



# Karnabahar ve brokoli fidelerine yapılan melatonin uygulamalarının tuz stresi üzerine etkisi

## *The effect of melatonin treatments on cauliflower and broccoli seedlings on salt stress*

Yasin ARSLAN<sup>1</sup> , Şebnem KÖKLÜ ARDIÇ<sup>2</sup> , Gökçen YAKUPOĞLU<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup>Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, YOZGAT

<sup>2</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, KAHRAMANMARAŞ

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-6084-5238>; <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-5769-2963>; <sup>3</sup><https://orcid.org/0000-0003-4921-0925>

### To cite this article:

Arslan, Y., Köklü Ardiç, Ş. & Yakupoğlu, G. (2022). Karnabahar ve brokoli fidelerine yapılan melatonin uygulamalarının tuz stresi üzerine etkisi. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 26(2): 181-192.

DOI:10.29050/harranziraat.1065707

### \*Address for Correspondence:

Gökçen YAKUPOĞLU

e-mail:

gokcen.yakupoglu@yobu.edu.tr

### Received Date:

31.01.2022

### Accepted Date:

09.05.2022

© Copyright 2018 by Harran University Faculty of Agriculture. Available on-line at [www.dergipark.gov.tr/harranziraat](http://www.dergipark.gov.tr/harranziraat)



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

### ÖZ

Bu çalışma serin iklim sebze yetiştiriciliğinde önemli bir yere sahip olan karnabahar ve brokoliye dışarıdan yapılan melatonin (MEL) uygulamalarının tuz stresi üzerine olası etkilerini belirleyebilmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu sebeple 4-6 gerçek yapraklı karnabahar ve brokoli fidelerine farklı dozlarda MEL (0, 5 ve 10 µM MEL) içeren sulu çözelti topraktan uygulanmıştır. Tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulan denemede stres etkilerini belirleyebilmek amacıyla fidelerde fiziksel (fide ağırlıkları, boyu, çapı ve yaprak alanı) ve biyokimyasal (elektriki iletkenlik, klorofil ve karotenoid içeriği, prolin, melondialdehit ve toplam fenolik madde içeriği) analizler gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucunda stres altındaki fidelere dışarıdan yapılan MEL uygulamalarının stresin olumsuz etkilerini azaltarak boy, çap, ağırlık, klorofil, karotenoid, antosiyanin ve fenolik madde içeriğinde iyileşmeler sağladığı gözlemlenmiştir. Sonuç olarak dışarıdan yapılan MEL uygulamaları tuz stresinin olumsuz etkilerini azaltmada etkili olmuş, bununla birlikte karnabaharda 5µM MEL uygulaması, brokoli fidelerinde ise 5µM-10 µM MEL uygulamaları uygun dozlar olarak belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Tuz stresi, Melatonin, Karnabahar, Brokoli

### ABSTRACT

This study was carried out to determine the possible effects of exogen melatonin (MEL) treatments on salt stress in cauliflower and broccoli, which have a significant position among cool region vegetables. For that reason, an aqueous solution containing at different concentrations MEL (0, 5, and 10 µM MEL) were applied to the cauliflower and broccoli seedlings with 4-6 true leaves from the soil. In this experiment, which was established with 3 replications according to the randomized plots trial design, physical (seedling weight, height, diameter, and leaf area) and biochemical (electrical conductivity, chlorophyll and carotenoid content, proline, malondialdehyde, and total phenolic substance content) analyzes were carried out to determine the stress effects on the seedlings. As a result of the analyzes, it was observed that exogen MEL treatments to the seedlings under stress reduced the unfavorable effects of stress and provided improvements in height, diameter, weight, chlorophyll, carotenoid, anthocyanin, and phenolic substance content. As a result, exogen MEL treatments were very efficient in reducing the unfavorable effects of salt stress. However, 5µM MEL treatment in cauliflower and 5 and 10 µM MEL treatments in broccoli seedlings were determined as appropriate concentrations.

**Key Words:** Salt stress, Melatonin, Cauliflower, Broccoli

## Giriş

Lahana grubu ve serin iklim sebzeleri arasında yer alan karnabahar ve brokolinin ülkemiz üretim değerleri dikkate alındığında, son 10 yıl içerisindeki karnabahar üretiminin yaklaşık 150 bin ton dan 234 bin tona, brokoli üretiminin ise yaklaşık 20 bin ton dan 80 bin tona yükseldiği görülmektedir (TÜİK, 2019). Karnabahar sebzelerinin diğer lahana grubu sebzelere kıyasla daha fazla fiyatla satılması ve birim alandan daha fazla gelir elde edilmesi yönüyle tercih edildiği düşünülmekte ve soğuk bölgelerimizde sebze olarak değerlendirilen kısımların zarar görmesi sebebiyle üretimi kısıtlanmaktadır. Morfolojik olarak karnabahara benzeyen brokolinin ise sebze olarak değerlendirilen kısımlarını, renkli ve olgunlaşmış çiçek taslakları ile kalın ve etli çiçek sapsarı oluşturmaktadır. Karnabahardan farklı olarak brokolide kalın etli çiçek sapsarı da yenilebilir özelliğine sahiptir (Sağlam, 2005; Balkaya ve ark., 2011). Her iki sebzeninde ülkemiz üzerinde yetiştirildiği bölgeler aynı olup sırasıyla Ege, Akdeniz ve Doğu Marmara bölgeleridir (TÜİK, 2020)

Yapılan çalışmalarla tuzluluk, düşük sıcaklık, kuraklık kaynaklı abiyotik streslerin bitki büyümesini ve kalitesini etkileyerek tarımsal üretimi ve verimini önemli ölçüde azalttığı bilinmektedir (Nguyen ve ark., 2018). Kurak ve yarı kurak iklimlere sahip bölgeler, yüksek toprak tuzluluğu ile karakterize edilmekte ve zayıf sulama uygulamaları gibi antropojenik faktörlerde tarım arazilerinde artan tuzluluğa katkıda bulunmaktadır (Liang ve ark., 2018). Dünya tarım arazilerinin %20'sinin de içinde bulunduğu 800 milyon hektarın üzerindeki büyük bir alan tuz stresinden etkilenmekte ve bu alan her yıl artarak tarımda önemli verim kayıplarının yaşanmasına sebep olmaktadır (Çulha ve Çakırlar, 2011). Bir bitki tuzlu toprağa maruz kaldığında karşılaşılan ilk stres ozmotik streştir ve bitki büyümesini anında olumsuz yönde etkiler ve fotosentezde azalmalara yol açar (Munns ve ark., 2006; Horie ve ark., 2011). Bitki iyon homeostazını ve büyümeyi sürdüremeyeceği sınıra ulaştığında ise iyon

toksitesi ortaya çıkar (Munns ve ark., 2008). Bu iki stres oksidatif strese ve bir dizi ikincil strese neden olabilen birincil stresler arasında yer almaktadır (Liang ve ark., 2018). Toprakta bulunan yüksek tuz konsantrasyonları ozmotik basıncı artırarak, su potansiyelini azaltır ve bunun sonucunda su alımında veya su kaybında bir azalmaya neden olur. Ayrıca, bu stresin birçok bitki türünde kök hidrolik iletkenliğinde azalmaya neden olduğu bildirilmiştir (Martínez -Ballesta ve ark., 2000, Martínez -Ballesta ve ark., 2003, Boursiac ve ark., 2005). Köklerdeki su alımını hızla etkileyen tuz stresine yanıt olarak su kanallarının aktivitesinin düzenlenmesi, stres altındaki bitkilerin canlılığı için oldukça önemlidir. Bitkiler, tuz stresi ile başa çıkmak için çok sayıda fizyolojik ve biyokimyasal stratejiler geliştirir. Stres sinyalleri hücrelere iletdikten sonra, çoklu ikincil sinyaller aktive olur ve bunlar hücre içi  $Ca^{2+}$  seviyesinde bir yükselmeye neden olarak fosforilasyon kaskad reaksiyonunu tetikler. Bu tetikleme ise hücre savunması veya transkripsiyon faktörlerinde yer alan proteinler üzerinde etkili olur. Transkripsiyon faktörleri stres tepki genlerinin ekspresyonunu düzenleyerek bitkilerin kademeli olarak strese adapte olmasını sağlar ayrıca stres altında stromal kapanma, ozmolit birikimi ve artan  $Na^+/H^+$  antiporter veya aktivitesi meydana gelir. Tuz toleransını iyileştirmeye yönelik çalışmalar incelendiğinde tuz toleransının genetik ve fizyolojik olarak karmaşık olmasından kaynaklı sınırlı bir başarı elde edildiği görülmekle birlikte bu alanda bitki büyüme düzenleyicilerinin kullanılması ile tuzluluğun neden olduğu verim kayıplarının en aza indiği ve tuzluluk toleransı ile verim kalitesini arttırmak için önemli bir alternatif olduğu görülmektedir (Quamruzzaman ve ark., 2021).

Melatonin (N-acetyl-5-methoxytryptamine), indolik yapıya sahip, amfililik ve düşük moleküler ağırlıklı bir hormondur (Arnao ve Hernández-Ruiz, 2014; Campos ve ark., 2019). Normal bitki büyümesi ve gelişimi için gerekli olan geniş bir biyolojik fonksiyonlar dizisini düzenler ve aynı zamanda bitkilerin sürekli değişen stres faktörlerine karşı başarılı bir ekolojik adaptasyon

yeteneği sağlar (Arnao ve Hernández, 2015a; Zhang ve ark., 2015). MEL bitkilerde günleri hatta mevsimleri ayırt ederek sirkadiyen ritmin düzenlenmesinde (Korkmaz ve ark., 2017; Yakupoğlu ve ark., 2021), bitki büyümesi ve gelişmesinde, fotosentezde (Lazár ve ark., 2013; Zhao ve ark., 2015; Yakupoğlu, 2016), yaşlanmada ve çimlenmeden itibaren fide büyümesi ile meyvelerin olgunlaşması da dahil olmak üzere tüm bitki gelişme evrelerinde çok çeşitli işlevlere sahiptir (Karaca, 2013; Sun, 2015). Endojen olarak sentezlenen MEL'in, biyotik ve abiyotik streslerle başa çıkmada önemli bir rol oynadığı bilinmektedir. Ağır metallere, ultraviyole radyasyona, tuza, kuraklığa ve sıcaklık dalgalanmalarına karşı stres toleransı sağlayan (Reiter ve ark., 2015; Nawaz ve ark., 2016) MEL'in ayrıca, içsel ve çevresel oksidatif hasarları (ROS) azaltarak ortadan kaldırılmasına yol açan süpürücü enzimlerin aktivitesini de teşvik ettiği bilinmektedir (Arnao ve Hernández-Ruiz, 2015b; Li ve ark., 2015). Dışarıdan yapılan MEL uygulamalarının farklı stres koşulları altındaki bitkilerde toparlanma rolü oynayarak bitki bütünlüğünü koruduğu ve doğal yaşlanmayı geciktirdiği ifade edilmiştir (Li ve ark., 2012; Karaca, 2013; Shi ve ark., 2015; Zhang ve ark., 2015; Köklü 2016). Melatoninin tüm bu işlevlerdeki düzenleyici rolü, tek başına veya çevresel stres faktörleri ile kombinasyon halinde hareket etmesinin sonucunda oluşan gen ekspresyonunda meydana gelen çoklu değişikliklerle yakından ilişkilidir (Shi ve ark., 2015). Yapılan araştırmalarla eksojen melatonin yoluyla tuz stresinin azaltılması ile ilgili pek çok çalışma olduğu görülmüştür (Wang ve ark., 2016; Li ve ark., 2017; Ke ve ark., 2018); bununla birlikte, sadece birkaçının MEL'in tuz stresini iyileştirmesi üzerindeki etkilerini araştırmıştır (Park ve ark., 2021). Literatür taramaları sonucunda karnabahar ve brokoli yetiştiriciliğinde tuz stresini ve MEL ilişkisini ortaya koyacak çalışmalara rastlanmamıştır. Bu çalışma tuz stresine olan toleransı artırmak için dışarıdan

yapılan MEL uygulamalarının karnabahar ve brokoli fidelerinin vegetatif ve biyokimyasal içeriğine olan etkisini ortaya koymayı amaçlamaktadır.

## Materyal Metot

Araştırma, Mayıs- Eylül 2020 ayları arasında 5 ay süreyle Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesine ait iklim odasında ve Bahçe Bitkileri Bölümüne ait laboratuvarlarda yürütülmüştür. Denemede piyasada satılan ve standart çeşit olduğu bilinen sofralık brokoli (Naz tohum) ve karnabahar (Arzuman-İgloo) tohumu kullanılmıştır. Denemede 1:1 oranında torf: perlit doldurulmuş 100'er cm<sup>3</sup> 'lük 16 gözlü viyollere tohum ekimi yapılmış fideler materyal olarak kullanılmıştır. Fideler 4-6 yapraklı aşamaya geldiklerinde farklı dozlarda (0, 1, 5 ve 10 µM) MEL içeren saf su ile alttan akana kadar (yaklaşık 15-20 mL bitki<sup>-1</sup>) sulanmış (topraktan uygulanmış) ve 24 saat beklenilmiştir. Bitkiler iklim odasında (%60 nem) 20 °C'de 16 saat aydınlık 8 saat karanlık olacak şekilde yetiştirilmiştir. Viyollerde tuz stresi yaratabilmek amacıyla 100 mM tuzlu su (Eryılmaz, 2006) ile her 2 günde bir sulanarak, kontrol bitkilerine aynı miktarda ve aynı tarihlerde su ilave edilmiş ve bu işlem tuz stresinin etkisini ortaya çıkarabilmek amacı ile 8 kez tekrarlanmıştır.

Uygulama sonunda (Şekil 1) dışarıdan yapılan MEL uygulamalarının tuz stresine olan etkisini belirleyebilmek amacıyla fidelerde fide ağırlıkları, boyu, çapı ve yaprak alanı (ADC BioScientific Area Meter AM300 ile) gibi fiziksel ölçümler ve biyokimyasal analizler (EC, klorofil ve karotenoid içeriği, prolin, MDA ve toplam fenolik madde içeriği) gerçekleştirilmiştir. Kontrollü koşullarda gerçekleştirilen araştırmada uygulamalar tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 16 bitki olacak şekilde kurulmuştur.



Şekil 1. Tuz stresi altındaki karnabahar ve brokoli fidelerinin genel görünümü  
Figure 1. General view of cauliflower and broccoli seedlings under salt stress

#### *Doku elektrik iletkenliği*

Bitkiler arasından tesadüfen seçilen 2 bitkiden (her uygulamanın her bir tekerrüründen) alınan yaprak disklerine ait elektrik iletkenliği Korkmaz ve ark. (2007)'de belirtilen metoda göre ölçülmüş ve böylece hücre zarlarının geçirgenliği (zarar görme oranı) hakkında fikir sahibi olunmuştur. Bu amaçla, yaprak diskleri (1 cm çapında) içerisinde 20 ml saf su ( $EC\ 5\ \mu S\ cm^{-1}$  den küçük) bulunan cam şişelere konularak çalkalayıcı da 24 saat çalkalanmış ve daha sonra ıslatma suyunun elektrik iletkenliği ölçülmüştür ( $EC_1$ ). Örnekler otoklavda  $121\ ^\circ C$  'de 15 dakika bekletildikten sonra ve sıcaklıkları oda sıcaklığına geldiğinde tekrar ölçüm yapılmıştır ( $EC_2$ ).  $\mu S\ cm^{-1}$  olarak ölçülen değerler arasındaki farkın daha net bir şekilde anlaşılabilmesi amacı ile oranlar yüzdeye (%) çevrilerek sunulmuştur (Lutts ve ark., 1996).

$$EC\ (\%) = \frac{EC_1}{EC_2} \times 100$$

#### *Klorofil miktarı*

Bitkiler arasından (her uygulamanın her bir tekerrüründen) tesadüfen alınan 0.5 g yaprak örneği %80'lik aseton ile ekstrakt edildikten sonra

klorofil a ve klorofil b pigmentlerinin konsantrasyonları, filtre edilmiş ekstrakt solüsyonunun abosorbanslarının spektrofotometrede 645 nM ve 663 nM'de okunmasından sonra Güneş ve ark. (2007)'de belirtilen formüle göre hesaplanmıştır.

#### *Karotenoid içeriğinin belirlenmesi*

Karotenoid analizleri Kirk and Allen (1965)'e göre yapılmıştır. 0.5 g taze yaprak örneği %80'lik aseton ile ekstrakte edilmiş ve spektrofotometrede 480, 645 ve 663 dalga boylarında okumaları yapılmıştır. Karotenoid miktarları aşağıda verilen formüllere göre  $mg\ g^{-1}$  olarak hesaplanmıştır.

$$Karotenoid\ (mg\ g^{-1}) = A_{480} + (0.114 \times A_{663} - 0.638 \times A_{645})$$

#### *Prolin analizi*

Örneklerde prolin miktarının belirlenmesi Bates ve ark. (1973)'nin metoduna göre yapılmıştır. Buna göre yaklaşık 0.5 g taze yaprak örneği %3'lük 5-sülfosalisilik asit ile homojenize edilerek, filtre edilen homojenata asit ninhidrin ve glasiyel asetik asit eklenerek  $100\ ^\circ C$ 'de 1 saat süre ile su banyosunda bekletilmiştir. Ardından buz

banyosuna alınan örnekler toluen ile ekstrakte edildikten sonra sıvı fazdan aspire edilen toluen fraksiyonunun 520 nm'deki absorbanşı spektrofotometre aracılığı ile okunmuştur. Prolin konsantrasyonu kalibrasyon eğrisi yardımıyla hesaplanarak, µmol prolin/g taze ağırlık olarak belirlenmiştir.

#### *Malondialdehit (MDA) içeriği (lipid peroksidasyonu)*

Bu amaçla 0,5 g taze yaprak (her uygulamanın her bir tekerrüründen rasgele alınmış) üzerine 6 mL %10'luk TCA ilave edilerek homojenize edilmiş ve bu karışım 10.000 g'de 15 dk süre ile santrifüj edilmiştir. Santrifüj edilmiş örneklerden 2 mL süpernatant alınarak, içinde %20 TCA bulunan %0.6'lık tiobarbütrik asit (TBA)'den 2 mL ilave edilerek 100 °C'de 30 dk kaynatıldıktan sonra buz banyosuna konulmuştur. Sonrasında spektrofotometrede 400, 532 ve 600 nM'de absorbanş okumaları yapılmış ve MDA içeriği Zhang ve ark., (2005)'de belirtilen formüle göre hesaplanmıştır.

$$\text{MDA}(\mu\text{mol g}^{-1} \text{TA})=6.45 \times (A_{532} - A_{600}) - 0.56 \times A_{450}$$

#### *Toplam fenolik madde analizi*

Toplam fenolik bileşik analizleri ise Folin Ciocalteu kolorimetrik metodu kullanılarak Singleton ve Rossi (1965)'ye göre yapılarak, spektrofotometre okumaları 765 nm dalga boyunda gerçekleşmiş ve toplam fenolik bileşik miktarları, standart gallik asit çözeltisinden hazırlanan körveden yararlanılarak, gallik asit

eşdeğeri (GAE) şeklinde mg/g cinsinden verilmiştir.

#### *Verilerin istatistiksel analizi*

Brokoli ve karnabahar fidelerine ait veriler toplandıktan sonra tuz içeren ortamlarda yetiştirilen fideler arasında 0, 5 ve 10 µM MEL uygulaması sonrasında kontrol ve farklı konsantrasyonların arasında fark olup olmadığı varyans analizi tekniği SPSS 20.0 paket programı kullanılarak test edilmiştir. Grup ortalamaları arasındaki farklılıkların belirlenmesinde Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır (%5).

#### **Bulgular ve Tartışma**

##### *Fide boyu, fide çapı, fide ağırlığı ve yaprak alanı*

Fide boyu, fide çapı, fide ağırlığı ve yaprak alanı incelendiğinde fide boyu ve taze ağırlık açısından en iyi değeri 0M 0T uygulamasının (sırasıyla 11.0 cm-5.58 g) verdiği 5M 100T uygulamasının fide boyu (10.2 cm) açısından 0M 0T uygulamasından farklı olmadığı, taze ağırlık (3.96 g) açısından incelendiğinde ise ikinci sırada yer aldığı ve yalnızca 1M 100T uygulamasına göre daha iyi olduğu belirlenmiştir. Gövde çapı incelemesi yapıldığında 0M 100 T uygulaması yapılan fidelerin 2.41 mm değeri ile diğer uygulamaların arkasında kaldığı ve diğerleri arasında istatistiksel bir farkın olmadığı görülmektedir. Melatonin uygulaması yapılmış fidelerin tuz stresin altındaki yaprak alanı değerlerinin diğer uygulamalara kıyasla daha küçük olduğu görülmüştür (Çizelge 1).

Çizelge 1. Farklı konsantrasyonlarda MEL uygulanmış karnabahar fidelerinin tuz stresinde fide boyu, fide çapı, fide ağırlığı ve yaprak alanı

Table 1. Seedling height, seedling diameter, seedling weight and leaf area under salt stress of cauliflower seedlings treated with different concentrations of MEL

Uygulamalar <i>Treatments</i>	Fide boyu (cm) <i>Seedling height (cm)</i>	Gövde çapı (mm) <i>Seedling diameter (mm)</i>	Fide ağırlığı (g) <i>Fresh weight (g)</i>	Yaprak alanı (cm <sup>2</sup> ) <i>Leaf area (cm<sup>2</sup>)</i>
0M 0T	<b>11.0 a</b>	<b>3.64 a</b>	<b>5.58 a</b>	<b>102.9 a</b>
0M 100T	9.1 bc	2.41 b	3.65 b	<b>83.4 b</b>
1M 100T	7.8 d	<b>3.54 a</b>	2.89 c	66.4 c
5M 100T	<b>10.2 ab</b>	<b>3.14 a</b>	<b>3.96 b</b>	<b>79.6 b</b>
10M100T	8.4 cd	<b>3.20 a</b>	<b>3.36 bc</b>	<b>70.6 bc</b>

M: µM cinsinden uygulanan melatonin konsantrasyonunu gösterirken; T: mM cinsinden uygulanan tuz konsantrasyonunu ifade etmektedir.

Stresli ve optimum koşullarda melatonin uygulanmış brokoli fidelerinde uzunluk kıyaslaması yapıldığında herhangi bir strese maruz kalmamış (OM OT) fidelerin 11.2 cm ile en uzun boya 3.5 mm ile en yüksek gövde çapı kalınlığına sahip olduğu ve MEL uygulamaları ile aralarında

kayda değer istatistiksel bir fark olmaksızın strese olan etkisinde bir miktar iyileşme sağladığı belirlenmiştir. Ayrıca taze ağırlık ve yaprak alanı incelendiğinde ise MEL uygulamalarının hem taze ağırlığı hem de yaprak alanını (5M 100T hariç) azalttığı tespit edilmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2 Farklı konsantrasyonlarda MEL uygulanmış Brokoli fidelerinin tuz stresinde fide boyu, fide çapı, fide ağırlığı ve yaprak alanı

Table 2. Seedling height, seedling diameter, seedling weight and leaf area under salt stress of broccoli seedlings treated with different concentrations of MEL

Uygulamalar Treatments	Fide boyu (cm) Seedling height (cm)	Gövde çapı (mm) Seedling diameter (mm)	Fide ağırlığı (g) Fresh weight (g)	Yaprak alanı (cm <sup>2</sup> ) Leaf area (cm <sup>2</sup> )
OM OT	<b>11.2 a</b>	<b>3.5 a</b>	<b>5.19 a</b>	<b>102.9 a</b>
OM 100T	8.9 c	2.8 b	<b>4.17 b</b>	<b>90.3 a</b>
1M 100T	<b>9.0 bc</b>	<b>3.0 ab</b>	3.22 c	70.7 b
5M 100T	<b>9.8 b</b>	<b>3.3 ab</b>	<b>3.80 bc</b>	<b>86.9 a</b>
10M100T	<b>9.2 bc</b>	<b>3.0 ab</b>	3.16 c	70.1 b

M:  $\mu\text{M}$  cinsinden uygulanan melatonin konsantrasyonunu gösterirken; T: mM cinsinden uygulanan tuz konsantrasyonunu ifade etmektedir.

Yaprak alanı marul, ispanak, çay, tütün vb. gibi bazı yenilebilir bitkiler için önemli bir fizyolojik özelliktir. Yaprak alanı farklılıkları fotosentetik, su veya besin gereksinimlerine bağlı olarak değişebilmektedir. MEL'in bitki savunma mekanizması üzerine olan etkilerinin araştırıldığı çalışmalarda uygulamaların bitki türleri ve uygulama dozlarına göre strese karşı verdiği tepkilerin birbirinden farklı olduğu bildirilmiştir. Bazı dozlarda bitki savunmasının ilk aşaması olan hücre duvarının büyümesini engellediği ve dışarıdan gelecek stres faktörlerine karşı daha sağlam bir yapı oluşturduğu bildirilmiştir. Büyümenin engellenmesi ile daha küçük bitki ve yapraklar elde edilmiştir (Weeda ve ark., 2014). Yine yapılan çalışmalarda yüksek konsantrasyonda yapılan melatonin uygulamalarının yaprak alanını azalttığı rapor edilmiştir (Hernandez ve ark., 2015, Altaf ve ark., 2020). Tuz stresine maruz kalan

bitkilerde MEL birikimi artmaktadır. MEL tuz stresine doğrudan ROS temizleyicisi olarak veya antioksidan ve enzim aktivitelerini, fotosentetik etkinliği arttırmak gibi dolaylı etki edebilir (Li ve ark., 2019). Sonuçlarımız, eksojen MEL uygulamasının kontrollere kıyasla yaprak alanını ve bitki ağırlığında azalmaların meydana geldiğini göstermektedir. Bu da bitkide tuz stresinin etkisi ile MEL birikiminin fazla olabileceği fikrini akla getirmektedir.

#### Klorofil miktarı

Karnabahar türünde klorofil a içeriğinin kontrol ve 1  $\mu\text{M}$  MEL 100 mM Tuz uygulama yapılan fidelerde daha fazla olduğu, klorofil b ve toplam klorofil içeriği bakımından ise 5  $\mu\text{M}$  MEL 100 mM Tuz (77.9-84.4 mg g<sup>-1</sup> TA) ve 10  $\mu\text{M}$  MEL 100 mM Tuz (82.6-87.5 mg g<sup>-1</sup> TA) uygulama yapılan fidelerde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Farklı konsantrasyonlarda MEL uygulanmış karnabahar fidelerinin normal koşullar ve 100 mM tuz stresi altındaki klorofil içeriği

Table 3. Chlorophyll content of cauliflower seedlings treated with different concentrations of MEL under normal conditions and 100 mM salt stress

Uygulamalar Treatments	Klorofil a (mg g <sup>-1</sup> TA) Chlorophyll a (mg g <sup>-1</sup> FW)	Klorofil b (mg g <sup>-1</sup> TA) Chlorophyll b (mg g <sup>-1</sup> FW)	Toplam klorofil (mg g <sup>-1</sup> TA) Total chlorophyll (mg g <sup>-1</sup> FW)
OM OT	<b>8.1 a</b>	35.2 b	43.4 b
OM 100T	3.2 b	39.2 b	42.4 b
1M 100T	<b>7.4 a</b>	54.8 ab	62.2 ab
5M 100T	4.8 b	<b>77.9 a</b>	<b>82.6 a</b>
10M100T	3.2 b	<b>84.4 a</b>	<b>87.5 a</b>

M:  $\mu\text{M}$  cinsinden uygulanan melatonin konsantrasyonunu gösterirken; T: mM cinsinden uygulanan tuz konsantrasyonunu ifade etmektedir.

Karnabahar fidelerinde stres öncesi en yüksek değerine sahip olan klorofil *a* ( $8.1 \text{ mg g}^{-1} \text{ TA}$ ) içeriğinde, stresle beraber önemli bir düşüşün yaşandığı ancak stres altında MEL uygulaması yapılan 1M 100T ( $7.4 \text{ mg g}^{-1} \text{ TA}$ ) uygulamasına ait fidelerdeki klorofil *a* içeriğinin stres öncesi değerine yaklaştığı belirlenmiştir. Klorofil *b* ve toplam klorofil içeriği bakımından en yüksek değer 5M 100T ile 10M 100T uygulamasında tespit edilmiş olup, klorofil *b* ve toplam klorofil

içeriği en az tespit edilen uygulama ise MEL uygulanmamış ve strese maruz bırakılmış fidelerde görülmüştür (Çizelge 3).

Brokoli fidelerinin klorofil içeriklerinde görülen farklılıklar incelendiğinde yapılan uygulamaların klorofil *b* ve toplam klorofil içeriğini etkilediği klorofil *a* içeriği açısından önemsiz olduğu belirlenmiştir. Klorofil *b* ve toplam klorofil içeriği bakımından en yüksek değer 5M 100T uygulamasında tespit edilmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Farklı konsantrasyonlarda MEL uygulanmış karnabahar fidelerinin normal koşullar ve 100 mM tuz stresi altındaki klorofil içeriği

Table 4. Chlorophyll content of broccoli seedlings treated with different concentrations of MEL under normal conditions and 100 mM salt stress

Uygulamalar <i>Treatments</i>	Klorofil <i>a</i> ( $\text{mg g}^{-1} \text{ TA}$ ) <i>Chlorophyll a (mg g<sup>-1</sup> FW)</i>	Klorofil <i>b</i> ( $\text{mg g}^{-1} \text{ TA}$ ) <i>Chlorophyll b (mg g<sup>-1</sup> FW)</i>	Toplam klorofil ( $\text{mg g}^{-1} \text{ TA}$ ) <i>Total chlorophyll (mg g<sup>-1</sup> FW)</i>
0M 0T	4.5	82.0 ab	86.6 ab
0M 100T	4.5	34.9 b	39.4 b
1M 100T	<b>6.6</b>	57.1 ab	62.1 ab
5M 100T	4.0	<b>98.6 a</b>	<b>101.4 a</b>
10M100T	4.8	74.5 ab	79.3 ab

M:  $\mu\text{M}$  cinsinden uygulanan melatonin konsantrasyonunu gösterirken; T: mM cinsinden uygulanan tuz konsantrasyonunu ifade etmektedir.

Tuz stresi ve yüksek sıcaklık stresine karşı 100  $\mu\text{M}$  MEL uygulanan domates bitkilerinde klorofil içerikleri, antioksidan aktivite ile büyüme ve gelişmenin MEL uygulanmamış kontrol bitkilerine göre daha iyi olduğu belirlenmiştir (Martinez ve ark., 2018). MEL (0,1  $\mu\text{M}$ ) uygulanan ve tuz stresine (100 mM NaCl) maruz bırakılan elma fidanları üzerinde klorofil miktarı ve elektrolit sızıntısı gibi çeşitli parametrelerin incelendiği araştırmada MEL uygulanmış fidanların tuz stresinden daha az etkilendiği dolayısıyla strese karşı toleranslarının arttığı belirtilmiştir (Li ve ark., 2012). Tuz stresi ile ilgili yapılan başka bir çalışmada ise stres altındaki mısır bitkisine ait fotosentez, kuru madde birikimi ve klorofil içeriği değerlerinde bir azalmanın olduğu, MEL uygulanmış olan bitkilerde ise büyümede bir miktar artışın ve fotosentezde ise %19'luk bir artışın meydana geldiği ifade edilmiştir. Ayrıca MEL uygulanan bitkilerdeki antioksidan enzim aktivitesinde artışın, elektrolit sızıntısında %25 ve MDA içeriğinde %22'lik bir azalmanın olduğu belirlenmiştir (Jiang ve ark., 2016). MEL uygulaması ile strese maruz kalan bitkilerde klorofil bozulması azalmaktadır (Szafranska ve

ark., 2017; Ahmad ve ark., 2021). Hıyarda tuz stresini hafifletmek için MEL uygulamasının hücre canlılığını koruduğu, fotosentez ve antioksidan enzim aktivitelerini arttırdığı, MDA miktarını azalttığı tespit edilmiştir (Zhang ve ark., 2020).

#### *Karetenoid, antosiyanin ve fenolik madde içeriği*

Toplam fenolik ve karetenoid içeriği bakımından 5M 100T ( $2.03\text{-}7.5 \text{ mg g}^{-1}$ ) ve 10M 100T ( $1.93\text{-}7.5 \text{ mg g}^{-1}$ ) uygulamaları arasında istatistiksel bir fark olmaksızın en iyi değeri verdiği, antosiyanin içeriği bakımından ise 5M 100T ve 0 M 100 T Tuz uygulamalarının yine aralarında istatistiksel bir fark olmaksızın daha yüksek olduğu bulunmuştur (Çizelge 5).

Stres altındaki brokoli fidelerine dışarıdan yapılan MEL uygulamalarının toplam fenolik ve karotenoid miktarları üzerine olan etkileri incelendiğinde tuz stresi ile önemli miktarlarda azalmanın meydana geldiği bu fidelere yapılan MEL takviyesi ile birlikte fenolik ve karotenoid miktarlarında önemli artışların gerçekleştiği görülmektedir. 5M 100T ve 10M 100T uygulamalarının toplam fenolik madde içeriğini stres uygulanmamış değerine yaklaştırdığı 1M

100T uygulamasının ise yetersiz kaldığı bulunmuştur. Karotenoid miktarı bakımından 5M 100T (9.1 mg g<sup>-1</sup>) uygulaması bütün uygulamalara kıyasla en iyi uygulama olarak belirlenmiştir (Çizelge 6). Antosiyanin içeriği incelendiğinde ise

en yüksek miktarın 10.9 ACI ile 5M 100T uygulamasında tespit edildiği aynı zamanda bu uygulamanın strese maruz kalmış uygulamalar arasında en yüksek toplam fenolik ve karotenoid içeriğini verdiği de tespit edilmiştir.

Çizelge 5. Farklı konsantrasyonlarda MEL uygulanmış karnabahar fidelerinin tuz stresinde karotenoid, antosiyanin ve fenolik madde içeriği

Table 5. Carotenoid, anthocyanin and phenolic substance content of cauliflower seedlings treated with different concentrations of MEL under salt

Uygulamalar Treatments	Toplam fenolik (GAE mg g <sup>-1</sup> ) Total phenolic (GAE mg g <sup>-1</sup> )	Karotenoid (mg g <sup>-1</sup> ) Carotenoid (mg g <sup>-1</sup> )	Antosiyanin (ACI) Anthocyanin (ACI)
0M 0T	1.87 ab	5.5 ab	9,4 c
0M 100T	1.55 b	4.7 b	<b>14,2 a</b>
1M 100T	1.84 ab	6.8 ab	12,4 b
5M 100T	<b>2.03 a</b>	<b>7.5 a</b>	<b>14,3 a</b>
10M100T	<b>1.93 a</b>	<b>7.5 a</b>	12,9 ab

M: µM cinsinden uygulanan melatonin konsantrasyonunu gösterirken; T: mM cinsinden uygulanan tuz konsantrasyonunu ifade etmektedir.

Çizelge 6. Farklı konsantrasyonlarda MEL uygulanmış Brokoli fidelerinin tuz stresinde karotenoid, antosiyanin ve fenolik madde içeriği

Table 6. Carotenoid, anthocyanin and phenolic substance content of broccoli seedlings treated with different concentrations of MEL under salt

Uygulamalar Treatments	Toplam fenolik (GAE mg g <sup>-1</sup> ) Total phenolic (GAE mg g <sup>-1</sup> )	Karotenoid (mg g <sup>-1</sup> ) Carotenoid (mg g <sup>-1</sup> )	Antosiyanin (ACI) Anthocyanin (ACI)
0M 0T	1.84 a	7.9 ab	7.9 c
0M 100T	0.94 c	4.4 b	10.6 a
1M 100T	1.40 b	<b>5.9 ab</b>	9.1 b
5M 100T	<b>2.15 a</b>	<b>9.1 a</b>	<b>10.9 a</b>
10M100T	<b>1.90 a</b>	<b>6.6 ab</b>	<b>10.2 ab</b>

M: µM cinsinden uygulanan melatonin konsantrasyonunu gösterirken; T: mM cinsinden uygulanan tuz konsantrasyonunu ifade etmektedir.

Tuz stresine karşı MEL uygulanan biber fidelerinde tuz stresi ve MEL ilavesinin toplam fenolik madde ve karotenoid miktarını arttırdığı görülmüştür (Yakupoglu, 2020).

#### Doku elektrik iletkenliği, prolin miktarı ve MDA içeriği

Karnabahar fidelerinde doku elektrik iletkenliği bakımından en fazla bozulma melatonin uygulanmamış tuz stresi altındaki fidelerde (%45) görülmüştür (Çizelge 7). En az bozulma ise tuz uygulaması yapılmamış fidelerde gözlemlenirken, stres altında yapılan melatonin uygulamaları ile bitkilerde görülen elektrik iletkenliğinin %20

seviyelerine gerileyerek bozulmanın şiddetini azalttığı görülmüştür. Prolin miktarları incelendiğinde 1M 100T ile 10M 100T uygulamasının diğer uygulamalara kıyasla daha yüksek olduğu ve aynı uygulamalarda MDA düzeyinin daha düşük seyrettiği ancak 0M 100T uygulamasına ait MDA değerinden daha farklı olmadıkları görülmektedir. Ancak MEL uygulaması ile elektriki iletkenlik içeriğinde meydana gelen azalma ve prolin konsantrasyonunda meydana gelen artışın bitkideki tuz stresinin etkilerini hafiflettiğini akla getirmektedir.

Çizelge 7. Tuz stresi altındaki karnabahar fidelerinin toplam doku elektrik iletkenliği, prolin miktarı ve MDA içeriği

Table 7. Total tissue electrical conductivity, proline content and MDA content of cauliflower seedlings under salt stress

Uygulamalar Treatments	Elektriki iletkenlik (%) Electrical conductivity (%)	Prolin (µmol g <sup>-1</sup> TA) Proline (µmol g <sup>-1</sup> FW)	MDA (µmol g <sup>-1</sup> TA) MDA (µmol g <sup>-1</sup> FW)
0M 0T	<b>15.9 c</b>	0.004 c	<b>0.73 b</b>
0M 100T	<b>45.0 a</b>	0.063 b	<b>3.17 a</b>
1M 100T	26.0 b	<b>0.154 a</b>	<b>2.64 a</b>
5M 100T	26.2 b	0.095 b	<b>3.02 a</b>
10M100T	<b>20.4 c</b>	<b>0.152 a</b>	<b>1.85 ab</b>

M: µM cinsinden uygulanan melatonin konsantrasyonunu gösterirken; T: mM cinsinden uygulanan tuz konsantrasyonunu ifade etmektedir.



Optimum ve MEL uygulanmış stres altındaki brokoli bitkilerinde doku elektriki iletkenliği, prolin ve MDA içeriği Çizelge 8.'de gösterilmektedir. Elektriki iletkenlik ve prolin içeriği bakımından strese maruz kalmış brokoli fidelerinde MEL uygulamaları sonrasında ölçülen parametrelerde ciddi anlamda iyileşmelerin olduğu görülmüştür. Elektriki iletkenlik

değerlerinde MEL konsantrasyonları arasında istatistiksel bir fark olmaksızın olumu bir azalmanın meydana geldiği, prolinde ise 1M 100T ile 10M 100T uygulamalarının en iyi uygulama olduğu bulunmuştur. MDA içeriğinin istatistiki olarak önemsiz bulunmasına rağmen en az bozulmanın 1.24  $\mu\text{mol g}^{-1}$  TA ile 1M 100T uygulamasında olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 8. Tuz stresi altındaki brokoli fidelerinin toplam doku elektrik iletkenliği, prolin miktarı ve MDA içeriği

Table 8. Total tissue electrical conductivity, proline content and MDA content of broccoli seedlings under salt stress

Uygulamalar Treatments	Elektriki iletkenlik (%) Electrical conductivity (%)	Prolin ( $\mu\text{mol g}^{-1}$ TA) Proline ( $\mu\text{mol g}^{-1}$ FW)	MDA ( $\mu\text{mol g}^{-1}$ TA) MDA ( $\mu\text{mol g}^{-1}$ FW)
0M 0T	15.2 c	0.005 c	1.58
0M 100T	43.8 a	0.183 b	2.09
1M 100T	27.4 b	0.220 a	1.24
5M 100T	28.3 b	0.190 b	2.45
10M100T	33.0 b	0.221 a	1.74

M:  $\mu\text{M}$  cinsinden uygulanan melatonin konsantrasyonunu gösterirken; T: mM cinsinden uygulanan tuz konsantrasyonunu ifade etmektedir.

Patlıcanda çiçeklenme aşamasında yapılan MEL uygulamasının üşüme stresi üzerine olan etkilerinin incelendiği çalışmada, 5  $\mu\text{M}$  MEL uygulamasının görsel hasar, MDA, antioksidan enzim aktiviteleri vb. zararlanma ürünlerini azalttığı tespit edilmiştir (Yakupoğlu, 2016). Üşüme stresi altındaki biber bitkisine topraktan uygulanan MEL görsel hasarı azaltmış, yaprak alanını arttırmıştır. Membran geçirgenliği,  $\text{H}_2\text{O}_2$  ve MDA miktarı azalırken fotosentetik parametreler, antioksidan enzim aktivitesi ve verimde artış sağlanmıştır (Korkmaz ve ark., 2021).

## Sonuç

Denemenin sonucunda elde edilen veriler incelendiğinde tuz stresi altında bulunan hem karnabahar hem de brokoli fidelerine yapılan MEL takviyesinin fide boyunu, ağırlığını (brokoli hariç) ve çapını (karnabahar hariç) klorofil, karetenoid, antosiyanin ve fenolik madde içeriğini iyileştirdiği gözlemlenmiştir. Sonuçlarımıza dayanarak dışarıdan yapılan MEL uygulamalarının tuz stresinin olumsuz etkilerini azaltmada etkili olduğunu bununla birlikte karnabaharda 5 $\mu\text{M}$  MEL uygulamasının, brokoli fidelerinde ise 5 $\mu\text{M}$  ile 10  $\mu\text{M}$  MEL uygulamalarının genel olarak tuz stresine karşı etkili olduğunu söyleyebiliriz.

İlerleyen çalışmalarda tuz stresine karşı dışarıdan yapılan MEL uygulamalarının verim ve kalite üzerine olan etkileri incelenebilir.

## Ekler

Bu çalışma Tübitak 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı kapsamında desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

**Çıkar Çatışması Beyanı:** Yazarlar çalışma konusunda bir çıkar çatışmasının olmadığını ve makale yazımında eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

**Yazar Katkısı:** Yasin Arslan ve Gökçen Yakupoğlu denemeyi tasarlamış, kurmuş ve yürütmüştür. Gökçen Yakupoğlu ve Şebnem Köklü Ardıç makaleyi yazmıştır.

## Kaynaklar

Ahmad, S., Cui, W., Kamran, M., Ahmad, I., Meng, X., Wu, X., Su, W., Javed, T., El-Serehy A. H., Jia, Z., & Han, Q. (2021). Exogenous application of melatonin induces tolerance to salt stress by improving the photosynthetic efficiency and antioxidant defense system of maize seedling. *Journal of Plant Growth Regulation*, 40(3), 1270-1283.

- <https://doi.org/10.1007/s00344-020-10187-0>
- Altaf, M. A., Shahid, R., Ren, M. X., Naz, S., Altaf, M. M., Qadir, A., Anwar, M., Shakoor, A. & Hayat, F. (2020). Exogenous melatonin enhances salt stress tolerance in tomato seedlings. *Biologia Plantarum*, 64, 604-615.
- Arnao, M.B., Hernandez-Ruiz, J. (2014). Melatonin: plant growth regulator and/or biostimulator during stress? *Trends in Plant Science* 19 (12): 789-797. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2014.07.006>.
- Arnao, M.B., Hernandez-Ruiz, J., 2015a. Functions of melatonin in plants: a review. *Journal of Pineal Research*, 59: 133–150.
- Arnao, M.B., Hernandez-Ruiz, J. 2015b. Phytomelatonin: searching for plants with high levels for use as natural nutraceutical. *Studies in Natural Products Chemistry*, 46: 523-549.
- Arnao, M. B., Hernández-Ruiz, J. 2020. "Is phytomelatonin a new plant hormone?" *Agronomy*, 101, 95. <https://doi.org/10.3390/agronomy10010095>
- Ashraf, M. F. M. R., & Foolad, M. R. (2007). Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*, 59(2), 206-216. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2005.12.006>
- Balkaya, A (2011). Lahanagil Yetiştiriciliği. *Bahçe Tarımı 2*. Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Yayın No: 1355, 148-150.
- Bates, L. S., Waldren, R. P., & Teare, I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and soil*, 39(1), 205-207. <https://doi.org/10.1007/BF00018060>
- Boursiac, Y., Chen, S., Luu, D. T., Sorieul, M., van den Dries, N., & Maurel, C. (2005). Early effects of salinity on water transport in Arabidopsis roots. Molecular and cellular features of aquaporin expression. *Plant physiology*, 139(2), 790-805. <https://doi.org/10.1104/pp.105.065029>
- Campos, C. N., Ávila, R. G., de Souza, K. R. D., Azevedo, L. M., & Alves, J. D. (2019). Melatonin reduces oxidative stress and promotes drought tolerance in young Coffea arabica L. plants. *Agricultural Water Management*, 211, 37-47.
- Çulha, Ş., & Çakırlar, H. (2011). Tuzluluğun bitkiler üzerine etkileri ve tuz tolerans mekanizmaları. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 11(2), 11-34. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/akufemubid/issue/1591/19755>
- Eryılmaz, F. (2006). The relationships between salt stress and anthocyanin content in higher plants. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 20(1), 47-52.
- Günay, A. (1984). *Sebzeçilik: Özel Sebze Yetiştiriciliği*. Çağ Matbaası, Ankara, 312.
- Güneş, A., Inal, A., Bağcı, E. G., & Pilbeam, D. J. (2007). Silicon-mediated changes of some physiological and enzymatic parameters symptomatic for oxidative stress in spinach and tomato grown in sodic-B toxic soil. *Plant and Soil*, 290(1), 103-114. <https://doi.org/10.1007/s11104-006-9137-9>
- Hernandez, I. G., Gomez, F. J. V., Cerutti, S., Arana, M. V., & Silva, M. F. (2015). Melatonin in *Arabidopsis thaliana* acts as plant growth regulator at low concentrations and preserves seed viability at high concentrations. *Plant Physiology and Biochemistry*, 94, 191-196. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2015.06.011>
- Horie, T., Kaneko, T., Sugimoto, G., Sasano, S., Panda, S. K., Shibasaka, M., & Katsuhara, M. (2011). Mechanisms of water transport mediated by PIP aquaporins and their regulation via phosphorylation events under salinity stress in barley roots. *Plant and Cell Physiology*, 52(4), 663-675. <https://doi.org/10.1093/pcp/pcr027>
- Jiang, C., Cui, Q., Feng, K., Xu, D., Li, C., & Zheng, Q. (2016). Melatonin improves antioxidant capacity and ion homeostasis and enhances salt tolerance in maize seedlings. *Acta physiologiae plantarum*, 38(4), 82. <https://doi.org/10.1007/s11738-016-2101-2>
- Karaca, A. 2013. "Dışarıdan yapılan melatonin uygulamaları ile biberde çimlenme sırasında üşüme stresine karşı toleransın artırılması", Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş.
- Ke, Q., Ye, J., Wang, B., Ren, J., Yin, L., Deng, X., & Wang, S. (2018). Melatonin mitigates salt stress in wheat seedlings by modulating polyamine metabolism. *Frontiers in Plant Science*, 9, 914.
- Kirk, J. T. O., & Allen, R. L. (1965). Dependence of chloroplast pigment synthesis on protein synthesis: effect of actidione. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 21(6), 523-530. [https://doi.org/10.1016/0006-291X\(65\)90516-4](https://doi.org/10.1016/0006-291X(65)90516-4)
- Korkmaz, A., Değer, Ö., Szafranska, K., Köklü, Ş., Karaca, A., Yakupoğlu, G., & Kocacinar, F. (2021). Melatonin effects in enhancing chilling stress tolerance of pepper. *Scientia Horticulturae*, 289, 110434.
- Korkmaz, A., Uzunlu, M., & Demirkiran, A. R. (2007). Treatment with acetyl salicylic acid protects muskmelon seedlings against drought stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, 29(6), 503-508. <https://doi.org/10.1007/s11738-007-0060-3>
- Korkmaz, A., Yakupoğlu, G., Köklü, Ş., Cuci, Y., & Kocacinar, F. (2017). Determining diurnal and seasonal changes in melatonin and tryptophan contents of eggplant (*Solanum melongena* L.). *Turkish Journal of Botany*, 41(4), 356-366. <https://doi.org/10.3906/bot-1611-48>
- Köklü, Ş. (2016). Melatoninin biber tohumlarının yaşlanması üzerine etkilerinin incelenmesi. *KSÜ. Fen Bil. Ens., Bahçe Bitkileri Bölümü, Yüksek Lisans Tezi*, 98s.
- Lazár, D., Murch, S. J., Beilby, M. J., & Al Khazaaly, S. (2013). Exogenous melatonin affects photosynthesis in characeae *Chara australis*. *Plant Signaling & Behavior*, 8(3), 23279.
- Li, C., Wang, P., Wei, Z., Liang, D., Liu, C., Yin, L., ... & Ma, F. (2012). The mitigation effects of exogenous melatonin on salinity-induced stress in *Malus hupehensis*. *Journal of Pineal Research*, 53(3), 298-306. <https://doi.org/10.1111/j.1600-079X.2012.00999.x>
- Li, C., Tan, D. X., Liang, D., Chang, C., Jia, D., & Ma, F. (2015). Melatonin mediates the regulation of ABA metabolism, free-radical scavenging, and stomatal behaviour in two *Malus* species under drought stress. *Journal of Experimental Botany*, 66(3), 669-

- 680.
- Li, H., Chang, J., Chen, H., Wang, Z., Gu, X., Wei, C., Zhang, Y., Ma, J., Yang, J. & Zhang, X. (2017). Exogenous melatonin confers salt stress tolerance to watermelon by improving photosynthesis and redox homeostasis. *Frontiers in plant science*, 8, 295. Li, J., Liu, J., Zhu, T., Zhao, C., Li, L., & Chen, M. (2019). The role of melatonin in salt stress responses. *International journal of molecular sciences*, 20(7), 1735.
- Liang, W., Ma, X., Wan, P., & Liu, L. (2018). Plant salt-tolerance mechanism: A review. *Biochemical and biophysical research communications*, 495(1), 286-291. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2017.11.043>
- Lutts, S., Kinet, J. M., & Bouharmont, J. (1996). NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. *Annals of botany*, 78(3), 389-398.
- Martínez-Ballesta, M. C., Aparicio, F., Pallás, V., Martínez, V., & Carvajal, M. (2003). Influence of saline stress on root hydraulic conductance and PIP expression in Arabidopsis. *Journal of plant physiology*, 160(6), 689-697. <https://doi.org/10.1078/0176-1617-00861>
- Martínez-Ballesta, M., Martínez, V., & Carvajal, M. (2000). Regulation of water channel activity in whole roots and in protoplasts from roots of melon plants grown under saline conditions. *Functional Plant Biology*, 27(7), 685-691. <https://doi.org/10.1071/PP99203>
- Martinez, V., Nieves-Cordones, M., Lopez-Delacalle, M., Rodenas, R., Mestre, T. C., Garcia-Sanchez, F., Rubio, F., Nortes, P.A., Mittler, R., & Rivero, R. M. (2018). Tolerance to stress combination in tomato plants: new insights in the protective role of melatonin. *Molecules*, 23(3), 535.
- Munns, R., James, R. A., & Läuchli, A. (2006). Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of experimental botany*, 57(5), 1025-1043. <https://doi.org/10.1093/jxb/erj100>
- Munns, R., & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59, 651-681. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092911>
- Nawaz, M. A., Huang, Y., Bie, Z., Ahmed, W., Reiter, R. J., Niu, M., & Hameed, S. (2016). Melatonin: current status and future perspectives in plant science. *Frontiers in plant science*, 6, 1230. Nguyen, H. C., Lin, K. H., Ho, S. L., Chiang, C. M., & Yang, C. M. (2018). Enhancing the abiotic stress tolerance of plants: from chemical treatment to biotechnological approaches. *Physiologia plantarum*, 164(4), 452-466. <https://doi.org/10.1111/ppl.12812>
- Pastori, G. M., & Foyer, C. H. (2002). Common components, networks, and pathways of cross-tolerance to stress. The central role of "redox" and abscisic acid-mediated controls. *Plant physiology*, 129(2), 460-468. <https://doi.org/10.1104/pp.011021>
- Park, H. S., Kazerooni, E. A., Kang, S. M., Al-Sadi, A. M., & Lee, I. J. (2021). Melatonin enhances the tolerance and recovery mechanisms in *Brassica juncea* (L.) Czern. under saline conditions. *Frontiers in Plant Science*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.593717>
- Quamruzzaman, M., Manik, S. M., Shabala, S., & Zhou, M. (2021). Improving Performance of Salt-Grown Crops by Exogenous Application of Plant Growth Regulators. *Biomolecules*, 11(6), 788. <https://doi.org/10.3390/biom11060788>
- Reiter, R. J., Tan, D. X., Zhou, Z., Cruz, M. H. C., Fuentes-Broto, L., Galano, A. 2015. Phytomelatonin: assisting plants to survive and thrive. *Molecules*, 20: 7396-7437. Sağlam, K. B. M. (2005). Tekirdağ ili topraklarının mineralize olan azot miktarları ile mineralizasyon kapasiteleri üzerinde bir araştırma. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(1), 89-101.
- Shi, H., Tan, D.X., Reiter, R.J., Ye, T., Yang, F., Chan, Z. 2015b. Melatonin induces class A1 heat shock factors (HSFA1s) and their possible involvement of thermotolerance in Arabidopsis. *Journal of Pineal Research*, 58: 335-342. Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
- Sun Q, Zhang N, Wang J, Zhang H, Li D, Shi J, Li R, Weeda S, Zhao B, Ren S, Guo YD (2015). Melatonin promotes ripening and improves quality of tomato fruit during postharvest life. *Journal of Experimental Botany*, 66 (3): 657-668. doi: <https://doi.org/10.1093/jxb/eru332>.
- Szafrańska, K., Reiter, R. J., & Posmyk, M. M. (2017). Melatonin improves the photosynthetic apparatus in pea leaves stressed by paraquat via chlorophyll breakdown regulation and its accelerated de novo synthesis. *Frontiers in plant science*, 8, 878. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00878>
- TÜİK (2019): Bitkisel istatistik verileri. [www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr) Erişim: Nisan 2020.
- TÜİK, (2020). Bitkisel yetiştiricilik istatistik verileri <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr> Erişim tarihi: 22.11.2021.
- Wang, L. Y., Liu, J. L., Wang, W. X., & Sun, Y. (2016). Exogenous melatonin improves growth and photosynthetic capacity of cucumber under salinity-induced stress. *Photosynthetica*, 54(1), 19-27. Weeda, S., Zhang, N., Zhao, X., Ndip, G., Guo, Y., Buck, G. A., Fu, C. & Ren, S. (2014). Arabidopsis transcriptome analysis reveals key roles of melatonin in plant defense systems. *PLoS one*, 9(3), e93462. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0093462>
- Yakupoğlu, G. (2016). Patlıcan (*Solanum melongena* L.)'da Melatonin İçeriğinin ve Üşüme Stresine Karşı Etkisinin Belirlenmesi. *KSÜ. Fen Bil. Ens., Bahçe Bitkileri Bölümü, Doktora Lisans Tezi*, 103s.
- Yakupoğlu, G. (2020). Biberde Tuz Stresine Karşı Melatonin Uygulamasının Bazı Fide Özellikleri Üzerine Etkisi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 36(1), 76-81.
- Yakupoglu, G., Koklu, S., Karaca, A., Duver, E., Reiter, R. J., & Korkmaz, A. (2021). Fluctuations in melatonin content and its effects on the ageing process of lettuce seeds during storage. *Acta Scientiarum Polonorum. Hortorum Cultus*, 20(3). <https://doi.org/10.24326/asphc.2021.3.10>
- Yin, L., Li, M., Ke, X., Li, C., Zou, Y., Liang, D., & Ma, F. (2013). Evaluation of Malus germplasm resistance to

- Marssonina apple blotch. *European journal of plant pathology*, 136(3), 597-602.  
<https://doi.org/10.1111/jpi.12038>
- Zhang, J. H., Huang, W. D., Liu, Y. P., & Pan, Q. H. (2005). Effects of temperature acclimation pretreatment on the ultrastructure of mesophyll cells in young grape plants (*Vitis vinifera* L. cv. *Jingxiu*) under cross-temperature stresses. *Journal of Integrative Plant Biology*, 47(8), 959-970.  
<https://doi.org/10.1111/j.1744-7909.2005.00109.x>
- Zhang, N., Sun, Q., Zhang, H., Cao, Y., Weeda, S., Ren, S., & Guo, Y. D. (2015). Roles of melatonin in abiotic stress resistance in plants. *Journal of Experimental Botany*, 66(3), 647-656.
- Zhang, T., Shi, Z., Zhang, X., Zheng, S., Wang, J., & Mo, J. (2020). Alleviating effects of exogenous melatonin on salt stress in cucumber. *Scientia Horticulturae*, 262, 109070.
- Zhao, L., An, R., Yang, Y., Yang, X., Liu, H., Yue, L., Li, X., Lin, Y., Reiter, R. J. & Qu, Y. (2015). Melatonin alleviates brain injury in mice subjected to cecal ligation and puncture via attenuating inflammation, apoptosis, and oxidative stress: the role of SIRT 1 signaling. *Journal of Pineal Research*, 59(2), 23