



T.C.

**AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

**TUZ STRESİ UYGULANAN DOMATES BİTKİSİNDE EKZOJEN
MELATONİNİN BAZI FİZYOLOJİK PARAMETRELER ÜZERİNE
ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Perihan KARACA

DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Fazilet Özlem ALBAYRAK

AKSARAY, 2019

Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 162307402 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi, "Perihan KARACA", tarafından hazırlanan "TUZ STRESİ UYGULANAN DOMATES BİTKİSİNDE EKZOJEN MELATONİNİN BAZI FİZYOLOJİK PARAMETRELER ÜZERİNE ETKİSİ" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Biyoloji Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi FAZİLET ÖZLEM ALBAYRAK

Aksaray Üniversitesi

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



Üye: Doç. Dr. Rıza BİNZET

Mersin Üniversitesi

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



Üye: Dr. Öğr. Üyesi Mesut ŞAM

Aksaray Üniversitesi

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



Tez Savunma Tarihi: 04 /04/2019

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

.....
Doç. Dr. Mehmet Ali HİNİS
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, akademik kurallara ve bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, çalışmamda kullandığım verilerin orijinalliğini ve her türlü intihalden uzak olduğunu beyan ederim.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

İmza

Perihan KARACA

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleőtirilmesinde, benimle değerli bilgilerini paylaőan, kendisine ne zaman danıősam sabırla ve büyük bir ilgiyle bana faydalı olan ve gelecekteki mesleki hayatımda bana verdiği değerli bilgilerden faydalanacağım kıymetli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Fazilet Özlem ALBAYRAK'a teőekkürü bir borç biliyor ve őükranlarımı sunuyorum.

Her zaman beni destekleyen canım annem Ayten KARACA'ya, canım babam Zeki KARACA'ya ve çalıőmalarım boyunca yardımını hiç esirgemeyen değerli amcam Abdullah PALA'ya teőekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca desteklerinden dolayı, Aksaray Üniversitesi BAP Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederim.

Perihan KARACA
AKSARAY, 2019

İÇİNDEKİLER

Sayfa

TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	v
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
1.1 Bitkilerde Melatonin	1
1.2 Ekzojen Melatonin Uygulamasının Bitki Metabolizmasına Etkileri	2
1.3 Bitkilerde Gama Aminobütirik Asit (GABA).....	4
1.4 Bitkilerde Reaktif Oksijen Türleri ve Antioksidan Savunma Sistemi	6
1.5 Fenolik Bileşikler	7
2. MATERYAL VE YÖNTEM	11
2.1 Bitki Yetiştirme Koşulları	11
2.2 Toplam Klorofil Analizi	11
2.3 GABA Analizi.....	12
2.4 Fenolik Madde Analizi.....	12
2.5 Lipid Peroksidasyonu Analizi	13
2.6 İstatistiksel Analiz	13
3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	14
3.1 Toplam Klorofil Miktarı	14
3.2 Endojen GABA Miktarı	15
3.3 Fenolik Madde Miktarı	16
3.3.1 Gallik asit miktarı.....	16
3.3.2 Klorojenik asit miktarı	17
3.4 Malondialdehit (MDA) Miktarı	18
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	20
KAYNAKLAR	21
ÖZGEÇMİŞ	25

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TUZ STRESİ UYGULANAN DOMATES BİTKİSİNDE EKZOJEN MELATONİNİN BAZI FİZYOLOJİK PARAMETRELER ÜZERİNE ETKİSİ

Perihan KARACA

Aksaray Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Fazilet Özlem ALBAYRAK

ÖZET

Melatonin (N-asetil-5-methoksitriptamin) birçok canlı grubunda tanımlanan düşük molekül ağırlıklı bir maddedir. Bununla birlikte, melatoninin bitki metabolizmasındaki etkileri günümüzde dikkat çeken bir konudur. Domates (*Solanum lycopersicon* L.) ülkemizde ve dünyada ticari olarak oldukça önemli tarım ürünlerinin başında gelmektedir. Bu çalışmada tuz stresi uygulanan domates bitkisinde ekzojen melatoninin bazı fizyolojik parametrelere etkileri incelenmiştir. Domates bitkisi iklim kabininde kontrollü şartlar altında yetiştirildi. Melatonin solüsyonu (200 µM) sprey yöntemi ile domates bitkisinin yapraklarına uygulandı ve daha sonra tuz stresi (100 mM NaCl, 200 mM NaCl) Hoagland solüsyonu içinde saksılara uygulandı. Bu çalışmada bitki yapraklarından bitkilerde stres sırasında sinyal olarak görev alan gama aminobütirik asit (GABA) ile antioksidan etki gösteren fenolik madde analizi HPLC ve toplam klorofil miktarı ve hücre hasarının belirteci olan malondialdehit miktarı analizleri spektrofotometre ile gerçekleştirildi. Çalışma sonucunda ekzojen melatonin uygulamasının toplam klorofil miktarı, GABA miktarı ve bazı fenolik madde miktarını artırdığı, bununla birlikte MDA miktarını azalttığı belirlendi. Bu nedenle, ekzojen melatonin uygulamasının tuz stresinde domates bitkisinde iyileştirici etkilerinin olabileceği söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Gama aminobütirik asit, Fenolik madde, HPLC, N-asetil-5-methoksitriptamin, *Solanum lycopersicon*, Tuzluluk.

Mart, 2019; 25 sayfa

M.Sc. THESIS

THE EFFECTS OF EXOGENOUS MELATONIN ON SOME PHYSIOLOGICAL PARAMETERS IN TOMATO PLANTS UNDER SALT STRESS

Perihan Karaca

Aksaray University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biology

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Fazilet Özlem ALBAYRAK

ABSTRACT

Melatonin (N-acetyl-5-methoxytryptamine) is a low molecular weight substance found in several organisms. However, the effects of melatonin on plant metabolism are of special interest. Tomato (*Solanum lycopersicon* L.) has an important economic value in our country and worldwide among agricultural products. In this study the effects of exogenous melatonin on some physiological parameters were investigated in tomato plants under salt stress. Tomato plants were grown in a growth chamber under controlled conditions. Melatonin solution (200 µM) was sprayed to the tomato leaves and then salt stress (100 mM NaCl, 200 mM NaCl) was applied to the pots in Hoagland solution. In this study the contents of gamma-aminobutyric acid (GABA), which has a signal role under stress conditions, and phenolic substances, which have antioxidant effects, were analyzed from tomato plant leaves via HPLC and total chlorophyll and the indicator of cell damage malondialdehyde (MDA) content analyses were determined via spectrophotometer. Exogenous melatonin treatment increased total chlorophyll content, GABA content and some phenolic substances; however, MDA content was reduced under melatonin application. Therefore, we can suggest that exogenously applied melatonin could have alleviative effects in tomato plant under salt stress.

Keywords: Gamma-aminobutyric acid, Phenolic substance, HPLC, N-acetyl-5-methoxytryptamine, *Solanum lycopersicon*, Salinity.

March, 2019; 25 pages

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. Melatoninin kimyasal yapısı.....	1
Şekil 1.2. Bitki ve hayvanlardaki melatonin sentezi.....	2
Şekil 1.3. Stres faktörlerinin endojen melatonine etkisi ve bitkilerin stres cevabı.....	3
Şekil 1.4. Bitkilerde GABA sentez yolu.....	4
Şekil 1.5. Abiyotik ve biyotik stres koşullarında GABA miktarının düzenlenmesi....	5
Şekil 1.6. ROS ve antioksidan savunma sistemi.....	7
Şekil 1.7. Gallik asit ve kuersetinin kimyasal yapısı.....	8
Şekil 1.8. Bitkilerde fenolik bileşiklerin oluşum yolu.....	9
Şekil 2.1. HPLC kromatogramı (GABA).....	12
Şekil 3.1. Domates bitkisinin yapraklarındaki toplam klorofil miktarı.....	14
Şekil 3.2. Domates bitkisinin yapraklarındaki GABA miktarı.....	15
Şekil 3.3. Domates bitkisinin yapraklarındaki gallik asit miktarı.....	16
Şekil 3.4. Domates bitkisinin yapraklarındaki klorojenik asit miktarı.....	17
Şekil 3.5. Domates bitkisinin yapraklarındaki MDA miktarı.....	18

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 1.1. Bitki hücrelerinde ROS kaynaklarının lokalizasyonu	6
Çizelge 1.2. Bitkilerde ROS detoksifikasyon mekanizması	7
Çizelge 2.1. Domates bitkisine uygulanan deneme deseni	11

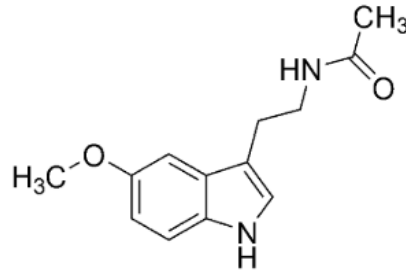


SİMGELER VE KISALTMALAR

°C	Santigrat Derece
g	Gram
GABA	Gama aminobütirik asit
GABA-T	GABA-transaminaz
GAD	Glutamat dekarboksilaz
GDH	Glutamat dehidrogenaz
GPX	Glutatyon peroksidaz
H ₂ O ₂	Hidrojen peroksit
M	Molar
MDA	Malondialdehit
mg	Miligram
mL	Mililitre
mm	Milimetre
mM	Milimolar
MT	Melatonin
NAD	Nikotinamid adenin
NADPH	Nikotinamid adenin dinükleotit fosfat
NaOCl	Sodyum hipoklorit
nm	Nanometre
ROS	Reaktif oksijen türleri
SSAHD	Süksinik semialdehit dehidrogenaz
TBA	Tiobarbiturik asit
TCA	Trikarboksilik asit
µg	Mikrogram
µmol	Mikromol
µL	Mikrolitre
µm	Mikrometre
γ	Gama

1. GİRİŞ

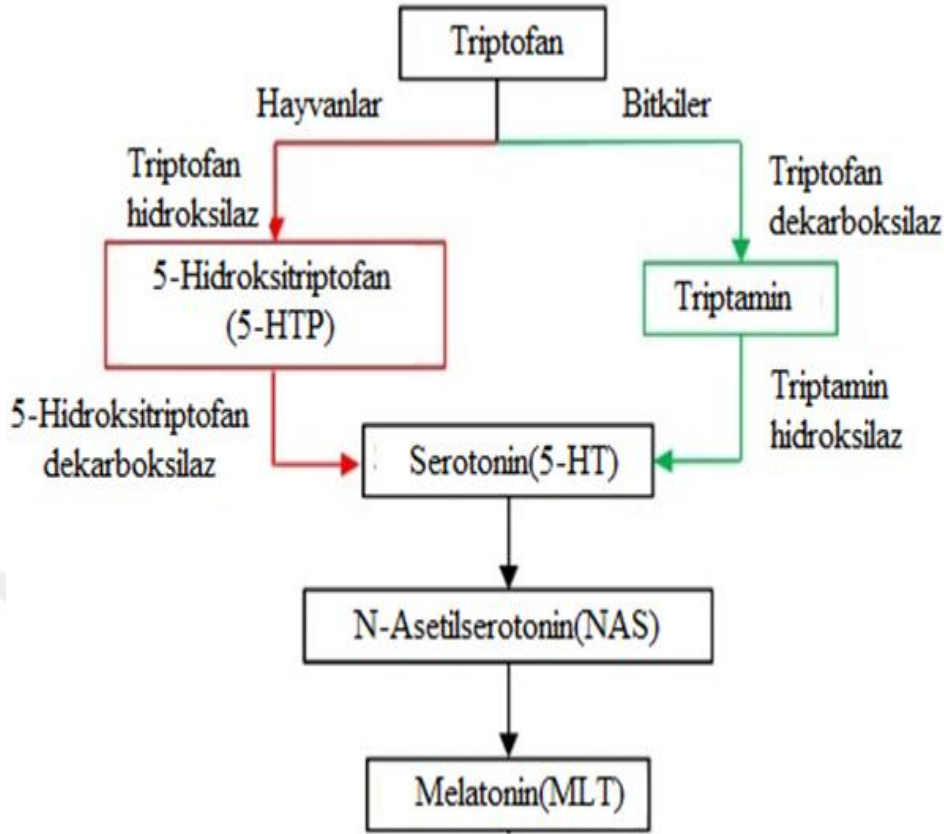
Melatonin (N-asetil-5-methoksitriptamin), 1958 yılında sığır pineal bezinde tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalar ile prokaryot ve ökaryot olmak üzere birçok canlıda melatoninin var olduğu belirlenmiştir. Günümüzde her canlı grubunda var olduğu belirlenen melatonin düşük molekül ağırlığına sahip kimyasal bir maddedir (Arnao ve Hernandez-Ruiz, 2015; Back vd., 2016) (Şekil 1.1). Melatonin, insanlarda sirkadien ritimi ayarlamak ile görevlidir ve pineal bezden gece boyunca karanlıkta sentezlenen bir hormondur. İnsanlarda uyku üzerindeki etkisi nedeniyle yoğun olarak araştırılan önemli bir hormondur. Melatoninin bitkilerdeki keşfi, 1995 yılında gerçekleşmiştir. Yapılan araştırmalarda tohum, yaprak, kök ve meyve gibi bitkilerin çeşitli kısımlarında melatoninin var olduğu belirlenmiştir (Tettamanti vd., 2000).



Şekil 1.1. Melatoninin kimyasal yapısı (Galano vd., 2016).

1.1 Bitkilerde Melatonin

Melatonin bitkilerde 1995’de belirlenmiştir (Dubbels vd., 1995; Hattori vd., 1995). Melatonin, bitki ve hayvanlarda triptofandan sentezlenir. Bununla birlikte, bitkilerdeki melatonin sentezi hayvanlardaki sentez yolundan farklılık göstermektedir (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Bitki ve hayvanlardaki melatonin sentezi (Galano vd., 2016).

Melatonin bitkilerde yaprak morfolojisi, klorofil miktarı, üreme, gelişme, meyve gelişimi ve kök büyümesine olumlu etkileri bulunmaktadır. Melatonin miktarı, bitkilerde türden türe farklılık göstermektedir ve aynı türdeki genotipler içinde ve farklı büyüme evreleri içinde farklılık gösterdiği bilinmektedir (Dubbels vd., 1995; Posmyk vd., 2009).

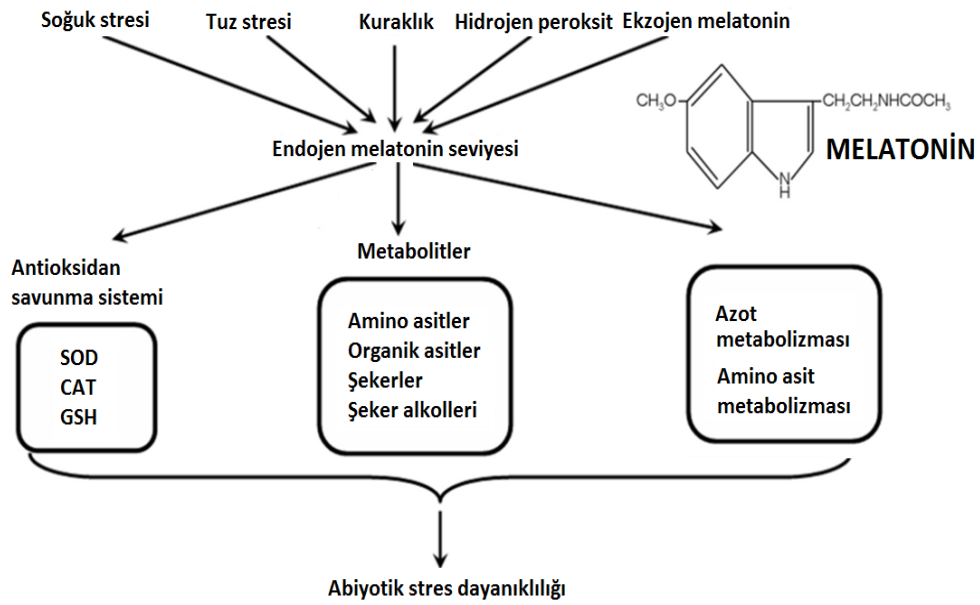
1.2 Ekzojen Melatonin Uygulamasının Bitki Metabolizmasına Etkileri

Bitkilerde ekzojen olarak melatonin uygulaması; tohum çimlenmesi, bitki büyümesi, bitki verimi ve fotosentezi artırmaktadır. Hasat sonrası melatonin uygulamasının gıda kalitesi ve meyve olgunlaşmasını artırabileceği bildirilmiştir (Erland vd., 2016; Szafranska vd., 2016).

Melatonin, serbest radikalleri tutarak antioksidan etki göstermektedir (Arnao ve Hernandez-Ruiz, 2015). Melatonin, reaktif oksijen türlerinin zararlı etkilerini bertaraf edebilmektedir (Arora ve Bhatla, 2017). Melatoninin, antioksidan enzim aktivitesini indükleyerek ve nitrik oksit oluşumuna neden olan nitrik oksit sentaz aktivitesini

inhibe ederek antioksidan etki gösterdiği bilinmektedir (Escames vd.,1997). Yenilebilir bitkilerde melatonin bulunması melatoninin güçlü bir antioksidan olması sebebiyle önem taşımaktadır (Kennaway, 2017).

Bitkiler abiyotik ve biyotik streslere maruz kaldıklarında melatonin sentezi artabilir. Yüksek sıcaklık, soğuk, ağır metal stresi gibi olumsuz çevre koşullarında savunma sistemi indüklenerek bitkilerde endojen melatonin üretiminin arttığı belirtilmiştir (Arnao ve Hernandez-Ruiz, 2013; Back vd., 2014) (Şekil 1.3).



Şekil 1.3. Stres faktörlerinin endojen melatonine etkisi ve bitkilerin stres cevabı (Shi vd., 2016).

Ekzojen olarak uygulanan melatonin biyotik ve abiyotik stres koşullarında farklı etkiler gösterebilmektedir (Arnao ve Hernandez-Ruiz, 2015). Soğuk stresi uygulanan tohumlarda melatonin uygulamasının çimlenmeyi artırdığı bildirilmiştir (Posmyk vd., 2009). Ağır metal stresinde de melatonin uygulamasının bitki dayanıklılığını artırdığı belirtilmiştir (Tan vd., 2007).

Soğuk stresi uygulamasında soğuk toleransını askorbat-glutatyon döngüsünü düzenleyerek artırdığı bildirilmiştir (Zhao vd., 2016). Tuz stresi uygulaması öncesinde ise melatoninin klorofil miktarının artması, yaprak sayısının artması ve gövde uzamasına neden olduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte tuz stresinin olumsuz etkilerini reaktif oksijen türlerini süpüren enzim aktivitelerini indükleyerek azalttığı

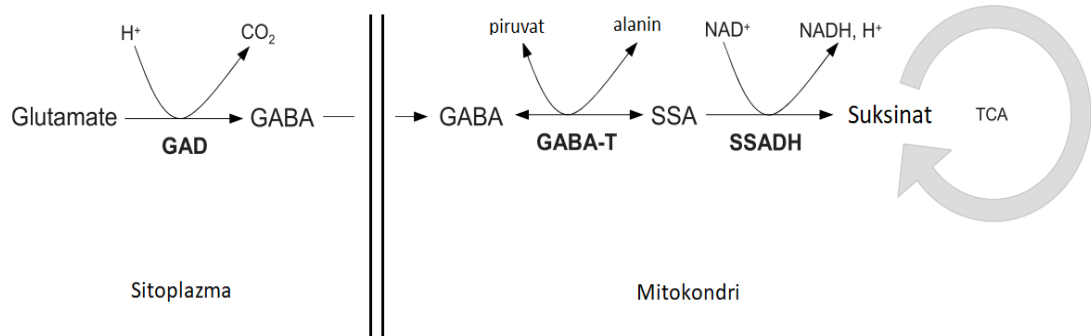
vurgulanmıştır (Li vd., 2012). Soğuk stresinde ekzojen melatonin uygulamasının koruyucu etki gösterdiği ve soğuk toleransını artırdığı bildirilmiştir (Li vd., 2017). Bununla birlikte, melatonin uygulamasının paraquatın neden olduğu oksidatif stresin olumsuz etkilerini azaltabileceği belirtilmiştir (Szafránska vd., 2016).

Melatoninin bitkilerdeki keşfi hayvanlardaki keşfinden oldukça sonra olduğundan dolayı melatoninin bitki metabolizmasına etkileri, özellikle son yıllarda dikkat çekmektedir (Arnao ve Hernandez-Ruiz, 2015). Abiyotik ve biyotik stres altındaki bitkilerde melatoninin nasıl bir işleve sahip olduğu ve özellikle stres sırasında belirgin düzeyde indüklenen sinyal moleküllerle etkileşiminin aydınlatılması oldukça önem taşımaktadır. Melatoninin özellikle son yıllarda sinyal bir molekül olduğu kabul edilen gama aminobütirik asit (GABA) oluşumu üzerine etkisi henüz tam olarak bilinmemektedir.

1.3. Bitkilerde Gama Aminobütirik Asit (GABA)

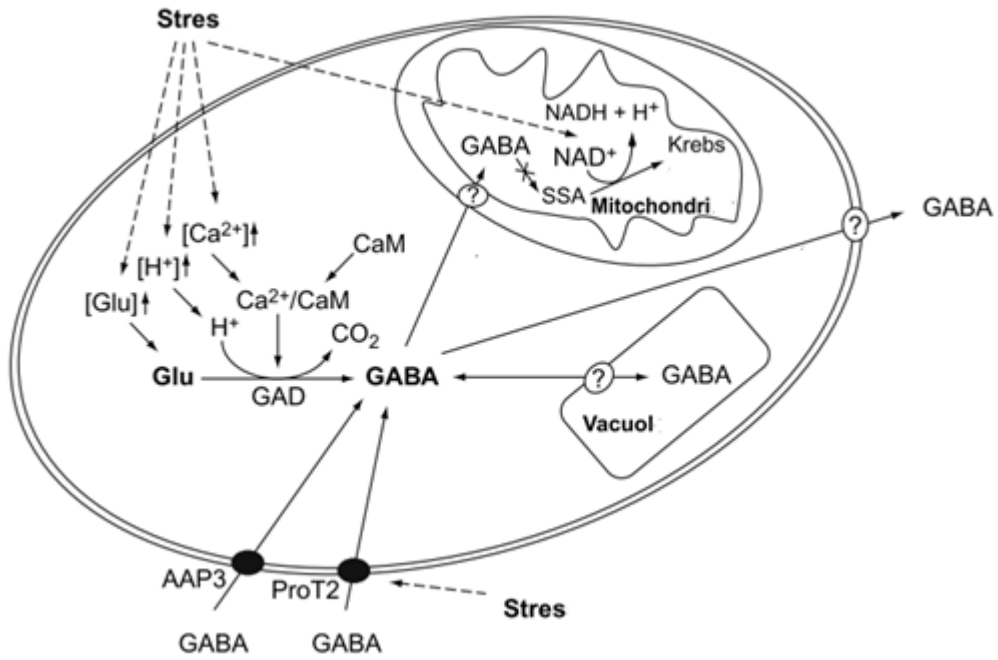
Gama aminobütirik asit (GABA), dört karbonlu protein yapısında olmayan amino asit havuzu içinde serbest bir aminoasittir. Prokaryot ve ökaryot olmak üzere çok sayıda canlıda belirlenmiştir (Shelp vd., 1999). GABA, memelilerde inhibitör nörotransmitter bir madde olarak görev almaktadır. GABA, kan basıncı gibi kardiyovasküler fonksiyonların düzenlenmesinde, ağrı ve anksiyetenin hafifletilmesinde ve sinir iletiminde önemli rol oynayan bir maddedir (Li vd., 2010).

GABA bitkilerde, abiyotik ve biyotik streslerde hücre seviyesinde birikmektedir (Kinnersley ve Turano, 2000; Bouche ve Fromm, 2004). GABA, L-glutamattan sentezlenmektedir ve trikarboksilik asit döngüsü ile oldukça ilişkilidir (Şekil 1.4).



Şekil 1.4. Bitkilerde GABA sentez yolu (Renault vd., 2010).

GABA, bitki gelişiminde ozmotik denge, pH dengesi, C ve N metabolizmasında önemli etkilere sahiptir. Kuraklık, tuz, soğuk ve sıcak gibi stres koşullarında bitki dokularında hızlı bir şekilde GABA biriktirildiği vurgulanmıştır (Kinnersley ve Turano, 2000). GABA metabolik yolunun tuz ve ozmotik streslerine karşı adapte olabilmek için anahtar rol oynadığı belirtilmiştir (Al-Quraan vd., 2013). Bununla birlikte, GABA yolağında meydana gelebilecek olan bir hasar sonucunda reaktif oksijen türlerinde artış olabilmektedir (Fait vd., 2005, Şekil 1.5).



Şekil 1.5. Abiyotik ve biyotik stres koşullarında GABA miktarının düzenlenmesi (Shelp vd., 2010).

UV stresi altında GABA miktarının arttığı ve UV'nin neden olduğu oksidatif stresin zararlarına karşı GABA yolağının oldukça önemli etkisinin olduğu bildirilmiştir. Ca^{+2}/CaM ile bu yolağın düzenlendiği ve hücrel redoks durumunun dengelendiği belirtilmiştir. GABA metabolizmasında bir hasar meydana geldiğinde bitkilerin UV stresine karşı daha korunmasız olabileceği bildirilmiştir (Al-Quraan vd., 2015). Uzun dönem tuz stresinde GABA metabolik yolunun etkisi vurgulanmıştır (Akçay vd., 2012). Bununla birlikte, tuz stresinde ekzojen olarak uygulanan GABA'nın bazı genlere etki ederek tuz stresinin etkilerini azalttığı bildirilmiştir (Shi vd., 2010). Stres sırasındaki etkilerinden dolayı, GABA'nın diğer metabolitlerle etkileşiminin bilinmesi oldukça önemlidir (Ramesh vd., 2017). Bu nedenle bitki gelişimi üzerine

olumlu etkilerinin olduğu bilinen melatonin ve stres sırasında sinyal bir molekül olarak görev alan GABA arasındaki etkileşimin bilinmesi stres sırasında meydana gelebilecek olan etkilerin bilinmesi açısından oldukça önemlidir.

1.4. Bitkilerde Reaktif Oksijen Türleri ve Antioksidan Savunma Sistemi

Bitkilerde reaktif oksijen türleri (ROS), radikal olmayan bir molekülden elektron ilavesi ya da eksilmesi sonucu oluşabilmektedir. ROS, farklı moleküllerle etkileşim içinde olabildikleri için yükseltgeyici veya indirgeyici olarak rol oynayabilirler (Büyük, 2016). Reaktif oksijen türleri, endojen olarak yoğun olarak fotosentez sırasında ve TCA döngüsünde oluşmaktadır (Breusegem ve Dat, 2006). Bitki hücrelerindeki ROS kaynakları ve lokalizasyonu Çizelge 1.1’de belirtilmiştir.

Çizelge 1.1. Bitki hücrelerinde ROS kaynaklarının lokalizasyonu (Groß vd., 2013).

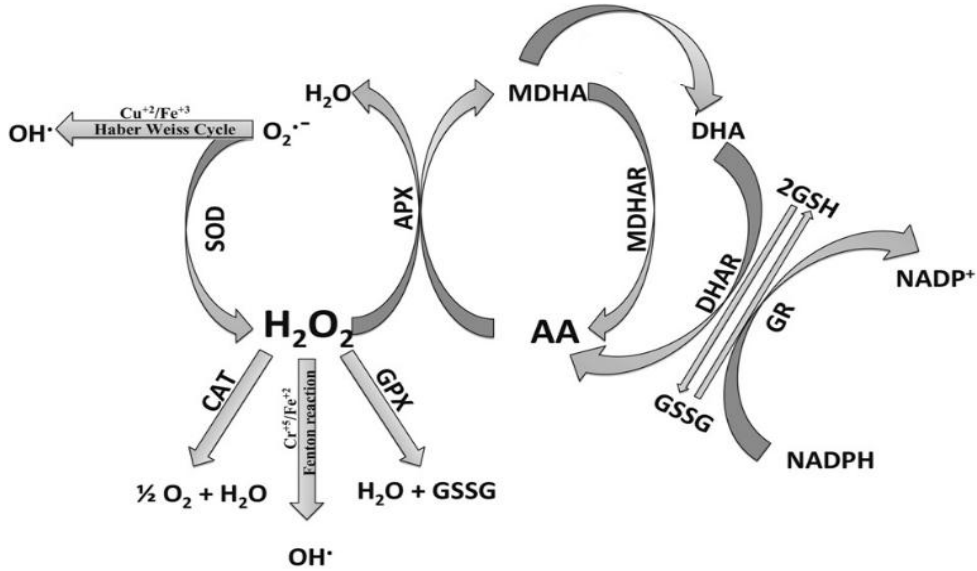
Lokalizasyon	ROS Kaynakları
Kloroplast	Fotosentetik ETS, PS I ve PS II
Peroksizom	Fotorespirasyon, yağ asidi oksidasyonu
Mitokondri	Elektron taşıma sistemi
Sitoplazma	Plazma membran kaynaklı kinon oksidaz
Apoplast	Plazma membran kaynaklı NADPH oksidaz Hücre duvarı kaynaklı peroksidaz

Bitki hücrelerinde oluşan reaktif oksijen türleri, bitkilerde bulunan enzimatik ve enzimatik olmayan savunma sistemiyle süpürülmektedir. Enzimatik savunma sisteminde superoksit dismutaz, askorbat peroksidaz, katalaz, glutatyon peroksidaz ve peroksidaz gibi enzimler rol almaktadır. Enzimatik olmayan savunma sisteminde askorbik asit, glutatyon, tokoferol ve karotenoidler görev almaktadır (Çizelge 1.2, Şekil 1.6).

Çizelge 1.2. Bitkilerde ROS detoksifikasyon mekanizması (Mittler, 2002).

Mekanizmas	Lokalizasyon	ROS
Superoksit dismutaz	Chl, Cyt, Mit, Per, Apo	$O_2^{\cdot-}$
Askorbat peroksidaz	Chl, Cyt, Mit, Per, Apo	H_2O_2
Katalaz	Per	H_2O_2
Glutasyon peroksidaz	Cyt	H_2O_2 , ROOH
Peroksidaz	CW,Cyt,Vac	H_2O_2
Askorbik asit	Chl, Cyt, Mit, Per, Apo	H_2O_2 , $O_2^{\cdot-}$
Glutasyon	Chl, Cyt, Mit, Per, Apo	H_2O_2
Tokoferol	Membranlar	ROOH, $O_2^{\cdot-}$
Karotenoidler	Chl	$O_2^{\cdot-}$

Apo: apoplast, Chl: kloroplast, CW, hücre duvarı, Cyt, sitozol, Mit: mitokondri; $O_2^{\cdot-}$:singlet oksijen, Per: peroksidom, PM: plazma membran, Vac: vakuol

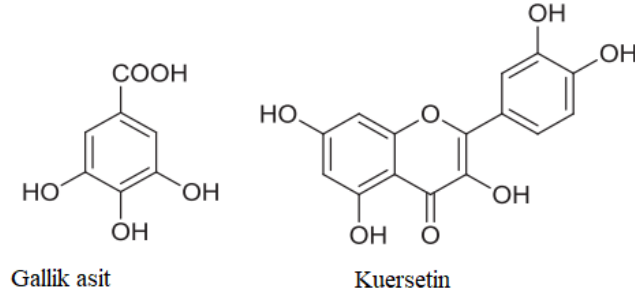


Şekil 1.6. ROS ve antioksidan savunma sistemi (Gill ve Tuteja, 2010).

1.5. Fenolik Bileşikler

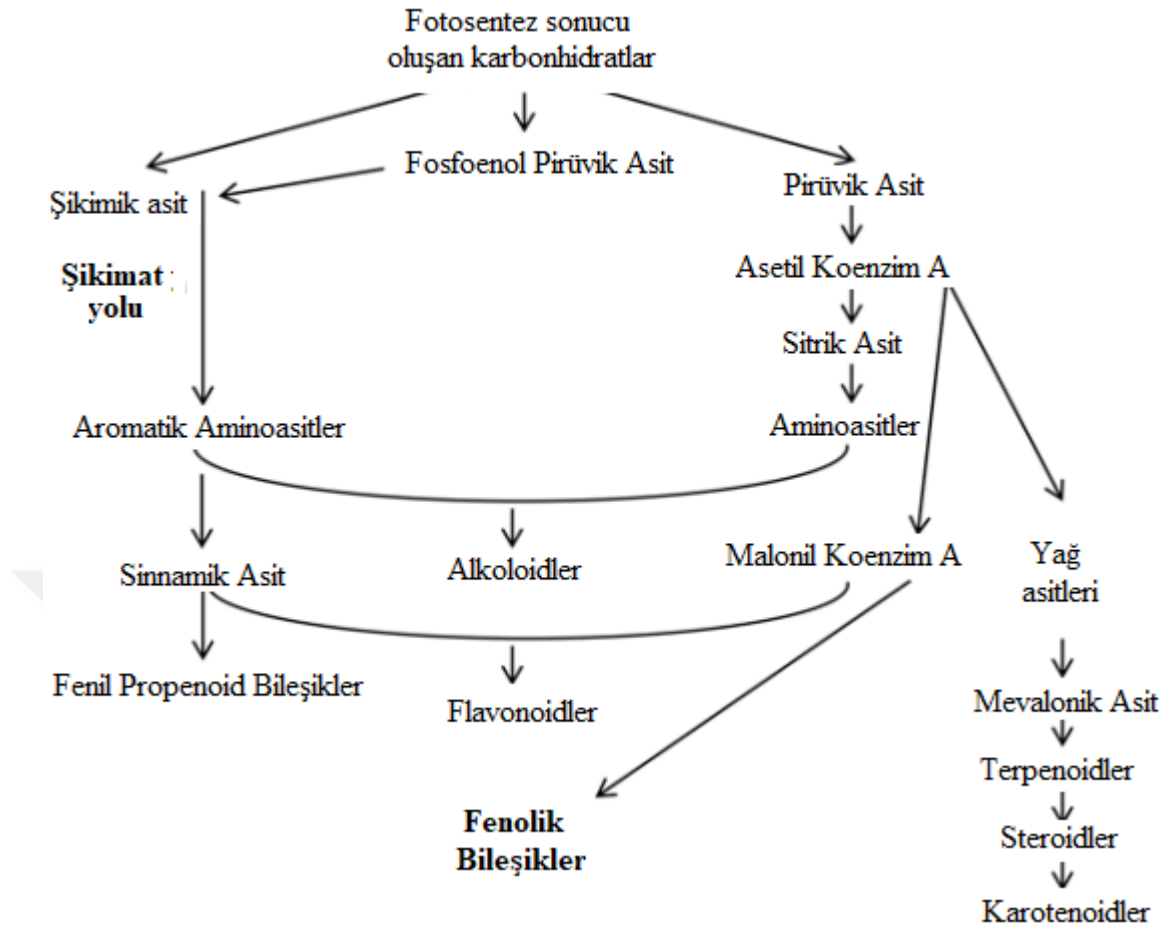
Bitkiler savunma amaçlı sekonder metabolitler gibi bazı maddeler üretebilirler. Sekonder metabolitler içinde yer alan fenolik maddeler stres sırasında indüklenebilmektedir. Fenolik bileşikler ticari açıdan oldukça önem taşımaktadır. Özellikle tıbbi ve aromatik bitkilerden elde edilebilen fenolik bileşikler besinlerde ve farmasötik bileşenlerde yaygın olarak kullanılmaktadır (Alu'datt vd., 2016). Gallik asit, kateşin, epikateşin gibi fenolik maddelerin radikal süpürücü etki gösterdiği ve

bu nedenle antioksidan etki gösterdiği belirtilmiştir (Yılmaz ve Toledo, 2004; Şekil 1.7). Fenolik bileşikler radikal temizleyebilmektedir ve metal şelatlayabilmektedir. Bu nedenle fenolik bileşiklerin antioksidan özelliği bulunmaktadır. Bu özellik, hidroksil grup sayısına ve moleküldeki pozisyonuna bağlıdır (Meral vd., 2012).



Şekil 1.7. Gallik asit ve kuersetinin kimyasal yapısı (Roleira vd., 2015).

Fenolik bileşikler primer metabolitlerden sentezlenmektedir ve çok sayıda metabolizmada rol alan metabolitler ile ilişkilidir (Şekil 1.8). Çeşitli çevresel stres koşullarında fenolik bileşiklerin sentezi bitki savunma sisteminin bir göstergesi olarak arttığı bilinmektedir. Tuz stresi gibi stres koşullarında fenolik içeriğin indüklenerek antioksidan aktivitenin artış gösterdiği belirtilmiştir (Petridis vd., 2012). Ticari açıdan önemli tıbbi bir bitki olan *Salvia sclarea* L. (Adaçayı) bitkisinde belirli konsantrasyonlardaki tuz uygulamasının fenolik içeriği artırdığı ve söz konusu konsantrasyonların ticari olarak kullanılabileceği bildirilmiştir (Taârit vd., 2012).



Şekil 1.8. Bitkilerde fenolik bileşiklerin oluşum yolu (Zwart vd., 1999).

Bununla birlikte, ekzojen olarak uygulanan bazı metabolitlerin de fenolik madde miktarını indükleyebileceği belirtilmiştir. İnsan sağlığına inhibitör nörotransmitter madde olarak olumlu etkileri olan ve oral yoldan alınabilen GABA ve yine sağlık açısından önemi olan antioksidan etki gösteren fenolik maddelerin sentezinde etki gösterebilecek olan ekzojen olarak uygulanan metabolitler dikkat çekmektedir. Bitki büyüme ve gelişiminde ve çeşitli stres koşullarında önemli etkileri olan melatoninin, fenolik maddelerin ve GABA miktarı üzerindeki etkisinin bilinmesi bu maddelerin stres sırasındaki etki mekanizmalarının aydınlatılması açısından oldukça önem taşımaktadır.

Bu çalışmanın amacı, ülkemizde ve dünyada tarımsal açıdan oldukça önemli olan domates bitkisinde tuz stresinde melatonin uygulamasının bitkilerde stres sırasında sinyal olarak rol alan gama aminobutirik asit (GABA) ile oksidatif stresin neden olduğu reaktif oksijen türlerine karşı antioksidan etki gösterebilen fenolik madde

içeriği ve oksidatif stresin neden olduğu lipid peroksidasyonu üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır.



2.MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Bitki Yetiştirme Koşulları

Solanum lycopersicon L. cv.7254 (Domates) bitkisinin tohumlarının yüzey sterilizasyonu (% 5 NaOCl) gerçekleştirildi ve perlit içeren saksılarda çimlendirildi. İklim kabiniinde kontrollü şartlar altında yetiştirildi. Fideler, Hoagland çözeltisi ile düzenli olarak sulandı, 8 hafta sonunda yapraklara melatonin (0, 200 µM MT) uygulaması sprey yöntemi ile yapıldı. 3 gün melatonin uygulamasından sonra tuz stresi (0, 100, 200 mM NaCl) Hoagland solüsyonu içinde 1 hafta boyunca uygulandı (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1. Domates bitkisine uygulanan deneme deseni.

Kontrol Grubu	Tuz (NaCl)	Melatonin (MT)	Melatonin + Tuz
0 mM NaCl	100 mM NaCl	200 µM MT	(MT+100 mM NaCl)
0 µM MT	200 mM NaCl		(MT+200 mM NaCl)

Yaprak örnekleri (0.1, 0.2 g ve 0.5 g) sıvı azotta dondurulup -80 °C’de dondurucuda analizlere kadar saklandı. Yaprak örneklerinden toplam klorofil miktarı, gama aminobutirik asit (GABA), fenolik madde miktarı ile lipid peroksidasyonu analizleri için ekstraksiyonlar yapıldı.

2.2 Toplam Klorofil Analizi

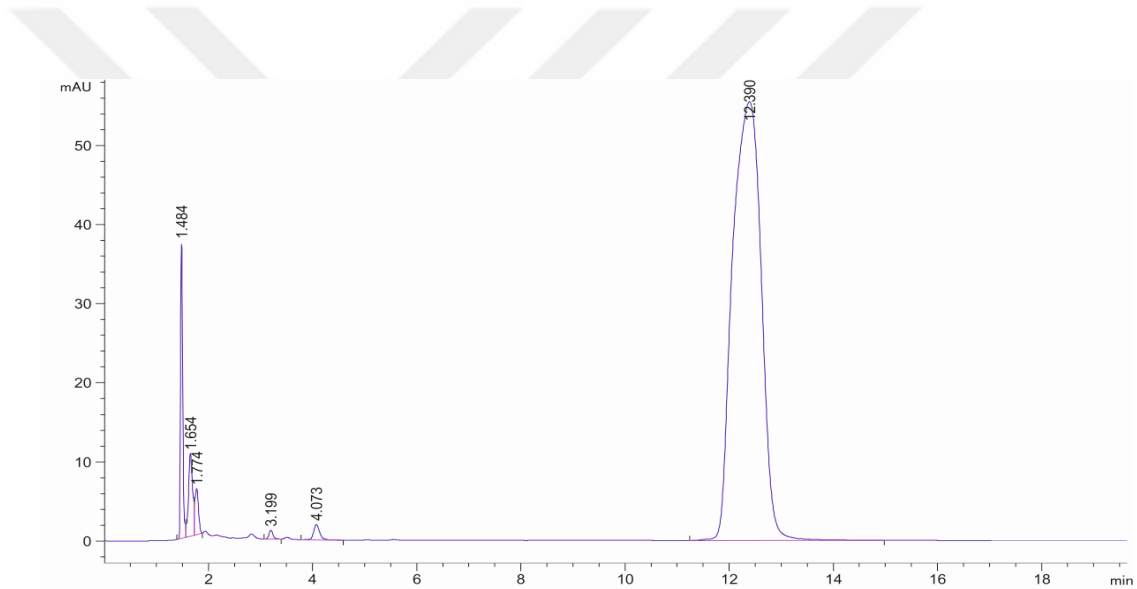
Toplam klorofil miktarı, Arnon, (1949) ve Zhang vd., (2013)’e göre spektrofotometrede (T80 + UV-VIS PG Instruments) ölçüldü. 0,5 g yaprak dokusu sıvı azotta toz haline getirilerek 5 ml asetonda (% 80) homojenize edildi ve daha sonra soğutmalı santrifüjde (Hermle Z326K) 10000 g’de 15 dakika santrifüj edildi. Ölçüm sırasında % 80 aseton kontrol olarak kullanıldı. Toplam klorofil miktarı Zhang vd., (2013)’e göre hesaplandı.

Klorofil a + b (mg / g) = [8.02 x A663 + 20.20 x A645] x V / 1000 x W.

W = yaprak ağırlığı (g), V = toplam hacim (ml).

2.3 GABA Analizi

GABA analizi, HPLC (Agilent 1200) ile gerçekleştirildi (Bor vd. 2009). 0.5 g yaprak örneği sıvı azot ile dondurulup su:kloroform:metanol (3:5:12,v/v/v) solüsyonunda homojenize edilerek (Heidolph 12 F) 4°C’de 10000 g’de santrifüj edildi. Hidroksinaftelaldehit (HN) ile 96 °C’de 30 dakika türevlendirilen örnekler, 45µL filtreden geçirilerek LC18 (Supelco) (250 mm×4.6 mm, 2.5 µm) kolonunda 1 mL dk⁻¹ akış hızında 20 µL enjeksiyon hacmi ile 330 nm’de analiz edildi. Solvent olarak metanol su (62:38) karışımı kullanıldı. Elde edilen kromatogramların alan hesabı saf GABA standartları ile karşılaştırıldı. HPLC’den elde edilen kromatogramlara göre GABA piki 12. dakikada elde edilmiştir (Şekil 2.1) .



Şekil 2.1. HPLC kromatogramı (GABA).

2.4 Fenolik Madde Analizi

Kalitatif ve kantitatif fenolik madde analizi HPLC (Agilent 1200) ile gerçekleştirildi (Caponio vd. 1999). 0.1 g yaprak örneği metanol ile homojenize edildi ve 10,000 g’de 10 dakika santrifüj edilerek 0.45 µm filtreden geçirildikten sonra Supelco LC18 kolon kullanılarak 0.8 mL dk⁻¹ akış hızında 20 µL enjeksiyon hacmi ile 278 nm’de analiz edildi. Solvent olarak asetik asit (% 2) ve metanol kullanıldı. Analiz sonucu elde edilen kromatogramlardan standart olarak hazırlanan fenolik maddelerin (benzoik, hidroksibenzoik, klorogenik, kafeik, sinapik, rosmarinik, t-cinnamik, t-

ferulik, p-kumarik, gallik asit ile epikateşin, kateşin, kuersetin, hesperidin) alan karşılaştırılması ile hesaplamalar gerçekleştirildi.

2.5 Lipid Peroksidasyonu Analizi

Lipid peroksidasyonunun belirteci olan malondialdehit (MDA) miktarı domates bitkisinin yapraklarında belirlendi. Yaprak örneği (0,2 g) sıvı azotta ezilerek trikloroasetik asit solüsyonunda (% 20 TCA) homojenize edilip santrifüjlendi. Örnekler TCA (% 5) ve tiobarbutirik asit (% 0,05 TBA) solüsyonunda 96 °C'de 30 dakika inkübe edilip 4°C'de 10000 g'de santrifüj edildi. MDA miktarı spektrofotometrede 532 ve 600 nm'de ölçüldü. 155 mM⁻¹ cm⁻¹ tükenme katsayısı kullanılarak hesaplamalar gerçekleştirildi (Zhang vd., 2013).

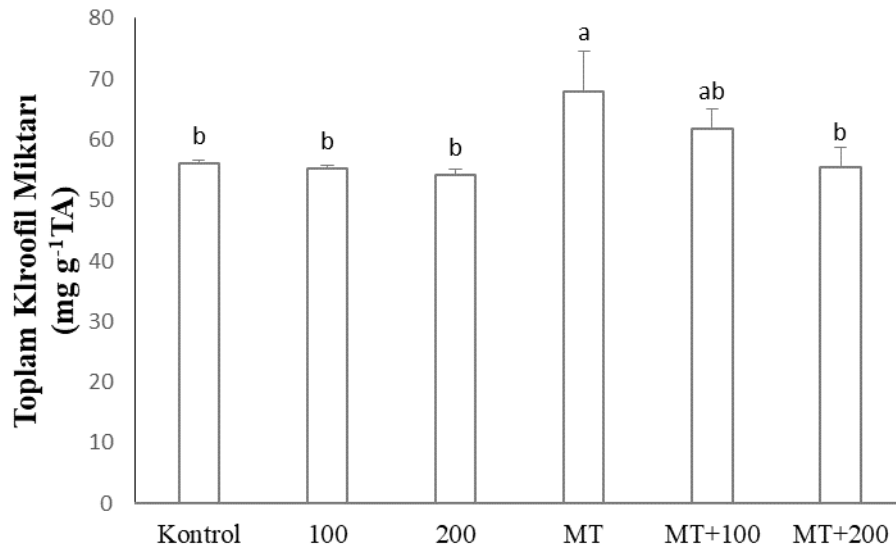
2.6 İstatistiksel Analiz

Tuz stresi uygulanan domates bitkisinde melatoninin etkisini belirlemek için SPSS12 programı kullanıldı. Kontrol bitkiler, melatonin ve tuz uygulanan bitkiler arasındaki farklılıklar tek yönlü varyans analizi ANOVA ve LSD testi ile gerçekleştirildi.

3.ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

3.1 Toplam Klorofil Miktarı

Domates bitkisinin yapraklarındaki toplam klorofil miktarı en yüksek olarak melatonin uygulamasında gözlemlendi. 100 ve 200 mM NaCl uygulamalarının toplam klorofil miktarını azalttığı bununla birlikte kontrol grubuna yakın miktarlarda belirlendi. Melatonin ve tuz uygulamalarında ise toplam klorofil miktarının sadece 100 ve 200 mM NaCl uygulamalarına göre daha yüksek düzeyde olduğu gözlemlendi (Şekil 3.1).



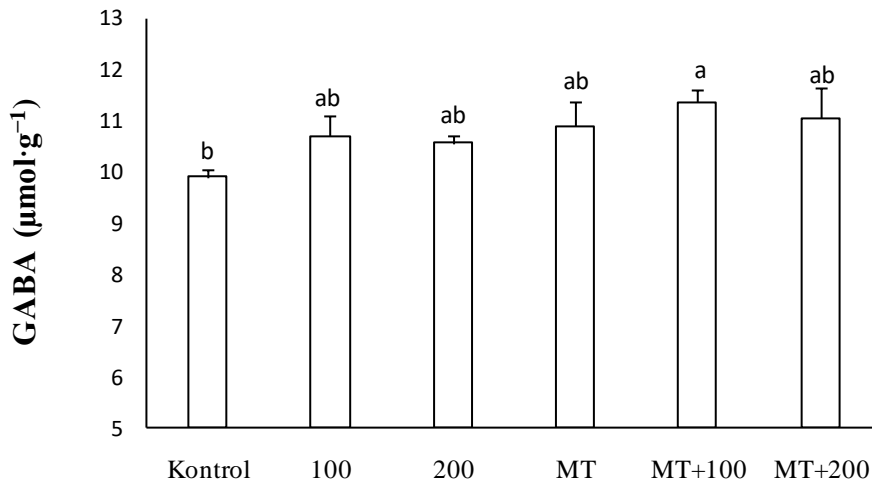
Şekil 3.1. Domates bitkisinin yapraklarındaki toplam klorofil miktarı.

Önceki yapılan çalışmalarda ekzojen olarak uygulanan melatoninin *Spinacia oleracea* L. (Moussa vd., 2017), *Cucumis melo* L. (Zhang vd., 2017) ve *Zea mays* L. (Fleta-Soriano vd., 2017) gibi farklı bitkilerde klorofil miktarında olumlu etkilerinin olduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte soğuk stresi (Zhang vd., 2017) ve tuz stresi (Zheng vd., 2017a) gibi stres durumlarında da melatoninin klorofil miktarında ve fotosentez veriminde iyileştirici etkilerinin olduğu vurgulanmıştır. Çalışmamızda da benzer şekilde melatonin uygulamasında kontrol grubuna göre belirgin düzeyde artış olduğundan dolayı ekzojen melatonin uygulamasının toplam klorofil miktarında artış ile birlikte fotosentezde olumlu etkilerinin olabileceği söylenebilir. Melatonin+tuz

uygulamalarında da melatoninin tuz stresinin olumsuz etkilerini hafifletebileceği söylenebilir.

3.2 Endojen GABA Miktarı

Domates bitkisinin yapraklarındaki GABA miktarının tuz uygulamalarında kontrol grubuna göre arttığı belirlendi. Melatonin (MT) ve MT+tuz uygulamalarında ise GABA miktarının kontrol grubuna göre belirgin düzeyde arttığı gözlemlendi. En yüksek GABA miktarı, melatonin+100 mM NaCl uygulamasında gözlemlendi (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Domates bitkisinin yapraklarındaki GABA miktarı. (MT: Melatonin, 100: 100 mM NaCl, 200: 200 mM NaCl).

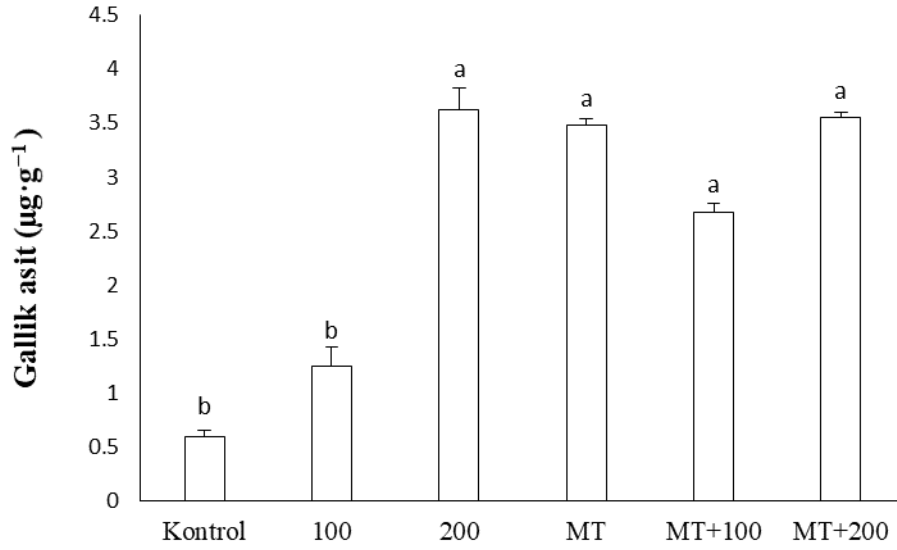
Wang vd., (2017) tuz stresinde GABA miktarının artarak reaktif oksijen türlerinin zararlı etkilerine ve membran hasarına karşı korumada olumlu ve iyileştirici etkisinin olduğunu vurgulamıştır. *Cassia italica* bitkisinde de benzer şekilde tuz stresi ile GABA miktarındaki artışın, tuz stresinin olumsuz etkilerine karşı iyileştirici etkisinin olduğu ve hücrelerde meydana gelen lipid peroksidasyonunu indirgeyici etkisi olduğu vurgulanmıştır (Alqarawi vd., 2016). Çalışmamızda da benzer şekilde tuz uygulamasında GABA miktarının kontrol grubuna göre arttığı belirlendi. Ekzojen MT uygulaması ve MT+tuz uygulamalarında GABA miktarındaki artış kontrol grubuna göre daha belirgindir. Ekzojen melatonin uygulaması ile GABA miktarındaki bu artışın tuz stresinin indükleyebileceği reaktif oksijen türlerinin zararlı etkilerine karşı GABA'nın sinyal olarak koruyucu etkisinin olabileceği söylenebilir.

3.3 Fenolik Madde Miktarı

Çalışmamızda HPLC ile analiz edilen 15 adet fenolik maddeden (Benzoik, hidroksibenzoik, rosmarinik, p-kumarik, kafeik, sinapik, klorojenik, t-cinnamik, t-ferulik, hesperidin, gallik asit ile kateşin, epikateşin, kuersetin) gallik asit ve klorojenik asit miktarlarında artış gözlenmiştir.

3.3.1 Gallik asit miktarı

Domates bitkisinin yapraklarında gallik asit miktarı kontrol bitkilerine göre, tuz uygulamalarında; 100 mM NaCl (2,1 kat) ve 200 mM NaCl (6,1 kat) belirgin düzeyde arttığı belirlendi. Melatonin uygulamasında kontrol bitkileriyle karşılaştırıldığında gallik asit içeriğinde (5,9 kat) belirgin bir artışa neden oldu. Gallik asit içeriği MT+tuz uygulamalarında da kontrol grubuna göre belirgin düzeyde artmıştır (Şekil 3.3).



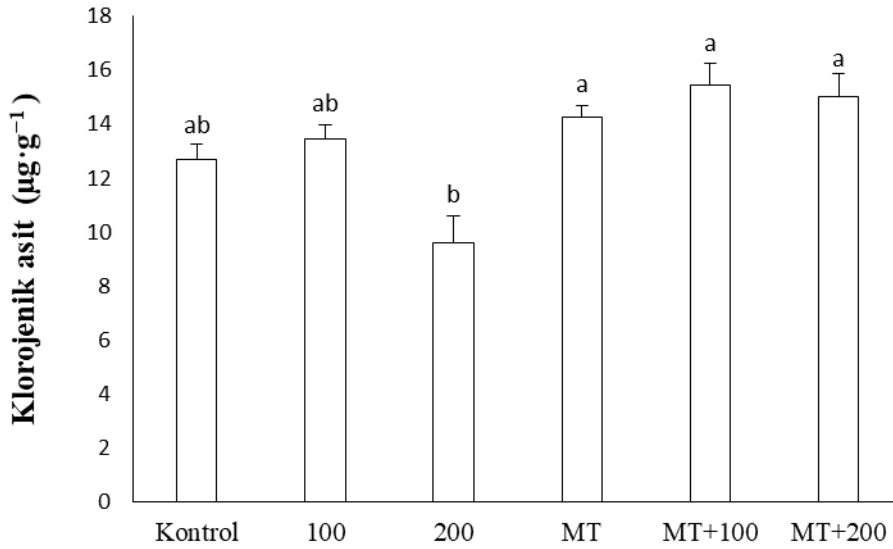
Şekil 3.3. Domates bitkisinin yapraklarındaki gallik asit miktarı (MT: Melatonin, 100: 100 mM NaCl, 200: 200 mM NaCl).

Yapraklardaki gallik asit, süperoksit anyonların temizlenmesinde bir antioksidan görevi görebilmektedir. Buna ek olarak, stres koşullarında bir sinyal iletim yolunun başlayabildiği ve çeşitli biyotik ve abiyotik stres koşulları altında fenolik bileşiklerin birikiminin bitki savunma mekanizmasının göstergesi olabileceği bildirilmiştir

(Beimen vd., 1992, Pane vd., 2017). Çalışmamızda melatonin uygulamasının gallik asit içeriğinin artmasına neden olması bitki savunma sisteminin indüklenmesi açısından önemli etkisi olmuş olabilir.

3.3.2 Klorojenik asit miktarı

Klorojenik asit miktarı, melatonin ve melatonin+tuz uygulamaları ile indüklenmiştir (Şekil 3.4). Melatonin+100 mM NaCl (1,22 kat) ve melatonin+200 mM NaCl (1,19 kat) uygulamalarında kontrol grubuna göre dikkate değer bir artış gözlenmiştir. Bununla birlikte, 200 mM NaCl uygulaması, klorojenik asit içeriğinde kontrol grubuna göre 1,32 kat azalmaya neden olmuştur. Melatonin uygulamasının ise klorojenik asit miktarını, kontrol bitkilerine göre 1,13 kat artırdığı belirlendi.



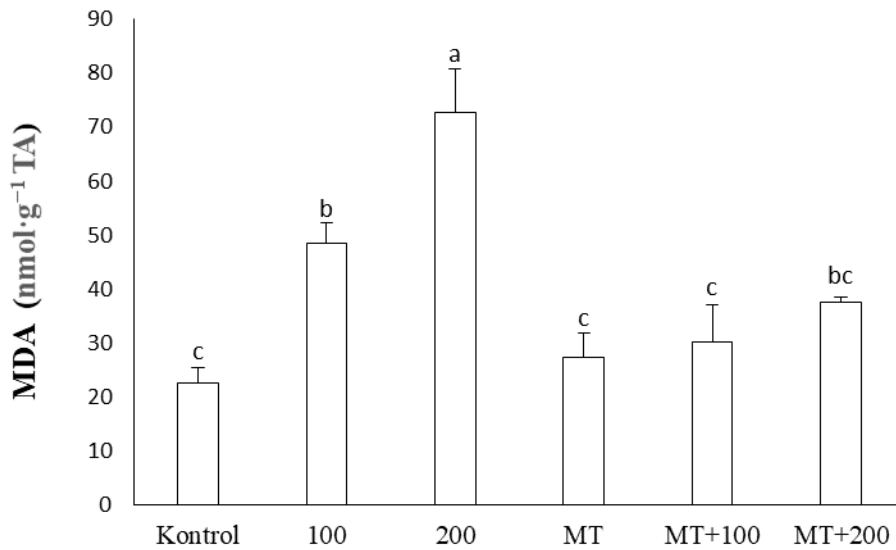
Şekil 3.4. Domates bitkisinin yapraklarındaki klorojenik asit miktarı (MT: Melatonin, 100: 100 mM NaCl, 200: 200 mM NaCl).

Bitki hücreleri ROS hasarından korunmak için enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidan sistem, ve fenolik maddeler gibi çeşitli savunma sistemine sahiptir (Rodriguez vd., 2004). Klorojenik asitin superoksit radikalini kuvvetli bir şekilde süpürebildiği bildirilmiştir (Bhat ve Riar, 2017; Sugahara vd., 2018). Çalışmamızda, melatonin uygulamasının klorojenik asit miktarını artırarak tuz stresi altında serbest radikallere karşı koruyucu etkilerinin olabileceği söylenebilir. Çalışmamızda melatonin uygulamasıyla özellikle antioksidan potansiyeli olan bazı fenolik

maddelerin belirgin düzeyde artması nedeniyle tuz stresinde ekzojen olarak uygulanan melatoninin koruyucu etkisinin olabileceği söylenebilir.

3.4 Malondialdehit (MDA) Miktarı

Çalışmamızda domates bitkisinin yapraklarında, lipid peroksidasyonunun belirteci olan MDA miktarı, tuz uygulamasında 100 mM NaCl (2,15 kat), 200 mM NaCl (3,24 kat) ile kontrol grubuna göre belirgin düzeyde artmıştır (Şekil 3.6). Bu artış özellikle 200 mM NaCl uygulamasında oldukça belirgin düzeydedir. Bununla birlikte, melatonin uygulamasında MDA miktarı kontrol grubuna göre yakın düzeyde belirlendi. Ayrıca, tuz ile birlikte uygulanan melatoninin MDA miktarını tekli tuz uygulamalarına göre indirdiği, bu nedenle melatoninin tuz stresinde lipid peroksidasyonunu indirdiği belirlendi.



Şekil 3.5. Domates bitkisinin yapraklarındaki MDA miktarı (MT: Melatonin, 100: 100 mM NaCl, 200: 200 mM NaCl).

Önceki yapılan çalışmalarda, çeşitli stres koşullarının MDA miktarını artırma etkisinin olduğu, bununla birlikte soğuk (Zhao vd., 2016), tuz (Zheng vd., 2017a) ve su stresi (Zheng vd., 2017b) gibi stres koşulları altında melatonin uygulamasının lipid peroksidasyonunu azaltıcı etkisi olduğu belirtilmiştir. Çalışmamızda da benzer şekilde tuz stresi ile MDA konsantrasyonunda artış gözlenmiştir. Bununla birlikte, tuz stresi sırasında melatonin uygulamasının MDA miktarını artırıcı etkisinin olmaması nedeniyle, tuz stresi altında melatoninin koruyucu etkisinin olabileceği

söylenbilir. Bu etki melatoninin savunmada etkili olabilen fenolik madde miktarı ve sinyal molekül olan GABA içeriğine etkisi ile gerçekleşmiş olabilir.



3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ekzojen melatonin uygulamasının domates bitkisinde,

- Bazı fenolik bileşikleri ve GABA içeriğini artırabileceği
- Tuz stresinin neden olduğu reaktif oksijen türlerini azaltabileceği
- Tuz stresi altında lipid peroksidasyonun belirteci olan malondialdehit miktarını azaltarak tuz stresinin olumsuz etkilerini hafifletebileceği
- Tuz stresi altındaki domates bitkisinde olumlu etkilerinden dolayı melatoninin gelecekte tarımsal açıdan da kullanımının önemli olabileceği söylenebilir.



KAYNAKLAR

- Akçay, N., Bor, M., Karabudak, T., Ozdemir, F. ve Türkan, I., 2012. Contribution of gamma amino butyric acid (GABA) to salt stress responses of *Nicotiana sylvestris* CMSII mutant and wild type plants, *Journal of Plant Physiology*, 169, 452-458.
- Alqarawi, A.A., Hashem, A., Fathi, E., Allah, A., Al-huqail, A.A., Alshahrani, T.S. ve Egamberdieva, D., 2016. Protective role of gamma aminobutyric acid on *Cassia italica* Mill under salt stress, *Legume Research*, 39, 396-404.
- Al-Quraan, N.A., Sartawe, F.A. ve Qaryouti, M.M., 2013. Characterization of γ -aminobutyric acid metabolism and oxidative damage in wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings under salt and osmotic stress, *Journal of Plant Physiology*, 170, 1003-1009.
- Al-Quraan, N.A., 2015. GABA shunt deficiencies and accumulation of reactive oxygen species under UV treatments: insight from *Arabidopsis thaliana* calmodulin mutants, *Acta Physiologia Plantarum*, 37, 86.
- Alu'datt, M.H., Rababah, T., Johargy, A., Gammoh, S., Ereifej, K., Alhamad, M.N., Brewer, M.S., Saati, A.A., Kubow, S. ve Rawshdeh, M., 2016. Extraction, optimisation and characterisation of phenolics from *Thymus vulgaris* L.: Phenolic content and profiles in relation to antioxidant, antidiabetic and antihypertensive properties, *International Journal of Food Science Technology*, 51, 720-730.
- Arnon, D.I., 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*, *Plant Physiology*, 24, 1, 1-15.
- Arnao, M.B. ve Hernandez-Ruiz, J., 2015. Functions of melatonin in plants: a review, *Journal of Pineal Research*, 59, 133-150.
- Back, K., Tan, D.X., Reiter, R.J., 2016. Melatonin biosynthesis in plants: multiple pathways catalyze tryptophan to melatonin in the cytoplasm or chloroplasts. *Journal of Pineal Research* 61, 426-437.
- Bhat, F.M. ve Riar, C.S., 2017. Extraction, identification and assessment of antioxidative compounds of bran extracts of traditional rice cultivars: An analytical approach. *Food Chemistry*, 237, 264-274.
- Bouche, N. ve Fromm, H., 2004. GABA in plants: just a metabolite? *Trends in Plant Science*, 9, 110-115.
- Bor, M., Seckin, B., Ozgur, R., Yılmaz, O., Ozdemir, F. ve Turkan, I., 2009. Comparative effects of drought, salt, heavy metal and heat stresses on gamma-aminobutyric acid levels of sesame (*Sesamum indicum* L.), *Acta Physiologia Plantarum*, 31, 655-659.
- Breusegem, V.F. ve Dat, J.F., 2006. Reactive oxygen species in plant cell death, *Plant Physiology*, 141, 384-90.
- Büyük, İ., 2016. Bitkilerin stres koşullarına verdiği moleküler cevaplar, *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 69, 2, 97-110.

- Caponio, F., Alloggio, V. ve Gomes, T., 1999. Phenolic compounds of virgin olive oil: Influence of paste preparation techniques, *Food Chemistry*, 64, 203-209.
- Dubbels, R., Reiter, R.J., Klenke, E., Goebel, A., Schnakenberg, E., Ehlers, C., Schiwara H.W. ve Schloot W., 1995. Melatonin in edible plants identified by radioimmunoassay and by high performance liquid chromatography mass spectrometry, *Journal of Pineal Research*, 18, 28-31.
- Erland, L.A.E., Chattopadhyay, A., Jones, A.M.P. ve Saxena, P.K., 2016. Melatonin in plants and plant culture systems, variability, stability and efficient quantification. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1721.
- Escames, G., Guerrero, J.M., Reiter, R.J., Garcia, J.J., Munoz-Hoyos, A., Ortiz, G.G. ve Oh, C.S., 1997. Melatonin and vitamin E limit nitric oxide-induced lipid peroxidation in rat brain homogenates, *Neuroscience Letters*, 230, 147-150.
- Fait, A., Yellin, A. ve Fromm, H., 2005. GABA shunt deficiencies and accumulation of reactive oxygen intermediates: insight from Arabidopsis mutants, *FEBS Letters*, 579, 415-420.
- Fleta-Soriano, E., Díaz, L., Bonet, E. ve Munné-Bosch, S., 2017. Melatonin may exert a protective role against drought stress in maize, *Journal of Agronomy and Crop Science*, 2,1-9.
- Galano, A., Castañeda-arriaga, R. ve Pérez-González, A., 2016. Phenolic melatonin-related compounds: their role as chemical protectors against oxidative stress, *Molecules*, 21, 1442.
- Gill, S.S. ve Tuteja, N., 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants, *Plant Physiology and Biochemistry*, 48, 909-930.
- Groß, F., Durner, J. ve Gaupels, F., 2013. Nitric oxide, antioxidants and prooxidants in plant defence responses, *Frontiers in Plant Science*, 4, 419, 1.
- Kennaway, D.J., 2017. Are the proposed benefits of melatonin-rich foods too hard to swallow?, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57, 958-962.
- Kinnersley, A.M. ve Turano, F.J., 2000. Gamma aminobutyric acid (GABA) and plant responses to stress, *Critical Reviews in Plant Science*, 19, 479-509.
- Li, Y., Bai, Q., Jin, X., Wen, H. ve Gu, Z., 2010. Effects of cultivar and culture conditions on gamma-aminobutyric acid accumulation in germinated fava beans (*Vicia faba* L.), *Journal of Science in Food Agriculture*, 90, 52-57.
- Li, C., Wang, P. ve Wei, Z., 2012. The mitigation effects of exogenous melatonin on salinity-induced stress in *Malus hupehensis*, *Journal of Pineal Research*, 53, 298-306.

- Li, H., Chang, J., Zheng, J., Dong, Y., Liu, Q., Yang, X., Wei, C., Zhang, Y., Ma, J. ve Zhang, X., 2017. Local melatonin application induces cold tolerance in distant organs of *Citrullus lanatus* L. via long distance transport, *Scientific Reports*, 7, 40858.
- Meral, R.M, Doğan, İ.S. ve Kanberoğlu, G.S., 2012. Fonksiyonel gıda bileşeni olarak antioksidanlar, *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2, 45-50.
- Mittler, R., 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance, *Trends in Plant Science*, 7, 405-410.
- Moussa, H.R., Mohamed, S. ve Algamal, A., 2017. Does exogenous application of melatonin ameliorate boron toxicity in spinach plants?, *International Journal of Vegetable Science*, 23, 233-245.
- Petridis, A., Therios, I., Samouris, G. ve Tananaki, C., 2012. Salinity-induced changes in phenolic compounds in leaves and roots of four olive cultivars (*Olea europaea* L.) and their relationship to antioxidant activity, *Environmental and Experimental Botany*, 79, 37-43.
- Posmyk, M.M., Balabusta, M. ve Wieczorek M., 2009. Melatonin applied to cucumber (*Cucumis sativus* L.) seeds improves germination during chilling stress, *Journal of Pineal Research*, 46, 214-223.
- Ramesh, S.A., Tyerman, S.D., Gilliam, M. ve Xu, B., 2017. γ -Aminobutyric acid (GABA) signalling in plants, *Cellular and Molecular Life Science*, 1577-1603.
- Rodriguez, C., Mayo, J.C., Sainz, R.M., Antolin, I., Herrera, F. ve Martini, V., 2004. Regulation of antioxidant enzymes: a significant role for melatonin, *Journal of Pineal Research*, 36, 1-9.
- Roleira, F.M.F., Tavares-da-Silva, E.J. ve Varela, C.L., 2015. Plant derived and dietary phenolic antioxidants: Anticancer properties, *Food Chemistry*, 183, 235-258.
- Renault, H., Roussel, V. ve Amrani, A.E., 2010. The Arabidopsis pop2-1 mutant reveals the involvement of GABA transaminase in salt stress tolerance, *BMC Plant Biology*, 10, 1-16.
- Shi, S.-Q., Shi, Z., Jiang, Z.-P., Qi, L.-W., Sun, X.-M., Li, C.X., Liu, J.F., Xiao, W.F. ve Zhang, S.G., 2010. Effects of exogenous GABA on gene expression of Caragana intermedia roots under NaCl stress: regulatory roles for H₂O₂ and ethylene production. *Plant, Cell and Environment*, 33, 149-162.
- Shi, H., Chen, K., Wei, Y. ve He, C., 2016. Fundamental issues of melatonin-mediated stress signaling in plants, *Frontiers in Plant Science*, 7, 1124.
- Shelp, B.J., Bown, A.W. ve Mclean, M.D., 1999. The metabolism and functions of gamma-aminobutyric acid, *Trends in Plant Science*, 4, 1360-1385.

- Sugahara, S., Chiyo, A. ve Fukuoka, K., 2018. Unique antioxidant effects of herbal leaf tea and stem tea from *Moringa oleifera* L. Especially on superoxide anion radical generation systems, *Bioscience Biotechnology & Biochemistry*, 82, 1973-1984.
- Szafrńska, K., Reiter, R.J. ve Posmyk, M.M., 2016. Melatonin application to *Pisum sativum* L. seeds positively influences the function of the photosynthetic apparatus in growing seedlings during paraquat-induced oxidative stress, *Frontiers in Plant Science*, 7, 1-12.
- Taârit, M.B., Msaada, K., Hosni, K. ve Marzouk, B., 2012. Fatty acids, phenolic changes and antioxidant activity of clary sage (*Salvia sclarea* L.) rosette leaves grown under saline conditions, *Industrial Crops and Products*, 38, 58-63.
- Tan, D.X., Manchester, L.C. ve Helton, P., 2007. Phyto-remediation capacity of plants enriched with melatonin, *Plant Signaling & Behaviour*, 2, 514-516.
- Tettamanti, C., Cerabolini, B., Gerola, P. ve Conti, A., 2000. Melatonin identification in medicinal plants, *Acta Phytotherapeutica*, 3, 137-144.
- Yılmaz, Y. ve Toledo, R.T., 2004. Major flavonoids in grape seeds and skins: Antioxidant capacity of catechin, epicatechin, and gallic acid, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 255-260.
- Zhang, Z., Zhang, Q., Wu, J., Zheng, X., Zheng, S., Sun, X., Qiu, Q. ve Lu, T., 2013. Gene knockout study reveals that cytosolic ascorbate peroxidase 2 (OsAPX2) plays a critical role in growth and reproduction in rice under drought, salt and cold stresses, *Plos One*, 8, 2, 57472.
- Zhang, Y.P., Yang, S.J. ve Chen, Y.Y., 2017. Effects of melatonin on photosynthetic performance and antioxidants in melon during cold and recovery, *Biologia Plantarum* 61, 71-78.
- Zhao, H.L., Ye, L., Wang, Y.P., Zhou, X.T., Yang, J.W., Wang, J.W., Cao, K. ve Zou, Z.R., 2016. Melatonin increases the chilling tolerance of chloroplast in cucumber seedlings by regulating photosynthetic electron flux and the ascorbate-glutathione cycle, *Frontiers in Plant Science*, 7.
- Zheng, X.D., Tan, D.X., Allan, A.C., Zuo, B.X., Zhao, Y., Reiter, R.J., Wang, L., Wang, Z., Guo, Y., Zhou, J.Z., Shan, D.Q., Li, Q.T., Han, Z.H. ve Kong, J., 2017a. Chloroplastic biosynthesis of melatonin and its involvement in protection of plants from salt stress, *Scientific Reports*, 7.
- Zheng, X.D., Zhou, J.Z., Tan, D.X., Wang, N., Wang, L., Shan, D.Q. ve Kong, J., 2017b. Melatonin improves waterlogging tolerance of *Malus baccata* (Linn.) Borkh. seedlings by maintaining aerobic respiration, photosynthesis and ROS migration, *Frontiers in Plant Science*, 8.
- Zwart, D.L.L., Meerman, J.H.N., Commandeur, J.N.M. ve Vermeulen, P.E., 1999. Biomarkers of free radical damage applications in experimental animals and in humans, *Free Radical Biology Medicine*, 26, 202-22.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Perihan KARACA
Adres : Büyük Bölcek mh. Kapadokya 2 Bulvarı No 10/1
AKSARAY
E-posta adresi : perihan0karaca@gmail.com

EĞİTİM BİLGİLERİ

Lisans : Aksaray Üniversitesi Fen Edabiyat Fakültesi Biyoloji
Bölümü, 2012-2016
Yüksek Lisans : Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji
ABD, 2016-

ESERLER

A. Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:

KARACA PERİHAN, ÇEKİÇ FAZİLET ÖZLEM (2019). Exogenous melatonin-stimulated defense responses in tomato plants treated with polyethylene glycol. *International Journal of Vegetable Science*. Doi: 10.1080/19315260.2019.1575317

B. Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler:

KARACA PERİHAN, ÇEKİÇ FAZİLET ÖZLEM (2018). Ozmotik stres uygulanan domates bitkisinde melatonin uygulamasının antioksidan savunma sistemi üzerine etkileri. *I. Uluslararası Bitki Biyolojisi Kongresi*, Konya (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)

C. Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler:

KARACA PERİHAN, ÇEKİÇ FAZİLET ÖZLEM (2018). *Morus nigra* L. meyvesinde ekzojen melatonin uygulamasının fenolik madde içeriğine etkileri. *III. Plant Physiology Symposium With International Participation*, Çanakkale (Özet Bildiri/Poster)