesaplanmıştır: 0.2 g taze yaprak örneği hassas bir terazide tartılıp, porselen bir havana alındı. Üzerine 0.1 g magnezyum oksit ve 0.25 g ince kum ilave edildi. Daha sonra karışım, doğrudan güneş ışığı gelmeyen loş bir yerde, soğuk ortam eşliğinde %80'lik (v/v) aseton içerisinde homojenize edilip, filtre edildikten sonra ekstrakt aseton ile 25 ml'ye tamamlandı. Örnekler daha sonra 15 dakika boyunca 10000xg'de santrifüj edilmiştir. Hazırlanmış örneklerin süpernatantı UV-Visible spektrofotometre cihazında 645, 663 ve 480 nanometre dalga boylarında absorbansları ölçüldü. Taze yapraklarda klorofila, klorofil-b, toplam klorofil ve karotenoid miktarları aşağıdaki formüllerde belirtildiği üzere hesaplandı ve analiz sonuçları bitkide mg/g taze madde (TM) olarak ifade edildi. (Arnon, 1949; Witham vd, 1971).

$$\text{Klorofil-a, mg / g TM} = [(12.70 \cdot A_{663}) - (2.69 \cdot A_{645})] \cdot V / (1000 \cdot w)$$

$$\text{Klorofil-b, mg / g TM} = [(22.90 \cdot A_{645}) - (4.68 \cdot A_{663})] \cdot V / (1000 \cdot w)$$

$$\text{Toplam klorofil, mg / g TM} = [(20.2 \cdot A_{645}) + (8.02 \cdot A_{663})] \cdot V / (1000 \cdot w)$$

$$\text{Klorofil (a / b)} = [\text{klorofil-a} / \text{klorofil-b}] \text{ oranı}$$

Karotenoid, mg / g TM = $(A_{480} \cdot V) / (250 \cdot w)$

Burada; A_{663} = 663 nm'deki absorbans okuma değeri,

A_{645} = 645 nm'deki absorbans okuma değeri

A_{480} = 480 nm'deki absorbans okuma değeri,

V= son hacim, ml,

w = örnek miktarı, g TM

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu tez çalışmasından elde edilen sonuçlar, çinko stresi altında *Galanthus elwesii*'de yaprak salisilik asit uygulamasının antioksidan enzim aktivitesi, prolin, klorofil ve karotenoid içeriği üzerine olan etkisine göre her özellik için ayrı başlıklar altında tartışılmıştır.

4.1. Antioksidan Enzim Aktivitesi

4.1.1. Askorbat Peroksidaz (APX) Enzim Aktivitesi

Stres altındaki bitkide artan düzeylerde sentezlenen serbest radikaller hücrelere zarar vermekte, özellikle yavaşlama sürecine giren fotosentezin etkinliği daha da sınırlanmaktadır (Karanlık., 2001). Sentezlenen serbest oksijen radikalleri, protein membran lipitleri ve nükleik asitler ile klorofil gibi hücre komponentlerini de bozmaktadır (Fridovich, 1986; Davies, 1987). Stres altındaki canlıların genelinde olduğu gibi bitkilerde de stres karşısında serbest oksijen radikallerini zararsız bileşiklere dönüştüren antioksidant miktarları ve antioksidant enzim aktiviteleri yüksek olduğunda, o bitkiler oksidatif zararlanmaya karşı daha dayanıklı olmaktadır. Süperoksit dismutaz (SOD), askorbat peroksidaz (APX), glutatyon redüktaz (GR), katalaz (CAT) gibi enzimler serbest oksijen radikallerinin yok edilmesinde en etkin antioksidatif enzimler olarak bilinmektedirler (Çakmak ve Marschner, 1992; Cakmak, 1994; Gossett ve diğerleri, 1994).

Askorbat peroksidazlar sitozolde, peroksizomlarda ve kloroplastların tilakoid zarlarında bulunurlar ve fotosentez sırasında oluşan H_2O_2 'nin uzaklaştırılmasında katalaza yardımcı olurlar. APX, askorbatı elektron vericisi olarak kullanarak H_2O_2 'i suya indirger. Glutatyon (GSH), askorbat (Asc), tokoferol gibi çeşitli redoks elemanlarını ve SOD, APX, CAT, GPX gibi enzimleri kapsayan reaktif oksijen uzaklaştıran sistem bitki yaşamı için zorunludur. Bu sistem, uygun olmayan koşullarda büyüyen bitkilerin yaşamlarını devam ettirmeleri için çok önemli bir sistemdir (Demiral, 2003). Bitkilerde ROT'den süperoksit (O_2^-), fotosentezin karanlık reaksiyonlarının çevresel faktörler tarafından engellenmesi ya da bozulması sonucunda üretilir ve yüksek ışık enerjisi kloplastta ferrodoksinde $NADP^+$ 'ın redüksiyonu için kullanılamaz (Shim ve diğerleri, 2003). Peroksidaz aktivitesindeki artış, çeşitli oksidatif

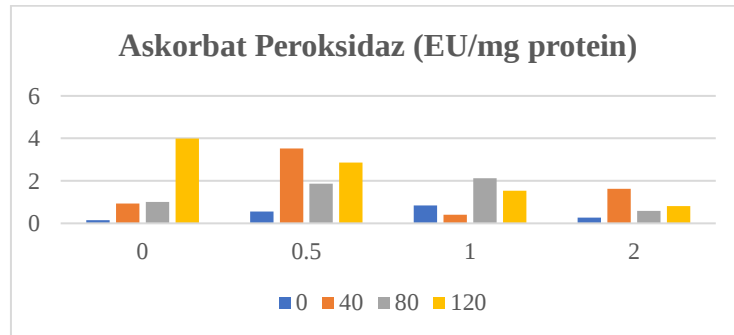
stres faktörlerinde bitkinin verdiği önemli bir cevaptır (Çakmak ve Horst, 1991). Mn, Cu, Zn, Mo ve Ni gibi ağır metaller yüksek yapılı bitkiler için gerekli ve faydalı mikro besinlerdir. Birçok enzim sisteminde nükleik asit sentezinde, protein metabolizmasında, biyolojik membranların yapısında, patojenlere karşı dayanım metabolizmasında, klorofil ve karbonhidrat üretiminde ve oksin hormonunun-metabolizmasında (IAA sentezi) kullanılması sebepleri ile çinko elementinin bitkiler için önemi büyüktür (Dülgerbaki, 2010; Gök, 2007).

Çizelge 4.1. Kardelen bitkisine uygulanan farklı dozlardaki çinko ve salisilik asitin askorbat peroksidaz enzim aktivitesi üzerine etkisi

Çinko (mM)	Askorbat Peroksidaz (EU/mg protein)			
	Salisilik asit (mM)			
	0	0.5	1	2
0	0.156 ± 0.62 ⁿ	0.556 ± 0.50 ^k	0.849 ± 0.38 ^h	0.270 ± 0.40 ^m
40	0.928 ± 0.60 ^g	3.52 ± 0.18 ^b	0.40 ± 0.80 ^l	1.62 ± 0.42 ^f
80	1.01 ± 0.36 ^g	1.87 ± 0.40 ^e	2.13 ± 0.91 ^d	0.59 ± 0.25 ^k
120	3.99 ± 0.58^a	2.86 ± 0.48 ^c	1.54 ± 0.60 ^f	0.81 ± 0.70 ^h

*Aynı harf ile gösterilen ortamlar arasında istatistiki olarak önemli fark yoktur.

Çizelge 4.1 incelendiğinde, çinko ve salisilik asit uygulamalarında askorbat peroksidaz enzim aktivitesinde kontrol ortamına göre önemli artışlar sağlamıştır. Askorbat peroksidaz enzim aktivitesi, kontrol grubunda (Zn0-Sa0) 0.156 EU/mg protein iken, 120 mM çinko-0 mM salisik asit uygulanan parselde 3.99 EU/mg protein olarak 25.5 kat arttığı tespit edilmiştir. Kardelen bitkisinde araştırmada kullanılan tüm çinko dozlarının kontrole göre askorbat peroksidaz enzim aktivitesini arttırdığı belirlenmiştir (Şekil 4.1).



Şekil. 4.1. Çinko ve salisilik asit uygulanan kardelerde askorbat peroksidaz aktivitesi (EU/mg protein)

Literatürde kardelen bitkisinde antioksidan enzim aktivitesi ile ilgili çalışmaya rastlanılmamıştır. Diğer bitki türlerinde yapılan literatür taramasına göre, Lopez ve diğerleri, (1996) domateste Shalata ve Tal (1998) domateste, Sreenivasulu ve diğerleri, (2000) *Setaria sp.*'de, Karanlık (2001) buğdayda, Yaşar (2003) patlıcanda, Yasar ve diğerleri, (2006) kavunda yaptıkları çalışmalarda tuz uygulamalarının ardından tuza dayanıklı çeşitlerde APX enzim aktivitesinin, duyarlı çeşitlerden çok daha yüksek olduğunu bildirmektedirler. Hernandez ve ark. (1995), bezelyede tuz stresinin APX enzimi aktivitesini tolerant çeşitte artırdığını, duyarlı çeşitte ise bir değişiklik yaratmadığını bildirmektedir. Karpuz da yapılan 100 mM'lık tuz uygulamasının alınan yaprak örneklerinde APX enzim aktivitesinde tuza-duyarlı *C. Sweet* çeşidi hariç diğer üç çeşitte artış belirlenmiştir. En fazla artış tuza toleranslı olan Diyarbakır genotipinde belirlenmiş, diğer toleranslı genotip olan Midyat, SOD, CAT ve GR enzim aktivitelerinde en yüksek değerde olurken APX enzim aktivitesi bakımından ikinci sırada yer almıştır. Baccouch ve diğerleri (1998), Mısır (*Zea mays*) L. bitkisinin köklerinde 5 gün boyunca uygulanan 250 μ M nikelin meydana getirdiği oksidatif zararı araştırdığı çalışmada, APX enzimi aktivitesinin uygulama süresindeki artışa paralel olarak arttığı belirtilmiştir. Eraslan ve diğerleri. (2007), marul bitkisinin gelişiminde tuz ve bor toksitesinin etkilerini araştırdıkları çalışmada APX enzim aktivitesinin arttığını belirlemişlerdir. Turfan (2016), Yerel ceviz (*Juglans regia* L.) genotipinin farklı abiyotik stres faktörlerine karşı tepkisini araştırdığı çalışmada, ağır metal (2 mg/L FeCl₃, NiCl₂ ve ZnCl₂) stresi uygulamalarında, APX enzim aktivitesinin yüksek bildirmiştir. Literatür ile kıyaslandığında, ağır metal uygulamalarının APX enzim aktivitesini yükseltmesi yönünden yürütülen çalışma ile uyumlu olduğu gözlenmiştir.

4.1.2. Katalaz (CAT) Enzim Aktivitesi

Bitkiler tarafından çeşitli şekillerde alınan metaller çoğunlukla kök ve gövdede biriktirmekle beraber, bitkiler bu metalleri kendileri için toksik olmayan formlara çevirerek depolamakta veya kullanmaktadır. Bitkilerin ağır metal toksisitesine karşı tolerans durumu, bitki türüne, element türüne, strese maruz kalma süresine ve strese maruz kalan doku veya organın yapısına bağlı olarak değişmektedir. Yüksek miktarlarda ağır metal alındığı zaman bitkide oksidatif strese neden olur. Oksidatif stres etkisi reaktif oksijen radikallerinden kaynaklanır. Reaktif oksijen radikallerinden süper oksit anyonunun hidrojen peroksit'e dönüşümü süperoksit dismutaz (SOD) enzimi sayesinde gerçekleşir. Hidrojen peroksit'in suya

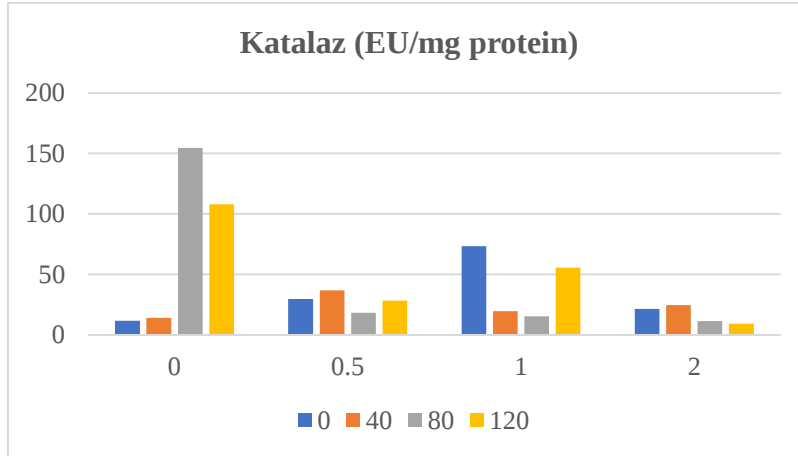
dönüşümü katalaz ve askorbat peroksidaz (APX) enzimleri sayesinde gerçekleşir ve birikimine engel olurlar. Antioksidatif enzimler sayesinde bitki hücreleri reaktif oksijen türlerinin zararlı etkilerinden korunabilirler (Lackhdar ve diğerleri, 2010).

Çizelge 4.2. Kardelen bitkisine uygulanan farklı dozlardaki çinko ve salisilik asitin katalaz enzim aktivitesi üzerine etkisi.

Çinko (mM)	Katalaz (EU/mg protein)			
	Salisilik asit (mM)			
	0	0.5	1	2
0	11.76 ± 0.15 ^m	29.86 ± 1.30 ^f	73.41 ± 2.70 ^c	21.48 ± 1.65 ^h
40	14.12 ± 1.45 ^l	36.79 ± 1.42 ^e	19.61 ± 0.80 ^h	24.77 ± 0.74 ^g
80	154.64 ± 4.10^a	18.27 ± 0.72 ^k	15.54 ± 0.90 ^l	11.53 ± 1.50 ^m
120	107.99 ± 3.72 ^b	28.36 ± 0.44 ^f	55.77 ± 0.75 ^d	9.50 ± 0.56 ⁿ

*Aynı harf ile gösterilen ortamlar arasında istatistiki olarak önemli fark yoktur.

Çinko ve salisilik asit uygulamalarında katalaz enzim aktivitesi kontrol ortamına göre önemli görülebilecek artışlar sağlamıştır. Çizelge 4.2 incelendiğinde, katalaz enzim aktivitesi, kontrol grubunda (Zn0-Sa0) 11.76 EU/mg protein iken, 80 mM çinko-0 mM salisilik asit uygulanan parselde 154.64 EU/mg protein olarak 13.1 kat arttığı tespit edilmiştir. Ancak, çinko, bitki metabolizmasında önemli rol oynasada, topraklardaki aşırı derecede birikmesi (toksisite), büyümeyi sınırlayan faktörlerden biri haline gelmesine yol açmaktadır. Çinko fazlalığı bitkilerin, enzim aktivitesi ve protein sentezi gibi biyokimyasal olaylarını etkileyerek, bitki büyümesi ve biyokütle üretimini sınırlamaktadır (Mirshekale ve ark, 2012). Şekil 4.2. incelenmesinden de anlaşılacağı üzere en yüksek dozlarda (120 mM çinko-2 mM salisilik asit) uygulanan çinko ve salisilik asitin katalaz enzim aktivitesini kontrol grubuna göre %19 oranında düşürdüğü tespit edilmiştir.



Şekil.4.2. Çinko ve salisilik asit uygulanan kardelerde Katalaz (CAT) Enzim Aktivitesi (EU/mg protein)

Kardelerde yapılmış antioksidan enzim aktivitesi ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. *Hordeum vulgare* bitkisinde yürütülen bir denemede Cd toksisitesinin enzim aktivitesinde artışa neden olduğu ancak gelişme ortamına Fe ilave edilmesi ile katalaz enzim aktivitesinin azaldığı belirlenmiştir (Sharma ve ark. 2004). Fatima ve Ahmad (2005), soğan bitkisinde ağır metal kirliliğinin çeşitli enzim aktivitesine etkisini araştırdıkları çalışmada, ağır metal uygulamasıyla katalaz enzim aktivitelerinde önemli bir artış görülmediğini bildirmişlerdir. Lombardi ve Sebastiani (2005), erik bitkisinde bakır toksitesinden kaynaklanan stres koşullarında, katalaz ve süperoksit dismutas enzim aktivitelerinde artış olduğunu gözlemişlerdir. Yapılan çalışmalarda ağır metal uygulaması sonrasında elde edilen katalaz enzim aktivitesinin sonuçlarında farklılık görülmektedir. Buda bitkilerin ağır metal toksisitesine karşı tolerans durumunun, bitki türüne, element türüne, strese maruz kalma süresine ve strese maruz kalan doku veya organın yapısına bağlı olmasından kaynaklanmaktadır.

4.2. Prolin Miktarı

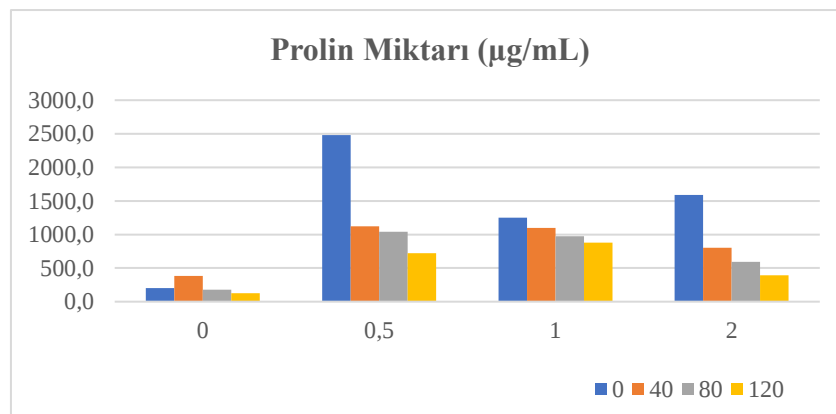
Prolin, bir aminoasittir. Prolin birikimi reaktif oksijen türevlerinin hücre zarına zarar vermesinden oluşan osmotik dengesizliği önlemekte olduğu bildirilmiştir. Bitkideki prolin birikimi zararın göstergesi olarak da değerlendirilebilir. Stres koşullarında bitkilerde miktarı en fazla değişen bileşikler prolin ve toplam çözünür proteinlerdir (Parida ve diğerleri, 2002; Sharma ve Dietz, 2006; Vallidovan ve Nguyen, 2006; Heidari ve Moaveni, 2009; John-De Britto ve diğerleri, 2011).

Çizelge 4. 3. Kardelen bitkisine uygulanan farklı dozlardaki çinko ve salisilik asitin prolin miktarı üzerine etkisi.

Çinko (mM)	Prolin Miktarı (µg/mL)			
	Salisilik asit (mM)			
	0	0.5	1	2
0	200.3 ± 0.11 ^m	2480.4 ± 0.78 ^a	1250.7 ± 2.44 ^c	1587.1 ± 0.56 ^b
40	381.2 ± 0.30 ^l	1120.4 ± 0.45 ^d	1100 ± 0.28 ^d	803.6 ± 0.15 ^h
80	176.5 ± 0.44 ⁿ	1042.6 ± 0.34 ^e	975.8 ± 2.35 ^f	592.7 ± 1.87 ^k
120	126.2 ± 0.42 ^j	720.2 ± 0.28 ⁱ	880.5 ± 0.63 ^g	394.3 ± 0.70 ^l

*Aynı harf ile gösterilen ortamlar arasında istatistiki olarak önemli fark yoktur.

Çinko ve salisilik asit uygulamalarıyla prolin miktarında kontrol ortamına göre önemli artışlar sağlanmıştır. Çizelge 4.3 incelendiğinde, prolin miktarı, kontrol grubunda (Zn0-Sa0) 200.3 ± 0.11 µg/mL iken, 0 (kontrol) çinko-0.5 mM salisilik asit uygulanan parselde 2480.4 µg/mL olarak 12.4 kat arttığı tespit edilmiştir. Salisilik asit uygulanan ortamda yetişen galanthus yapraklarının prolin düzeyinin kontrole göre önemli değişmiş olması, çinko stresi altındaki bitkilerde hücre hasarının oluşmadığını veya en az seviyeye indiğini göstermektedir. Prolin açısından diğer uygulamalarda da anlamlı derecede farklılıklar meydana gelmiştir (Şekil 4.3)



Şekil. 4.3. Çinko ve salisilik asit uygulanan kardelerde prolin miktarı (µg/mL)

Dünya çapında yürütülen araştırmalarla, ağır metallerin, ekzojen uygulaması nedeniyle bitkilerin ağır metallerle karşı toleransında bir artışı doğrulanmıştır. Bu çalışmalar özellikle Cd (Mostofa ve diğerleri, 2019; Tajti ve diğerleri, 2019), Pb (Alamri ve diğerleri, 2018) ve

As (Kumari ve diğerleri, 2018) üzerinde yoğunlaşmıştır. Bununla birlikte, bu çalışmaların çoğu, salisilik asidin bir besin çözeltisi ile kök içine uygulandığı hidroponik koşullar altında gerçekleştirilmiştir. Oysa çiftçiler tarımsal uygulamalarda genellikle yaprak spreyleri kullanır. Yapılan literatür taramasında *Galanthus* türlerinde zaten sınırlı olan kültür çalışmalarında, salisilik asit ya da başka bir bitki büyüme düzenleyicisinin yaprak uygulamalarının prolin miktarı üzerine bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Yakıt ve Tuna (2006), tuz stresi altındaki mısır bitkisinde (*Zea mays* L.) prolin miktarı üzerine kalsiyum (Ca), potasyum (K) ve magnezyumun (Mg) etkilerini araştırmışlardır. Mısır bitkisine kalsiyum, magnezyum ve potasyumlu bileşikler, prolin oranının tuz uygulamasıyla beraber arttığını, tespit etmişlerdir. Ancak besin çözeltisine ilave edilen kalsiyum, magnezyum ve potasyumlu bileşiklerin tuzun olumsuz etkisini kısmen hafiflettiğini, buna karşılık kontrol ve tuz grubuna göre iyileştirici etki yaptığını bildirmişlerdir. Turfan (2016), *Juglans regia* L. abiyotik stres faktörlerine karşı prolin miktarının değişimini araştırdığı bir çalışmada, prolin miktarı tüm stres uygulamalarında yüksek bulunmuştur. Literatür ile kıyaslandığında, dışarıdan uygulanan stres faktörlerinin prolin miktarını artırması yönünden yürütülen çalışma ile uyum göstermektedir.

4.3. Lipit Peroksidasyon

Lipid peroksidasyonu organizmada oluşan serbest radikallerin özellikle $\bullet\text{OH}$ 'in, membran yapısında bulunan çoklu doymamış yağ asitlerindeki (PUFA) konjuge çift bağlardan bir H atomu çıkarmasıyla başlar. Bunun sonucunda yağ asidi zinciri bir lipid radikali ($\text{L}\bullet$) niteliği kazanır. Molekül içi bir düzenlenme ile daha kararlı olan konjuge dienler oluşur. Aerobik şartlarda, konjuge dienin moleküler oksijenle birleşmesi sonucu lipid peroksil radikalleri ($\text{LOO}\bullet$) oluşur. $\text{LOO}\bullet$ oluşumu önemlidir, çünkü membran yapısındaki diğer çoklu doymamış yağ asitlerini etkileyerek, yeni lipid radikallerinin ($\text{L}\bullet$) oluşumuna yol açar. Kendisi de açığa çıkan hidrojen atomlarını alarak lipid peroksitlere (LOOH) dönüşür. Ayrıca membran proteinlerine de saldırabilir. Böylece reaksiyon otokatalitik olarak devam eder. Bu lipid peroksidasyonunun ilerleme aşamasıdır (Halliwell ve Gutteridge, 1990). Lipid peroksidasyonu lipid peroksidlerinin aldehit ve diğer karbonil bileşiklerine yıkılması ile sona erer. Yıkıldıklarında, çoğu biyolojik olarak aktif olan aldehitler oluşur. Bu bileşikler ya hücre düzeyinde metabolize edilir veya ilk atak bölgesinden hücreye difüze olup hücrenin diğer bölümlerine hasarı yayarlar. Üç veya daha fazla çift bağ içeren yağ asitlerinin peroksidasyonu sonucu; lipid peroksidasyon seviyesinin indikatörü olarak kabul edilen

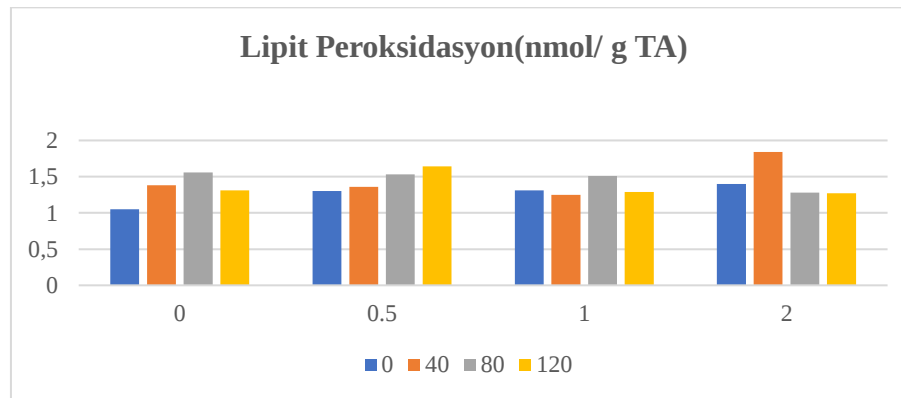
malondialdehit (MDA) oluşur. Lipid peroksidasyonu, membran yapısına direk ve oluşturduğu reaktif aldehyitlerle diğer hücre bileşenlerine indirek olarak zarar veren geri dönüşümsüz bir olaydır (Onat ve diğerleri, 2002). Hücre membranındaki ve intrasellüler membranlardaki lipid peroksidasyonu serbest radikallerin hepsiyle uyarılabilir ve redoks katalisti olarak görev yapan geçiş metallerinin varlığında artar.

Çizelge 4.4. Kardelen bitkisine uygulanan farklı dozlardaki çinko ve salisilik asitin lipid peroksidasyon aktivitesi üzerine etkisi

Çinko (mM)	Lipit Peroksidasyon (nmol/ g TA)			
	Salisilik asit (mM)			
	0	0.5	1	2
0	1.05 ± 0.10 ^h	1.30 ± 0.140 ^f	1.31 ± 0.18 ^f	1.40 ± 0.20 ^e
40	1.38 ± 0.10 ^e	1.36 ± 0.13 ^e	1.25 ± 0.25 ^g	1.84 ± 0.28^a
80	1.56 ± 0.26 ^c	1.53 ± 0.38 ^c	1.51 ± 0.17 ^d	1.28 ± 0.35 ^f
120	1.31 ± 0.27 ^f	1.64 ± 0.30 ^b	1.29 ± 0.42 ^f	1.27 ± 0.18 ^g

*Aynı harf ile gösterilen ortamlar arasında istatistiki olarak önemli fark yoktur.

Çinko ve salisilik asit uygulamalarında lipid peroksidasyon miktarında kontrol ortamına göre önemli görülebilecek artışlar sağlamıştır. Çizelge 4.4 incelendiğinde, lipid peroksidasyon miktarı, kontrol grubunda (Zn0-Sa0) 1.05 nmol/ g TA iken, 40 mM çinko-2 mM salisilik asit uygulanan parselde 1.84 nmol/ g TA olarak 1.75 kat arttığı tespit edilmiştir. Şekil 4.4'ün incelenmesinden de anlaşılacağı üzere, artan çinko ve salisilik asit dozlarının lipid peroksidasyonu arttırmıştır.



Şekil. 4.4. Çinko ve salisilik asit uygulanan kardelerde lipid peroksidasyon aktivitesi (µg/mL)

Kumar ve diğerleri (2008), artan Cd'un *Arachis hypogaea* L. (Yer fıstığı) bitkisinin yaprak, gövde ve köklerinde lipid peroksidasyon miktarını arttırdığını saptamışlardır. Miladinova ve ark. (2009) iki *Paulownia* çeşidinde yaptıkları çalışmada yüksek Cd konsantrasyonlarında yapraklardaki MDA miktarında artış olduğunu belirlemişlerdir. Ağır metallerin ROS üretimi yoluyla lipid peroksidasyonuna neden olduğu bilinmektedir (Márquez-García ve diğerleri, 2012; Chen ve diğerleri, 2012). Lipit peroksidasyonu, hücre membranlarının bozulmasına neden olur ve bu durum ise ağır metala maruz kalan bitkilerde görülen en zararlı etkilerinden biridir (Pourrut ve diğerleri, 2013). MDA ise membran hasar düzeyini belirlemek için kullanılan en önemli göstergelerden biridir. Koç ve İşlek (2015), Cd'un yüksek konsantrasyonları (40,80 ve 100 μM CdCl_2) biber (*Capsicum annuum* L.) fidelerinin hem yaprak hem de gövdelerinde MDA miktarında artışa neden olduğunu bildirmiştir. Yüksek MDA birikimi ise membran bütünlüğüne zarar veren ROS'ları etkisizleştirmek için fenoliklerin yetersiz olduğunun bir işareti olabilir.

4.4. Klorofil Miktarları

Bitki gelişimi için mutlak gerekli element olsun veya olmasın ağır metallerin doku ve organlardaki aşırı birikimi bitkilerin vejetatif ve generatif organlarının gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir (Gür ve diğerleri, 2004). Ağır metallerin bitki dokularında aşırı birikmesi canlılıkla ilgili çeşitli büyüme faaliyetlerini etkileyerek mineral beslenme transpirasyon, fotosentez, enzim aktivitesi, nükleik asit yapısı, klorofil biyosentezi ve çimlenme gibi bitkinin canlılık olaylarının değişmesine sebep olur (Zengin ve Munzuroğlu, 2004; Lesko ve Sarkadi, 2002). Ağır metalin çevredeki birikim oranı ve bitkinin türü önemlidir. Bitkilerin ortamdaki elementlere seçici davrandığı, ağır metal eşik değerlerinin bitki türüne ve ağır metal çeşidine göre değiştiği bilinmektedir.

Çizelge 4.5. Kardelen bitkisine uygulanan farklı dozlardaki çinko ve salisilik asitin toplam klorofil miktarı üzerine etkisi

Çinko (mM)	Toplam Klorofil (mg/ g TA)			
	Salisilik asit (mM)			
	0	0.5	1	2
0	0.779 ± 0.11f	2.81 ± 0.28a	0.995 ± 0.44h	0.998 ± 0.56d
40	0.551 ± 0.30h	1.20 ± 0.15c	1.11 ± 0.28c	0.802 ± 0.15e
80	0.445 ± 0.44i	0.952 ± 0.34d	1.00 ± 0.35d	0.775 ± 0.17f
120	0.664 ± 0.42g	0.664 ± 0.28d	1.20 ± 0.23c	1.770 ± 0.50b

. *Aynı harf ile gösterilen ortamlar arasında istatistiki olarak önemli fark yoktur.

Çizelge 4.6. Kardelen bitkisine uygulanan farklı dozlardaki çinko ve salisilik asitin klorofil a miktarı üzerine etkisi

Çinko (mM)	Klorofil a (mg/ g TA)			
	Salisilik asit (mM)			
	0	0.5	1	2
0	0.24 ± 0.08 ^h	0.51 ± 0.12 ^b	0.45 ± 0.10 ^d	0.42 ± 0.05 ^e
40	0.44 ± 0.09 ^d	0.39 ± 0.05 ^g	0.58 ± 0.10^a	0.38 ± 0.07 ^g
80	0.39 ± 0.08 ^g	0.40 ± 0.02 ^f	0.38 ± 0.05 ^g	0.50 ± 0.10 ^b
120	0.41 ± 0.05 ^e	0.40 ± 0.08 ^f	0.51 ± 0.11 ^b	0.49 ± 0.13 ^c

. *Aynı harf ile gösterilen ortamlar arasında istatistiki olarak önemli fark yoktur.

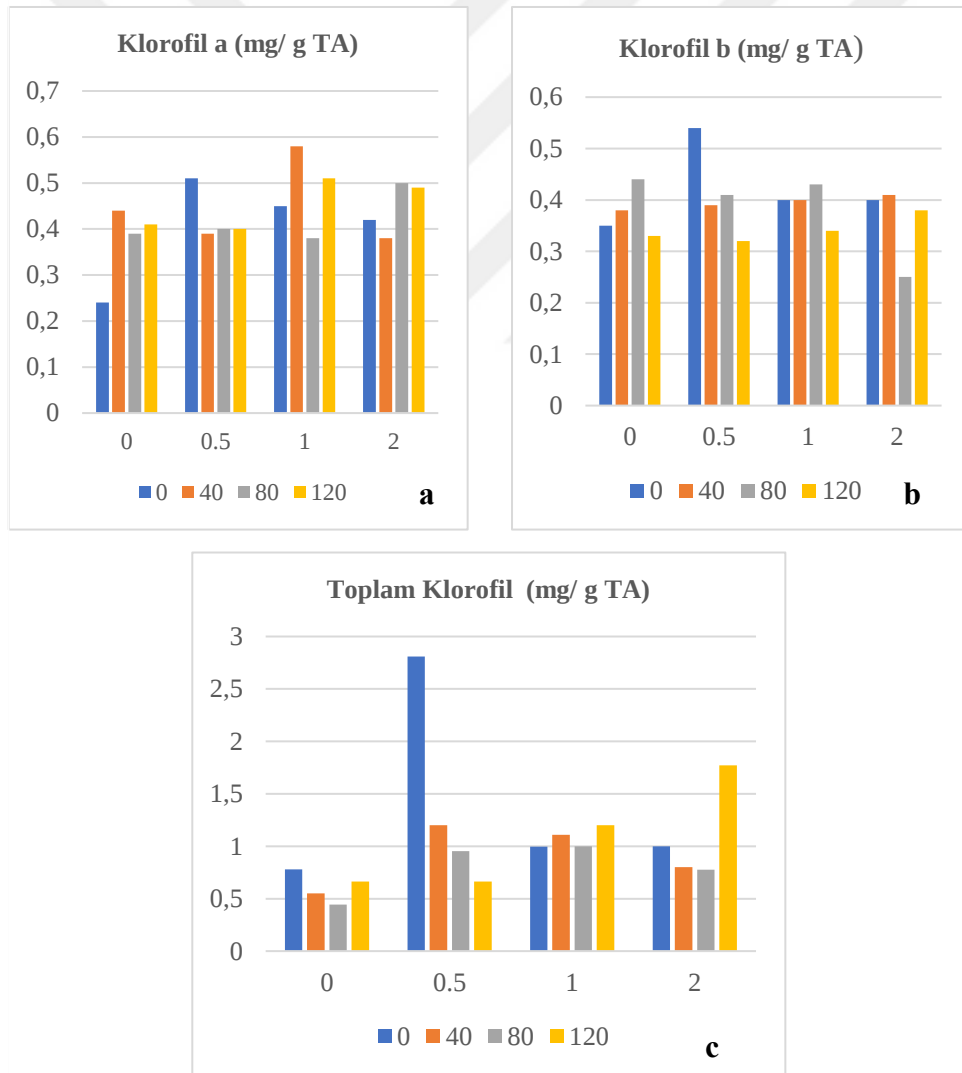
Çizelge 4.7. Kardelen bitkisine uygulanan farklı dozlardaki çinko ve salisilik asitin klorofil b miktarı üzerine etkisi

Çinko (mM)	Klorofil b (mg/ g TA)			
	Salisilik asit (mM)			
	0	0.5	1	2
0	0.35 ± 0.06 ^e	0.54 ± 0.05^a	0.40 ± 0.10 ^c	0.40 ± 0.08 ^c
40	0.38 ± 0.05 ^d	0.39 ± 0.03 ^d	0.40 ± 0.07 ^c	0.41 ± 0.04 ^c
80	0.44 ± 0.10 ^b	0.41 ± 0.08 ^c	0.43 ± 0.10 ^b	0.25 ± 0.07 ^g
120	0.33 ± 0.07 ^f	0.32 ± 0.04 ^f	0.34 ± 0.05 ^e	0.38 ± 0.06 ^d

*Aynı harf ile gösterilen ortamlar arasında istatistiki olarak önemli fark yoktur.

Kardelende yapılan bu çalışmada, çinko ve salisilik asit uygulamalarında toplam klorofil, klorofil a ve klorofil b miktarında kontrol ortamına göre önemli artışlar sağlanmıştır (Şekil 4.5) Toplam klorofil miktarı, kontrol grubunda (Zn0-Sa0) 0.779 mg/ g TA, 120 mM çinko-

2 mM salisilik asit uygulanan parselde 1.770 mg/ g TA olarak 2.27 kat arttığı tespit edilmiştir. Toplam klorofil miktarı en düşük 80 mM çinko-0 mM salisilik asit uygulanan parsellerde 0.445 mg/ g TA bulunmuştur (Çizelge 4.5). Klorofil a miktarı, kontrol grubunda (Zn0-Sa0) 0.24 mg/g TA, 40 mM çinko-1 mM salisilik asit uygulanan parselde 0.58 mg/g TA olarak 2.41 kat arttığı tespit edilmiştir. Klorofil a miktarı en düşük 0 mM çinko-0 mM salisilik asit (kontrol) uygulanan parsellerde 0.24 mg/ g TA bulunmuştur (Çizelge 4.6). Klorofil b miktarı, kontrol grubunda (Zn0-Sa0) 0.35 mg/g TA, 0 mM çinko-0.5 mM salisilik asit uygulanan parselde 0.54 mg/g TA olarak 1.54 kat arttığı tespit edilmiştir Klorofil b miktarı en düşük 120 mM çinko -2 mM salisilik asit uygulanan parsellerde 0.25 mg/ g TA bulunmuştur (Çizelge 4.7).



Şekil. 4.5. Çinko ve salisilik asit uygulanan kardelende klorofil a miktarı (a), Klorofil b miktarı (b), toplam klorofil miktarı (c)

Literatürde kardelen bitkisi ile ilgili klorofil miktarı ile ilgili bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Chen ve Djuric (2001), artan ağır metal konsantrasyonlarının bitkilerde klorofil değerlerinin strese bağlı olarak düştüğünü bildirmişlerdir. Sandalio ve diğerleri. (2001), bezelye bitkisinde 50 μ M Cd'un bezelye bitkisinin yapraklarındaki klorofil miktarını düşürdüğünü belirtmiştir. Vaillant ve diğerleri, 2005, *Datura innoxia*, *Datura metel*, *Datura sanguinea* ve *Datura tatula* türlerinde kontrol, 1 mM, 2.5 mM ve 5 mM çinko dozlarının klorofil sentezi, miktar ve dağılımı üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada çinkonun toksik etkisinin türlere bağlı olarak değiştiği, 5 mM Zn dozu uygulanan bitkilerde klorofil içeriğinin *D.innoxia* %32, *D.sanguinea* %84, *D.metel* %89 ve *D.tatula*'da %83 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Gecheva ve Yurukova (2008), *Fontinalis antipyretica*'nın Cu, Cd, Pb ağır metal uygulamalarının klorofil miktarının %47'ye kadar klorofil kaybının olduğunu bildirmişlerdir. Shakya ve diğerleri. (2008), *Thuidium delicatulum* (L.) Mitt. ve *T. sparsifolium* (Mitt.) ile *Ptychanthus striatus*'un ağır metal uygulamalarının karayosunlarında ve ciğerotunda bakır birikmesinin klorofil-a, klorofil-b ve toplam klorofil miktarını önemli ölçüde düşürdüğünü bildirmişlerdir. Saxena ve Saiful-Arfeen (2009), *Racomitrium crispulum* karayosunu türüne bakır (Cu) ve kadmiyum (Cd) uygulamışlar ve toplam klorofil miktarının azaldığını bildirmişlerdir. Yıldız ve diğerleri, (2011), *Pseudevernia furfuracea*'de ağır metal uygulamalarının klorofil miktarında azalmaya neden olduğunu tespit etmişlerdir. Kösesakal ve Ünal (2012), farklı konsantrasyonlarda Zn (1, 3, 5 ve 7 mM $ZnCl_2$) içeren Hoagland çözeltilerinin domateste klorofil miktarına etkisini araştırdıkları çalışmada 1-5 mM uygulamalarında bitkiciklerin kotiledonlardaki klorofil içerikleri, kontrol ortamındakilerden önemli ölçüde yüksek bulunmuştur. Buran ve ark. (2020), ağır metal stresi uygulanan *Lavandula angustifolia* (Lavanta) ve *Salvia rosmarinus* (Biberiye) bitkilerinin klorofil miktarı üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, kontrol grubuna kıyasla ağır metal grubunda, her iki bitki için toplam klorofil, klorofil-a ve klorofil-b miktarlarında bir azalma gözlemlenmiştir.

Yapılan bu çalışmada, çinko ve salisilik asit uygulamalarında toplam klorofil, klorofil a ve klorofil b miktarında kontrol ortamına göre önemli görülebilecek artışlar sağlandığı görülmektedir. Literatüre bakıldığında, farklı ağır metal uygulamalarında klorofil miktarında bazı bitkilerde artış gözlenirken bazı bitkilerin klorofil miktarlarında azalma olduğu görülmektedir. Bunun nedeninin bitkilerin ağır metal toksisitesine karşı tolerans durumu, bitki türüne, element türüne, strese maruz kalma süresine ve strese maruz kalan doku veya organın yapısına bağlı olarak değişmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.5. Karotenoid Miktarı

Karotenoidler, bitkinin dokularındaki plastidlerde yerleşik durumda bulunan hem fotosentetik olan hem de olmayan, C40 izoprenoidleri veya tetraterpenlerdir. Fotosentetik komplekslerin ışık ile uyarılmasıyla oluşan triplet klorofil ve bazı reaktif oksijen türlerini (ROS) detoksifiye ederler. Aynı zamanda bitkide ışık alımında aksesuar pigment fonksiyonları bulunmaktadır. Karotenler ve ksantofiller karotenoidlerin iki sınıfını oluşturmaktadır. Karotenler hidrokarbon yapıdadırlar, ksantofiller ise karotenlerin bir türevidir. Genel olarak bir veya iki oksijen atomu içermektedir (McKersie and Leshem, 1994).

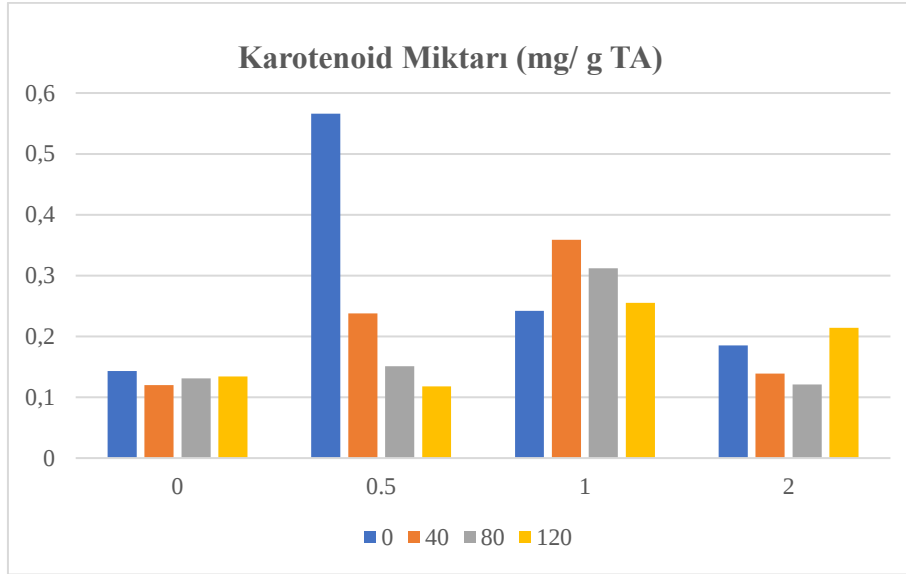
Bitkilerin karotenoid içeriği bitkinin türü, aldığı ışık ve azot (N) miktarı, toprağın yapısı ve uygulanan tarımsal işlemler, bitkilerin genotipleri, strese maruz kalma süresine ve strese maruz kalan doku veya organın yapısına bağlı olarak değişmektedir.

Çizelge 4.8. Kardelen bitkisine uygulanan farklı dozlardaki çinko ve salisilik asitin karotenoid miktarı üzerine etkisi

Çinko (mM)	Karotenoid Miktarı (mg/ g TA)			
	Salisilik asit (mM)			
	0	0.5	1	2
0	0.143 ± 0.01 ^g	0.566 ± 0.08^a	0.242 ± 0.2 ^c	0.185 ± 0.06 ^f
40	0.120 ± 0.02 ^m	0.238 ± 0.05 ^d	0.359 ± 0.18 ^b	0.139 ± 0.15 ^h
80	0.131 ± 0.04 ^l	0.151 ± 0.04 ^b	0.312 ± 0.30 ^a	0.121 ± 0.10 ^m
120	0.134 ± 0.02 ^k	0.118 ± 0.08 ^m	0.255 ± 0.03 ^b	0.214 ± 0.10 ^e

*Aynı harf ile gösterilen ortamlar arasında istatistiki olarak önemli fark yoktur.

Kardelende yapılan bu tez çalışmasında, çinko ve salisilik asit uygulamalarında karotenoid miktarı kontrol ortamına göre önemli görülebilecek artış sağlanmıştır (Şekil 4.6). Karotenoid miktarı, kontrol grubunda (Zn0-Sa0) 0.143 mg/ g TA, 0 mM çinko-0.5 mM salisilik asit uygulanan parselde 0.566 mg/ g TA olarak 3.95 kat arttığı tespit edilmiştir. Karotenoid miktarı en düşük 120 mM çinko-0.5 mM salisilik asit uygulanan parsellerde 0.118 mg/ g TA bulunmuştur (Çizelge 4.8). En yüksek çinko dozunda karotenoid miktarının kontrol grubuna göre %17.48 oranında azaldığı görülmektedir.



Şekil. 4.6. Çinko ve salisilik asit uygulanan kardelende karotenoid miktarı

Fasülye bitkisine 0.1, 0.3 ve 0.5 mM dozlarında Ni uygulanan bir çalışmada karotenoid miktarının azaldığı belirlenmiştir. 0.1 mM Ni uygulanan fidelerin yapraklarındaki total pigment karotenoid miktarı %18.9 oranında, 0.5 mM Ni dozunda ise, %29.4 oranında azalmıştır (Zengin ve Munzuroğlu, 2005). Aydoğan (2012), *Timmiella barbuloidea*'in toplam karotenoid miktarının nikel (Ni) uygulanan örnekte %21 arttığını bildirmiştir. Kösesakal ve Ünal (2012), domateste farklı konsantrasyonlarda Zn (1, 3, 5 ve 7 mM $ZnCl_2$) içeren Hoagland çözeltilerinin ortaya koymak için 8 günlük bitkilerinde karotenoid miktarını belirlemişlerdir. 1-5 mM uygulamalarında bitkiciklerin kotiledonlardaki karotenoid miktarları kontrol ortamındakilerden önemli ölçüde yüksek bulunmuştur. Ancak daha yüksek Zn düzeylerinin domates fidecikleri üzerinde toksik etki yarattığı belirlenmiştir. Yapılan çalışma ile literatür kıyaslandığında yüksek dozlarda ağır metal uygulamalarının bitki üzerinde toksik etki yarattığı görülmektedir. Bitkilerde çinko, bitki metabolizmasında önemli rol oynasa da topraklardaki aşırı derecede birikmesi (toksisite), büyümeyi sınırlayan faktörlerden biri haline gelmesine yol açmaktadır. Çinko fazlalığı bitkilerin, enzim aktivitesi ve protein sentezi gibi biyokimyasal olaylarını etkileyerek, bitki büyümesi ve biyokütle üretimini sınırlamaktadır. Bitkilerde Zn toksisitesi ile verim düşüklüğü, bodur büyüme, klorofil sentezinde azalma, kloroplast parçalanması, genç yapraklarda kıvrırma ve kloroz görüntüleri görülmektedir (Mirshekale ve diğerleri, 2012).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma, Amasya Üniversitesi Suluova Meslek Yüksekokulu Yerleşkesinde bulunan Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümüne ait uygulama alanında 2021-2022 yılı üretim döneminde yürütülmüştür. Materyal olarak; *Galanthus elwesii* Hook çeşidi kullanılmıştır. Çinko dozları (0, 40, 80 ve 120 mM) ve salisilik asit dozları (0, 0.5, 1 ve 2 mM) çiçeklenme dönemi başlangıcında yapraktan spreyleme ile tüm bitkilere uygulanmıştır. Bitkiler yaş yaprak olarak hasat edilmiştir.

Galanthus elwesii türünde yaprak salisilik asit uygulamasının antioksidan enzim aktivitesi, prolin, klorofil ve karotenoid içerik üzerine etkisini araştırmak amacıyla gerçekleştirilen bu araştırma projesinde aşağıda sunulan sonuçlar elde edilmiştir.

Galanthus elwesii Hook türünün antioksidan enzim aktivitesinin değerlendirilmesinde, askorbat peroksidaz enzim aktivitesi ve katalaz enzim aktivitesi yöntemleri kullanılmıştır. Çinko stresinin askorbat peroksidaz enzim aktivitesini doğrusal olarak önemli ölçüde arttırdığı tespit edilmiştir. Askorbat peroksidaz enzim aktivitesi, kontrol grubunda (Zn0-Sa0) 0.156 EU/mg protein iken, 120 mM çinko-0 mM salisilik asit uygulanan parselde 3.99 EU/mg protein olarak 25.5 kat arttığı tespit edilmiştir. Katalaz enzim aktivitesi, kontrol grubunda (Zn0-Sa0) 11.76 EU/mg protein iken, 80 mM çinko-0 mM salisilik asit uygulanan parselde 154.64 EU/mg protein olarak 13.1 kat arttığı tespit edilmiştir. *Galanthus elwesii* Hook türünde çinkonun bütün dozlarında askorbat peroksidaz enzim aktivitesinde artış gözlenmiştir. Katalaz enzim aktivitesinde ise 80 mM çinko dozuna kadar önemli artış gözlenirken en yüksek dozlarda (120 mM çinko-2 mM salisilik asit) uygulanan çinko ve salisilik asitin katalaz enzim aktivitesini kontrol grubuna göre 1.23 kat düşürdüğü belirlenmiştir. Katalaz enzim aktivitesinde çinko fazlalığının (120 mM çinko) kardelen bitkisinde toksik etki gösterdiği tespit edilmiştir.

Galanthus elwesii türünde, salisilik asit uygulamalarında prolin miktarında kontrol ortamına göre önemli görülebilecek artışlar sağlanmıştır. Prolin miktarı 1 mM (1250.7 ± 2.44) ve 2 mM (1587.1 ± 0.56) salisilik asit uygulamalarında kontrole ($200.3 \pm 0.11 \mu\text{g/mL}$) göre sırasıyla 6.24, 7.92 kat artmıştır. Prolin miktarında en yüksek artış ise 0.5 mM salisilik asit uygulamasında ($2480.4 \mu\text{g/mL}$) 12.4 kat olarak tespit edilmiştir.

Lipit peroksidasyon miktarı kontrol grubunda (Zn0-Sa0) 1050 nmol/ g TA iken, 40 mM çinko-2 mM salisilik asit uygulanan parselde 1840 nmol/ g TA olarak 1.75 kat artmıştır. Artan çinko ve salisik asit dozlarının lipid peroksidasyonu arttırdığı tespit edilmiştir.

Galanthus elwesii türü klorofil miktarı olarak değerlendirildiğinde, Kardelende yapılan bu çalışmada, çinko ve salisilik asit uygulamalarında toplam klorofil, klorofil a ve klorofil b miktarında kontrol ortamına göre önemli görülebilecek artışlar sağlamıştır. Toplam klorofil miktarı, kontrol grubunda (Zn0-Sa0) 0.779 mg/ g TA, 120 mM çinko-2 mM salisilik asit uygulanan parselde 1.770 mg/ g TA olarak 2,27 kat arttığı tespit edilmiştir. Klorofil a miktarı, kontrol grubunda (Zn0-Sa0) 0.24 mg/g TA, 40 mM çinko-1 mM salisilik asit uygulanan parselde 0,58 mg/g TA olarak 2.41 kat arttığı tespit edilmiştir. Klorofil b miktarı, kontrol grubunda (Zn0-Sa0) 0.35 mg/g TA, 0 mM çinko-0.5 mM salisilik asit uygulanan parselde 0,54 mg/g TA olarak 1.54 kat arttığı tespit edilmiştir.

Karotenoid miktarı, kontrol grubunda (Zn0-Sa0) 0.143 mg/ g TA, 0 mM çinko-0.5 mM salisilik asit uygulanan parselde 0.566 mg/ g TA olarak 3.95 kat arttığı tespit edilmiştir. Karotenoid miktarı en düşük 120 mM çinko-0.5 mM salisilik asit uygulanan parsellerde 0.118 mg/ g TA bulunmuştur.

Araştırmadan elde edilen sonuçlar, *Galanthus elwesii* türünde salisilik asit uygulamalarının antioksidan enzim aktivitesi, prolin, klorofil ve karotenoid içerik üzerine olumlu tepki verdiğini ortaya koymuştur. Özellikle 0.5 Mm'de salisilik asit uygulamalarının kardelende prolin, klorofil b ve karotenoid miktarlarını önemli ölçüde arttırdığı tespit edilmiştir. Çalışmamızda çinko stresi altında salisilik asitin klorofil biyosentezi üzerindeki bu olumlu etkisi bu konuda yapılacak diğer çalışmalara ışık tutacaktır.

KAYNAKLAR

- Akan, H., Eker, İ. ve Balos M.M. (2005). Şanlıurfa'nın nadide çiçekleri (Geofitler). Şanlıurfa Belediyesi Kültür Yayınları, ISBN: 9752706096, Türkiye, 95 s.
- Aksu, E., Eren, K. ve Kaya, E. (2002). İhracatı yapılan doğal çiçek soğanları. Atatürk Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü, 84, 39.
- Alamri, S.A.D.; Siddiqui, M.H.; Al-Khaishany, M.Y.; Ali, H.M.; Al-Amri, A.; AlRabiah, H.K. (2018). Exogenous application of salicylic acid improves tolerance of wheat plants to lead stress. *Adv. Agric. Sci.*, 6, 25–35.
- Ananieva, E. A., Christov, K. N., and Popova, L. P. (2004). Exogenous treatment with salicylic acid leads to increased antioxidant capacity in leaves of barley plants exposed to paraquat. *Journal of Plant Physiology*, 161(3), 319–328. <https://doi.org/10.1078/0176-1617-01022>
- Arslan, N., Ekim, T. ve Koyuncu, M. (1996). Development on conservation and propagation of natural howerbulbs in Turkey. 7 th International Symposium on Flowerbulbs, 10 March 1996, Herzliya, Israil.
- Arslan, N., Sarihan, EO. ve Gümüşçü, A. (2002). Farklı yörelerden toplanan kardelenlerin (*Galanthus elwesii* Hook.) kültüre elverişlilikleri üzerine araştırmalar. II. Ulusal Süs Bitkileri Kongresi, 22-24 Ekim, Antalya.
- Atay, S. (1996). Soğanlı Bitkiler; Türkiye'den İhracatı Yapılan Türlerin Tanıtım ve Üretim Rehberi. Doğal Hayatı Koruma Derneği (DHKD) Yayınları, s.11, 12, 13, 51, 52, 53, 26, 16,17, 18, İstanbul.
- Avcı, M. (2005). Çeşitlilik ve endemizm açısından Türkiye'nin bitki örtüsü. *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi*, 13: 43-44.
- Ay, E.B., Gül, M., Açıkgöz, M.A., Yarılgöz, T., Kara, Ş.M., (2018). Assessment of antioxidant activity of giant snowdrop (*Galanthus elwesii* Hook) extracts with their total phenol and flavonoid contents. *Indian J. Pharm. Educ. Res.* 52, 128-132. <https://doi.org/10.5530/ijper.52.4s.88>
- Aydoğan, S. (2012). *Pleurochaete squarrosa* (Brid.) lindb. ve *Timmiella barbuloidea* (Brid.) moenk.'in ağır metal stresine verdiği cevapların araştırılması.
- Baccouch, S., Chaoui, A., El Ferjani, E. (1998). Nickelinduced oxidative damage and antioxidant responses in *Zea mays* shoots. *Plant Physiology and Biochemistry*, 36: 689-694.
- Baghizadeh, A., Hajmohammadrezaei, M., (2011). Effect of drought stress and its interaction with ascorbate and salicylic acid on okra (*Hibiscus esculents* L.) germination and seedling growth. *The Journal of Stress Physiology & Biochemistry*. 7(1): 55-65.

- Baytop, T., (1997). Türkçe Bitki Adları Sözlüğü. 2nd ed. Ankara: Türk Dil Kurumu Basımevi; s. 512.
- Baytop, T. (1998). İstanbul lalesi. T.C. Kültür Bakanlığı, ISBN: 9751710200, Ankara, Türkiye, 66 s.
- Bülbül, A.S. ve Aytaç, Z. (2010). Hüseyingazi (Ankara) Dağı Florası. *Ot Sistemik Botanik Dergisi*, 17, 113-132.
- Chen, G. and Djuric, Z. (2001). "Carotenoids are degraded by free radicals but do not affect lipid peroxidation in unilamellar liposomes under different oxygen tensions" *FEBS Letters*, 505, 151-154.
- Chen, F., Gao, J., Zhou, Q. (2012). Toxicity assessment of simulated urban runoff containing polycyclic musks and cadmium in *Carassius auratus* using oxidative stress biomarkers. *Environ Pollut* 162: 91–97
- Commun, K., Mauro, M.C., Chupeau, Y., Boulay, M., Burrus, M., Jeandet, P. (2003). Phytoalexin production in grapevine protoplasts during isolation and culture. *Plant Physiology and Biochemistry*, 41: 317-323.
- Corsi G, Bottega S. (1999). Glandular hairs of *Salvia officinalis*: new data on morphology, and histochemistry in relation to function. *Ann Bot.*;84:657–64.
- Çakmak., I., (1994). Activity of Ascorbate-Dependent H₂O₂ Scavenging Enzymes and Leaf Chlorosis are Enhanced in Magnesium and Potassium Deficient Leaves, But Not in Phosphorus Deficient Leaves. *J. Exp. Bot.*, 45:1259-1266.
- Çakmak, I., Marschner, H., (1992). Magnesium deficiency and high light intensity enhance activities of superoxide dismutase, ascorbate peroxidase and glutathione reductase in bean leaves. *Plant Physiol*, 98: 1222-1226.
- Çakmak, I., and Horst, W. J. (1991). Effect of aluminium on lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase, and peroxidase activities in root tips of soybean (*Glycine max*). *Physiologia plantarum*, 83(3), 463-468.
- Davis, P.A. (2000). A Botanical Magazine Monograph; The Genus *Galanthus*. Edits. Mathew, B. The Royal Botanic Gardens Kew –Timber Press, Oregon, 54-69.
- Davies., K.J.A., (1987). Protein damage and degradation by oxygen radicals. 1. General Aspects, *J. Biol. Chem.*, 262: 9895-9901.
- Davies KJ, (1995). Oxidative stress: the paradox of aerobic life. *Biochemical Society Symposium*, 61: 1–31.
- Delabar JM, Nicole A, Jacob Y, Smet PM, Jérôme H, D'auriol L, Meunier M, Rotival M (1987). Cloning and Sequencing of a Rat CuZn Superoxide Dismutase cDNA: Correlation Between CuZn Superoxide Dismutase mRNA Level and Enzyme Activity in Rat and Mouse Tissues. *European Journal of Biochemistry* 166(1): 181-187.

- Demiral, T. (2003). Genç pirinç fidelerine dışarıdan glisinbetain uygulanmasıyla tuza (NaCl) toleransının artırılmasında antioksidan enzim aktivitesinin rolünün araştırılması (Doctoral dissertation, Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 72s).
- Dülgerbaki, T. (2010). Maş fasulyesinde (*Phaseolus aureus* L.) farklı çinko uygulamalarının verim ve verim unsurları üzerine etkisi. Yüksek Lisans. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Isparta.
- Ekim, T., Koyuncu M., Güner A., Erik S., Yıldız B. ve Vural M. (1991). Türkiye'nin ekonomik değer taşıyan geofitleri üzerinde taksonomik ve ekolojik araştırmalar. Tarım Orman ve Köyşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, İşletme ve Pazarlama Dairesi Başkanlığı, O.G.M. Eğitim Dairesi Başkanlığı Yayın ve Tanıtma Şube Müdürlüğü Matbaası, Ankara, Türkiye. ISBN 975-407-007-5: 11-13.
- Ekim, T. ve Koyuncu, E. (1992). Türkiye'den ihraç edilen çiçek soğanları ve koruma önlemleri. II. Uluslararası Ekoloji ve Çevre Sorunları Sempozyumu, Bildiri Kitabı, 5-7 Kasım 1992, Ankara, s.42-47.
- Ekim, T., Koyuncu, M., Vural, M., Duman, H., Aytaç, Z., ve Adıgüzel, N. (2000). Türkiye Bitkileri Kırmızı Kitabı. Doğal Hayatı Koruma Derneği, Ankara.
- El-Tayeb, M. A. (2005). Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant growth regulation*, 45(3), 215-224.
- El-Tayeb MA, El-Enany AE, Ahmad NI. (2006). Salicylic acid induces adaptive responses in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Int J Bot.* 2:279–372
- Es-sbihi FZ, Hazzoumi Z, Benhima R and Joutei KA. (2020). Effects of salicylic acid on growth, mineral nutrition, glandular hairs distribution and essential oil composition in *Salvia officinalis* L. grown under copper stress. *Environ Sustain.*; 3:199–208
- Fatima, R. A. and Ahmad, M., (2005). Certain antioxidant enzymes of *Allium cepa* as biomarkers for the detection of toxic heavy metals in wastewater. *Science of The Total Environment* 346 (1–3): 256–73.
- Feran, A. (2006). Van ve Yakın Çevresindeki Rizomlu İrislerin (*Iris Spp.*) Peyzaj Mimarlığı Bitkilendirme Çalışmalarında Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı.
- Fridovich, I., (1986). Biological effects of the superoxide radical. *Arch. Biochem. Biop.*, 274: 1-11.
- Gecheva, G.M. ve Yurukova, L.D. (2008). “Chlorophyll Response of aquatic moss *Fontinalis antipyretica* Hedw. To Cu, Cd and Pb contamination ex situ” *Proceedings of the Anniversary Scientific Conference of Ecology*, 293-299.

- Gehlot, A., Arya, I.D., Arya, S. (2017). Regeneration of Complete Plantlets from Callus Culture of *Azadirachta indica* A. Juss using Immature Flower Buds. *Advances in Forestry Science*, 4(1): 71-76.
- Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığında: Doğal çiçek soğanlarının 2017 yılı ihracat listesi hakkında tebliğ (No: 2016/52). Resmi Gazete. s. 29921.
- Gossett, D.R., Millhollon, E.P., Lucas, M.C., (1994). Antioxidant response to NaCl stress in salt-tolerant and salt-sensitive cultivars of cotton. *Crop Sci.*, 34:706-714.
- Görmez, G., (2019). “Deve Gülü Bitkisinin in vitro Rejenerasyonu, Farklı Vejetasyon Dönemlerinde ve Stres Şartlarında Fitokimyasal İçeriğinin ve Antioksidan Kapasitesinin İncelenmesi”, Doktora Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı, Van.
- Grimshaw, J. (2002). The Gardener’s atlas. ISBN: 1-55297-673-4, USA. 224p.
- Güner, A., Özhatay, N., Ekim, T. and Baser, K. (2002). *Flora of Turkey and east aegean islands*. XI volumes, ISBN: 0 7486 1409 5, Edinburgh Un. Press, Edinburgh. 656p.
- Güner, H. B., (2006). İstanbuldaki Botanik Bahçelerinde Yetişen Türkiye Geofitlerinin Envanteri. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı.
- Gunes, A., Inal, A., Alpaslan, M., Cicek, N., Guneri, E., Eraslan, F., ve Guzelordu, T. (2005). Effects of exogenously applied salicylic acid on the induction of multiple stress tolerance and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) (Einfluss einer Salicylsäure–Applikation auf die Induktion von Stresstoleranz sowie Nährstoffaufnahme von Mais [*Zea mays* L.]). *Archives of agronomy and soil science*, 51(6), 687-695.
- Gür, N., Topdemir, A., Munzuroğlu, Ö ve Çobanoğlu, D., (2004). Ağır Metal İyonlarının (Cu^{+2} , Pb^{+2} , Hg^{+2} , Cd^{+2}) *Clivia* sp. Bitkisi Polenlerinin Çimlenmesi ve Tüp Büyümesi Üzerine Etkileri. F.Ü. *Fen ve Matematik Bilimleri Dergisi*, 16(2), 177-182.
- Halliwell, B., and Gutteridge, J. M. (1990). Role of free radicals and catalytic metal ions in human disease: an overview. *Methods in enzymology*, 186, 1-85.
- Heidari, Y., Moaveni, P., (2009). Study of drought stress on ABA accumulation and proline among in different genotypes forage corn. *Res. J. Biol. Sci.*, 4(10): 11211124
- Hernandez, J.A., Olmos, E., Corpas, F.J., Sevilla, F., Del Rio, I.A., (1995). Salt-induced oxidative stress in chloroplasts of pea plants. *Plant Sci.*, 105:151-167
- John De Britto, A., Sebastian, R.S., Gracelin, D.H.S.G., (2011). Effect of lead on malondialdehyde, superoxide dismutase, proline activity and chlorophyll content in *Capsicum annum*. *Biores. Bulletin*, 1: 93-98.
- Karagöz, A., Doğruöz, N., Zeybek Z., (2009). Aslan, A. “Antibacterial Activity of Some Lichen Extracts.” *Journal of Medicinal Plants Research*, 3 (12), 10341039,

- Karanlık, S., (2001). Değişik Buğday Genotiplerinde Tuz Stresine Dayanıklılık ve Dayanıklılığın Fizyolojik Nedenlerinin Araştırılması, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 125 s.
- Khodary, S. E. A. (2004). Effect of salicylic acid on the growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt-stressed maize plants. *International Journal of Agriculture and Biology*, 6: 5-8.
- Kılıçaslan, N. ve Dönmez, Ş. (2016). Göller bölgesinde doğal olarak yetişen soğanlı bitkilerin peyzaj mimarlığında kullanımı. *Turkish Journal of Forestry* (Türkiye Ormancılık Dergisi), 17(1): 73-82.
- Kikodze, D. (2008). Assessing harvest levels for *Galanthus woronowii* Losinsk. in Gerorgia and the challenge of producing a non-determent finding. NDF Workshop Case Studies WG 4-Geophytes and Epiphytes Case Study 2, Mexico.
- Koyuncu, M., Demirkus, N., Kaya, A. ve Aziret, A. (1999). Van çevresi Geofitleri üzerine floristik bir araştırma. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Araştırma Fonu : 111-126.
- Kösesakal, T., ve Ünal, M. (2012). Effects of zinc toxicity on seed germination and plant growth in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Fresenius Environmental Bulletin*, 21(2), 315-324.
- Kumar S, Mehta UJ, Hazra, S., (2008). Accumulation of cadmium in growing peanut (*Arachis hypogaea* L.) seedlings - Its effect on lipid peroxidation and on the antioxidative enzymes catalase and guaiacol peroxidase. *J Plant Nutr Soil Sci*, 171: 440–447.
- Kumari, A.; Pandey, N.; Pandey-Rai, S. (2018). Exogenous salicylic acid-mediated modulation of arsenic stress tolerance with enhanced accumulation of secondary metabolites and improved size of glandular trichomes in *Artemisia annua* L. *Protoplasma*, 255, 139–152.
- Kurakov, A. V.; Kupletskaya, M. B.; Skrynnikova, E. V.; Somova, N. G. (2001). Search for Micromycetes Producing Extracellular Catalase and Study of Conditions of Catalase Synthesis. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 37, 59-64.
- Lackhdar A, Lanelli MA, Debez AM, Jedidi N, Abdelly C (2010). Effect of municipal solid waste compost and sewage sludge use on wheat (*Triticum durum*): growth, heavy metal accumulation, and antioxidant activity. *J. Sci. Food Agric*, 90:965-971. DOI:10.1002/jsfa.3904
- Landberg, T., and Greger, M. (2002). Differences in oxidative stress in heavy metal resistant and sensitive clones of *Salix viminalis*. *Journal of Plant Physiology*, 159(1), 69-75.
- Leskó, K., and Simon-Sarkadi, L. (2002). Effect of cadmium stress on amino acid and polyamine content of wheat seedlings. *Periodica Polytechnica Chemical Engineering*, 46(1-2), 65-71.

- Li, B., Wang, B., Li, H., Peng, L., Ru, M., Liang, Z., Zhu, Y. (2016). Establishment of *Salvia castanea* Diels f. *tomentosa* Stib. hairy root cultures and the promotion of tanshinone accumulation and gene expression with Ag⁺, methyl jasmonate, and yeast extract elicitation. *Protoplasma*, 253(1): 87-100.
- Lombardi, L., and Sebastiani, L. (2005). Copper toxicity in *Prunus cerasifera*: growth and antioxidant enzymes responses of in vitro grown plants. *Plant science*, 168(3), 797-802.
- Lopez, M.V., Satti, S.M.E., (1996). Calcium and potassium- enhanced growth and yield of tomato under sodium chloride stress. *Plant Sci.*, 114: 19-27.
- Malyer, H. (2011). Türkiye Florası ve polen allerjisi ne neden olan önemli bitkiler. *Türkiye Klinikleri J Allergy-Special Topics*, 4, 15-18.
- Mammadov R. (2014). Tohumlu bitkilerde sekonder metabolitler. Nobel akademik yayıncılık, Ankara
- Marquez - García B, Perez - Lopez R, Ruiz - Chanco MJ, Lopez - Sanchez JF, Rubio R, Abreu MM, Nieto JM, Cordoba F, (2012). Arsenic speciation in soils and erica and evalensis Cabezudo & Rivera and Erica australis L. from Sao domingos mine area, Portugal. *J Geochem Explor*, 119–120: 51–59.
- Mathew, B. ve Özhatay, N. (2001). Türkiye'nin sıklamenleri. The Cyclamen Society Yayını. Londra.
- Mckersie, B. D., & Leshem, Y. A. Y. (1994). Oxidative stress. In Stress and stress coping in cultivated plants (pp. 15-54). *Springer*, Dordrecht.
- Miladinova K, Georgieva T, Ivanova K, Geneva M, Danova K, Markovska Y (2009). Cadmium and lead effects on ex vitro growth and antioxidative response of two Paulownia clones. <http://biotree.bg/bul/wpcontent/uploads/2013/10/Cadmium-and-lead-effects-onpaulownia-clones-growth-poster.pdf> (Erişim tarihi: 15 Şubat, 2015).
- Mirshekali, H., Hadi, H., Amirnia, R., and Khodaverdil, H., (2012). Effect of Zinc Toxicity on Plant Productivity, Chlorophyll and Zn Contents of Sorghum (*Sorghum Bicolor*) and Common Lambsquarter (*Chenopodium Album*). *International Journal of Agriculture: Research and Review*, 2 (3): 247-254.
- Mostofa, M.G.; Rahman, M.; Ansary, M.; Uddin, M.; Fujita, M.; Tran, L.S.P. (2019). Interactive effects of salicylic acid and nitric oxide in enhancing rice tolerance to cadmium stress. *Int. J. Mol. Sci*, 20, 5798.
- Murthy, H. N., Dandin, V.S., Zhong, J.J., Paek, K.Y. (2014). Strategies for enhanced production of plant secondary metabolites from cell and organ cultures. In Production of biomass and bioactive compounds using bioreactor technology. *Springer Netherlands*, 471-508.
- Nair JJ, Bastida J, Codina C, Viladomat F, Van Staden J. (2013). Alkaloids of the South African Amaryllidaceae: a review. *Nat Prod Commun*, 8(9):1335–50.

- Oksman-Caldentey, K.M., Inzé, D. (2004). Plant cell factories in the post-genomic era: new ways to produce designer secondary metabolites. *Trends in plant science*, 9(9): 433-440.
- Onat T., Emerk K., Sözmen Ey. (Ed.), (2002), İnsan Biyokimyası, Palme Yayıncılık, Ankara.
- Özhatay, N., Byfield, A. ve Atay, S. (2005a). Türkiye'nin 122 Önemli Bitki Alanı. WWF Türkiye Doğal Hayatı Koruma Vakfı Yayını, İstanbul.
- Özhatay, N., Byfield, A. ve Atay, S. (2005b). Türkiye'nin 122 Önemli Bitki Alanı. WWF-Türkiye (Doğal Hayatı Koruma Vakfı) Yayınları, İstanbul, 13-18-23408.
- Parida, A., Das, A.B., Das, P., (2002). NaCl stress causes changes in photosynthetic pigments, proteins and other metabolic components in the leaves of a true mangrove, *Bruguiera parviflora*, in hydroponic cultures. *Journal of Plant Biol*, 45(1): 28-36.
- Pavord, A. (1999). The tulip. Bloomsbury Publishing, London, UK, ISBN: 0747542961. 439p.
- Pourrut B, Shahid M, Douay F, Dumat C, Pinelli, E., (2013). Molecular mechanisms involved in lead uptake, toxicity and detoxification in higher plants. In: Heavy metal stress in plants Corpas FJ, Palma JM, Gupta DK (eds), *Springer, Berlin*, pp 121–147.
- Rai, V., Vajpayee, P., Singh, S. N., and Mehrotra, S. (2004). Effect of chromium accumulation on photosynthetic pigments, oxidative stress defense system, nitrate reduction, proline level and eugenol content of *Ocimum tenuiflorum* L. *Plant science*, 167(5), 1159-1169.
- Romero, F.R., Delate, K., Kraus, G.A., Solco, A.K., Murphy, P.A., Hannapel, D.J. (2009). Alkamide production from hairy root cultures of Echinacea. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 45(5): 599.
- Sandalio, L.M., Dalurzo, H.C., Gómez, M., Puertas-Romero, M.C. and del Rio, L.A. (2001). Cadmium-induced changes in the growth and oxidative metabolism of pea plants. *Journal of Experimental Botany*, 52 (362): 2115-2126.
- Saxena, D.K. and Md. Saiful-Arfeen (2009). “Effect of Cu and Cd on Oxidative Enzymes and Chlorophyll Content of Moss *Racomitrium crispulum*” *Physiol. Mol. Biol. Plants*. 54(4), 365-374.
- Serrato-Valenti G, Bisio A, Cornara L, Ciarallo G. (1997). Structural and histochemical investigation of the glandular trichomes of *Salvia aurea* L. leaves, and chemical analysis of the essential oil. *Ann Bot*, 79:329–36
- Scandalios, G. (2005). Oxidative stress: Molecular perception and transduction of signals triggering antioxidant gene defenses. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 38, 995-1014.

- Shakya, K., Chettri, M.K. and Sawidis, T. (2008). "Impact of Heavy Metals (Copper, Zinc, and Lead) on the Chlorophyll Content of Some Mosses" *Arch Environ Contam Toxicol* 54, 412-421.
- Shalata, A., Tal, M., (1998). The Effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in the leaf of the cultivated tomato and its wild salt-tolerant relative *Lycopersicon pennellii*. *Physiol. Plant.*, 104: 169-174.
- Sharma, S.S., Dietz, K.J., (2006). The significance of amino acids and amino acid-derived molecules in plant responses and adaptation to heavy metal stress. *Exp. Bot.*, 57: 711-726.
- Salman, A. and Wallace, M.Y. (2020). Floristic properties of different commercial Tulip varieties under the ecological conditions of Bayındır. *Bursa Uludag Üniversitesi Ziraat Fakültesi Derg.*, 34 (Özel Sayı): 319-326.
- Sargın, S. A., Selvi, S., and Akçiçek, E. (2013). Alaşehir (Manisa) ve çevresinde yetişen bazı geofitlerin etnobotanik açıdan incelenmesi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 29(2), 170-178.
- Sharma, S. S., Kaul, S., Metwally, A., Goyal, K. C., Finkemeier, I., and Dietz, K. J. (2004). Cadmium toxicity to barley (*Hordeum vulgare*) as affected by varying Fe nutritional status. *Plant science*, 166(5), 1287-1295.
- Shim, I.S., Momose, Y., Yamamoto, A., Kim, D.W., and Usui, K., (2003). Inhibition of catalase activity by oxidative stress and its relationship to a salicylic acid accumulation in plants. *Plant Growth Regul.*, 39: 285-292.
- Šimonovičová, M., Tamás, L., Huttová, J., and Mistrík, I. (2004). Effect of aluminium on oxidative stress related enzymes activities in barley roots. *Biologia Plantarum*, 48(2), 261-266.
- Smith, JM. (2008). The application of population modelling techniques to the development of non-determinant findings for *Galanthus elwesii* in Turkey. NDF Workshop Case Studies WG 4 - Geophytes and Epiphytes Case Study 6, Mexico.
- Sreenivasulu, N., Grimm, B., Wobus, U., Weschke, W., (2000). Differential response of antioxidant compounds to salinity stress in salt-tolerant and salt-sensitive seedling of fox-tail millet (*Setaria italica*). *Physiol. Plant.*, 109: 435-442.
- Tajti, J.; Németh, E.; Glatz, G.; Janda, T.; Pál, M. (2019). Pattern of changes in salicylic acid-induced protein kinase (SIPK) gene expression and salicylic acid accumulation in wheat under cadmium exposure. *Plant. Biol* 21, 1176–1180.
- Tamás L, Mistrík I, Alemayehu A, Zelinová V, Bočová B, Huttová J. (2015). Salicylic acid alleviates cadmium-induced stress responses through the inhibition of Cd-induced auxin-mediated reactive oxygen species production in barley root tips. *J of plant physiol.*;173:1–8.

- Tıprıdamaz, R., (2003). Rooting and acclimatization of In Vitro micropropagated snowdrop (*Galanthus ikariae* Baker.) bulblets. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 16(2): 121-126.
- Tiwari, R., Rana, C. S., (2015). “Plant Secondary Metabolites: A Review.”, *International Journal of Engineering Research and General Science*, 3 (5), 661-670.
- Toksoy, S., ve Doğru, A. (2021). Ekzojen Salisilik Asit Uygulamalarının Tuz Stresi Altındaki Hıyar Bitkilerinde Fotosistem II Aktivitesi Üzerindeki Etkileri. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9(1), 418-429.
- Tsonev, T., and Lidon, F. C. (2005). Effect of Zn pollution on plant growth and photosynthesis. *Biologia Vegetal e Agro-Industrial*, 2, 223-234.
- Tumova, L., Gallova, K., Tuma, J., Dolejšova, J. (2002). Arachidonic acid as elicitor of flavonoid accumulation in *Ononis arvensis* L. culture in vitro. *Acta Pharmaceutica*, 52: 299–304.
- Turfan, N. (2016). Yerel ceviz çeşidinde (*Juglans regia* L.) abiyotik stres faktörlerine karşı dayanıklılık mekanizmasının belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 31(3), 321-331.
- Ünver, N., Gözler, T., Walch, N., Gözler, B. and Hesse, M. (1999). Two novel dinitrogenous alkaloids from *Galanthus plicatus* subsp. *byzantinus* (Amaryllidaceae). *Phytochemistry*, 50(7), 1255-1261.
- Wu, H.C., Murthy, N.H., Hahna, J.E., Paek, Y.K. (2007). Enhanced production of caftaric acid, chlorogenic acid and cichoric acid in suspension cultures of *Echinacea purpurea* by the manipulation of incubation temperature and photoperiod. *Biochemical Engineering Journal*, 36: 301–303.
- Vaillant, N., Monnet, F., Hitmi, A., Sallanon, H and Coudret, A., (2005). Comparative study of responses in four *Datura* species to a zinc stress. *Chemosphere*, 59: 1005-1013.
- Vallivodan, B., Nguyen, H.T., (2006). Understanding regulatory networks and engineering for enhanced drought tolerance in plants. *Curr. Opin. Plant Biol.*, 9: 189-195.
- Yakıt, S., ve Tuna, A. L. (2006). Tuz stresi altındaki mısır bitkisinde (*Zea mays* L.) stres parametreleri üzerine Ca, Mg ve K’nın etkileri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(1), 59-67.
- Yaşar, F., (2003). Tuz Stresi Altındaki Patlıcan Genotiplerinde Bazı Antioksidant Enzim Aktivitelerinin in vitro ve in vivo Olarak İncelenmesi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van, 138 s.
- Yasar, F., Kusvuran, S., Ellialtıoglu, S., (2006). Determination of anti oxidant activities in some melon (*Cucumis melo* L.) varieties and cultivars under salt stress. *J. Hort. Sci. and Biotech.*, 81(4):627–630.

- Yener, İ., (2017). “Bazı Euphorbia türlerinin Ağır Metal ve Türe Özgü Sekonder Metabolit İçeriklerinin LC-MS/MS, LC-MS-IT-TOF ve ICP-MS ile Metot Validasyonu; Antioksidan ve Antikanser Özelliklerinin Belirlenmesi”, Doktora Tezi, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Diyarbakır,
- Yeşilyurt, E.B., Kurt, L. ve Akaydın, G. (2008). Hacıkadın vadisi florası üzerine bir araştırma (Ankara/Türkiye). *Biyolojik Çeşitlilik ve Koruma*,1-2, 25-52.
- Yıldız, N., (2004). Toprak ve Bitki Ekosistemindeki Ağır Metaller. ZT-531. Yüksek Lisans Ders Notları. Erzurum.
- Yıldız, A., Aksoy, A., Akbulut, G., Demirezen, D., Islek, C., Altuner, EM. ve Duman, F. (2011). “Correlation Between Chlorophyll Degradation and the Amount of Heavy Metals Found in Pseudevernia Furfuracea in Kayseri (Turkey)” *Ekoloji*, 20 (78), 82-88.
- Zengin, K.F ve Munzuroğlu, Ö., (2005). Fasulye Fidelerinin (*Phaseolus vulgaris* L.Strike) Klorofil ve Karotenoid Miktarı Üzerine Bazı Ağır Metallerin (Ni^{+2} , Co^{+2} , Cr^{+3} , Zn^{+2}) Etkileri. *F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17(1); 164-172.

ÖZGEÇMİŞ

Adı-Soyadı : Yasemin KIRGEÇ

Bilimsel Faaliyetler (Yayınlar, Bildiriler, Katıldığı Projeler)

1-) MESMAP 8 (The 8th International Mediterranean Symposium on Medicinal and Aromatic Plants October 20-22, 2022), Sözlü Sunum, İzmir – TURKEY (Uluslararası).
Effect Of Salicylic Acid Foliar Application on Proline, Chlorophyll and Caretenoid Content in *Galanthus elwesii* Hook. Under Zinc Stress

