



T.C.  
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TUZ STRESİ ALTINDA YETİŞTİRİLEN FESLEĞEN  
(*Ocimum basilicum* L.) FİDELERİNE MELATONİN  
UYGULAMALARININ FİZYOLOJİK  
PARAMETRELERE ETKİSİ**

**BURAK BAHÇESULAR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**KAHRAMANMARAŞ 2018**

T.C.  
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TUZ STRESİ ALTINDA YETİŞTİRİLEN FESLEĞEN  
(*Ocimum basilicum* L.) FİDELERİNE MELATONİN  
UYGULAMALARININ FİZYOLOJİK  
PARAMETRELERE ETKİSİ**

**BURAK BAHÇESULAR**

**Bu tez,  
Biyoloji Anabilim Dalında  
YÜKSEK LİSANS  
derecesi için hazırlanmıştır.**

**KAHRAMANMARAŞ 2018**

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Burak BAHÇESULAR tarafından hazırlanan “Tuz Stresi Altında Yetiştirilen Fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) Fidelerine Melatonin Uygulamalarının Fizyolojik Parametrelere Etkisi” adlı bu tez, jürimiz tarafından 7/12/2018 tarihinde oy birliği ile Biyoloji Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üy. Emel DIRAZ YILDIRIM (DANIŞMAN) .....

Biyoloji Bölümü

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Prof. Dr. Şengül KARAMAN (ÜYE) .....

Biyoloji Bölümü

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Dr. Öğr. Üy. Sebile AZIRAK (ÜYE) .....

Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu

Tıbbi Hizmetler ve Teknikler

Adıyaman Üniversitesi

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylıyorum.

Doç. Dr. Mustafa ŞEKKELİ .....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada, alıntı yapılan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Burak BAHÇESULAR

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynakgösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.



**TUZ STRESİ ALTINDA YETİŞTİRİLEN FESLEĞEN (*Ocimum basilicum* L.)  
FİDELERİNE MELATONİN UYGULAMALARININ FİZYOLOJİK  
PARAMETRELERE ETKİSİ  
(YÜKSEK LİSANS TEZİ)  
BURAK BAHÇESULAR**

**ÖZET**

Tuz stresi, topraktaki NaCl ve diğer çözünebilir tuz miktarının artışına paralel olarak bitkinin büyüme ve gelişimini olumsuz yönde etkilemekte ve verimin düşmesine neden olmaktadır. Bitkilerin tuz stresine verdiği cevaplar araştırılmakta ve strese dayanıklı bitkilerin yetiştirilmesine yönelik çalışmalar artmaktadır. Bu çalışmada, farklı konsantrasyonlarda melatonin (1 ve 10  $\mu$ M) uygulanmış mor yapraklı fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) tohumları birer hafta süre ile artan tuz stresine (25, 50, 75, 100 mM) maruz bırakılarak verdiği tepkiler incelenmiştir. Fesleğen bitkileri çiçeklenme evresine geçmeden önce hasat edilerek büyüme ve verim değerleri, bağıl su içeriği ve fotosentetik pigmentleri incelenmiş, SPME yöntemi ile elde edilen uçucu bileşenleri GC-MS/FID cihazında analiz edilmiştir. Çalışmanın sonucunda büyüme parametrelerinin tuz stresi altında azaldığı, melatonin uygulamalarının yaprak ağırlığı ve yaprak sayısı dışındaki verimlerde stresin etkisini giderdiği görülmüştür. Fotosentetik pigmentler değerlendirildiğinde, karotenoid miktarında stres altında artış gözlenirken, klorofil a, klorofil b, toplam klorofil değerlerinde azalış görülmüş ve stresin etkisinin melatonin uygulamaları ile azaldığı özellikle stresli gruplarda 10  $\mu$ M melatonin, kontrol gruplarında ise 1  $\mu$ M melatonin uygulamasının fotosentetik pigmentleri arttırdığı tespit edilmiştir. Yaprak oransal su içeriğinin tuz stresi koşullarında azaldığı melatonin uygulamalarının su alımını pozitif etkilediği görülmüştür. Fesleğenin ana uçucu bileşenleri eugenol, methyl eugenol ve linalool olarak tespit edilmiş, kontrol grubunda en fazla değere sahip olan linaloolün yerini, tuz stresi altında metyhl eugenol almış ve melatonin uygulamalarının stresin etkisini azalttığı tespit edilmişti. Çalışmada uygulanan melatonin bileşiğinin fesleğende tuz stresinin toksik etkilerini gidermede etkili olduğu sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler :** Fesleğen, tuz stresi, melatonin, klorofil, linalool, öjenol, metil öjenol

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Anabilim Dalı, Aralık / 2018

Danışman: Dr. Öğr. Üy. Emel DIRAZ YILDIRIM

Sayfa Sayısı: 68

**EFFECT OF MELATONIN TREATMENTS ON PHYSIOLOGICAL  
PARAMETERS OF BASIL (*Ocimum basilicum* L.) SEEDLINGS GROWING  
UNDER SALT STRESS**

**(M.Sc. THESIS)**

**BURAK BAHÇESULAR**

**ABSTRACT**

Salt stress, parallel to the increase in the amount of NaCl and other soluble salts in the soil, it adversely affects the growth and development of the plant and causes a fall in yield. The responses of the plants to salt stress are investigated and the studies for growing stress-resistant plants are increasing. In this study, the effects of application at different melatonin concentrations (1 and 10  $\mu$ M) on purple leaf basil (*Ocimum basilicum* L.) seeds under increasing salt stress (25, 50, 75, 100 mM) over one week were investigated. Basil plants were harvested before flowering period and growth and yield values, relative water content and photosynthetic pigments were recorded and volatile components were analyzed by GC-MS / FID with SPME. According to the results of the study, the growth parameters decreased under salt stress and melatonin applications decreased the effect of stress in yields except leaf weight and number of leaves. When photosynthetic pigments were evaluated, an increase was observed in the amount of carotenoid under stress while chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll values decreased and it was determined that the effect of stress decreased with melatonin application, especially 10  $\mu$ M melatonin in stressed groups and 1  $\mu$ M melatonin in control groups increased the photosynthetic pigments. It has been observed that melatonin applications, decreased the leaf water content under salt stress conditions, have a positive effect on water intake. The main essential components of basil were determined as eugenol, methyl eugenol and linalool. Linalool, was the highest value in the control group and replaced with methyl eugenol under salt stress. It is concluded that the compound melatonin is effective in eliminating toxic effects in basil plants under salinity stress.

**Key words:** Basil, salt stress, melatonin, chlorophyll, linalool, eugenol, methyl eugenol

University of Kahramanmaraş Sütçü İmam

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Biology, December / 2018

Supervisor: Asst. Prof. Emel DIRAZ YILDIRIM

Pages Numbers: 68

## TEŞEKKÜR

Bu tez alıőması sırasında engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım ve alıőmamın her aşamasında bana yol gösteren, yanımda olan ve hayatım boyunca ileri gelen azmini, samimiyetini ve baőarısını őaŐsıma örnek alacağım sevgili hocam, Sayın Dr. Öğr. Üy. Emel DIRAZ YILDIRIM'a ve Prof. Dr. őengöl KARAMAN'a en içten sevgi ve saygı ile teőekkürlerimi bir borç bilirim.

Laboratuvar çalıőmalarımın her safhasında sırasında benden desteğini esirgemeyen Halime KAHVECİ ve Alican DİLBİRLİĞİ'ne teőekkürlerimi sunarım.

Ayrıca alıőmalar sırasında bana desteğini, yardımlarını esirgemeyen ve yaőamımın her anında yanımda olan mer SARIDOĞAN'a teőekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

|   | Sayfa No |
|---|----------|
| ÖZET .....  | i        |
| ABSTRACT .....  | ii       |
| TEŞEKKÜR .....  | iii      |
| İÇİNDEKİLER.....  | iv       |
| ÇİZELGELER DİZİNİ.....  | vii      |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....   | viii     |
| 1. GİRİŞ.....   | 1        |
| 1.1. Melatonin.....   | 3        |
| 1.1.1. Melatonin Sentez Yolu.....   | 5        |
| 2.1. Fesleğende Tuz Stresi ile İlgili Çalışmalar.....   | 7        |
| 2.2. Fesleğende Melatonin Uygulaması Üzerine Yapılmış Çalışmalar.....   | 11       |
| 2.3. Farklı Bitkilerde Melatonin Uygulaması Üzerine Yapılmış Çalışmalar.....  | 12       |
| 3. MATERYAL VE METOD.....   | 16       |
| 3.1. Materyal.....  | 16       |
| 3.1.1. Fesleğen ( <i>Ocimum basilicum</i> L.) bitkisinin taksonomik sınıflandırılması ....  | 16       |
| 3.1.2. Fesleğen ( <i>Ocimum basilicum</i> L.) bitkisinin özellikleri.....   | 16       |
| 3.1.3. Kullanılan kimyasallar.....  | 17       |
| 3.1.4. Kullanılan cihazlar.....   | 18       |
| 3.2. Metod.....   | 18       |
| 3.2.1. Tuz stresi için konsantrasyonların belirlenmesi.....   | 18       |
| 3.2.2. Denemede kullanılan melatonin konsantrasyonlarının belirlenmesi.....   | 19       |
| 3.2.3. Bitkilerin büyüme koşulları ve tuz stresi uygulamaları.....  | 19       |
| 3.3. Melatonin Uygulanan ve Tuz Stresine Maruz Kalan Bitkilerde Büyüme, Verim ve Fizyolojik Parametrelerin Değerlendirilmesi..... | 20       |
| 3.3.1. Büyüme parametreleri.....  | 20       |
| 3.3.1.1. Bitki boyu (cm).....   | 20       |
| 3.3.1.2. Bitki başına verim.....  | 21       |
| 3.3.1.3. Yaş kök ağırlığı (g/bitki).....  | 21       |
| 3.3.1.4. Kök uzunluğu (cm).....   | 22       |
| 3.3.1.5. Bitki başına yaprak verimi (g/bitki).....  | 22       |

|  |    |
|--|----|
| 3.3.1.6. Yaprak sayısı (adet) .....  | 23 |
| 3.4. Fizyolojik Parametrelerin Değerlendirilmesi .....   | 23 |
| 3.4.1. Yaprak oransal su içeriği (%).....  | 23 |
| 3.4.2. Klorofil içeriğinin belirlenmesi (mg/g yaprak) .....  | 23 |
| 3.4.3. Uçucu bileşenlerinin tayini.....  | 24 |
| 3.4.4. İstatistiksel analiz .....  | 24 |
| 4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....   | 26 |
| 4.1. Melatonin Uygulanan ve Tuz Stresine Maruz Bırakılan Fesleğenlerde Büyüme ve Verim Parametrelerinin Değerlendirilmesi..... | 26 |
| 4.1.1. Bitki boyu (cm) .....   | 26 |
| 4.1.2. Kök uzunluğu (cm) .....   | 28 |
| 4.1.3. Bitki başına taze kök ağırlığı (g/bitki) .....  | 30 |
| 4.1.4. Taze yaprak ağırlığı (gr/bitki) .....   | 31 |
| 4.1.5. Bitki başına yaprak sayısı (adet/bitki).....  | 32 |
| 4.1.6. Taze bitki ağırlığı (g/bitki) .....   | 33 |
| 4.2. Melatonin Uygulanan ve Tuz Stresine Maruz Bırakılan Fesleğenlerde Fizyolojik Parametrelerin Değerlendirilmesi .....       | 35 |
| 4.2.1. Yaprak oransal su içeriği (%).....  | 35 |
| 4.2.2. Klorofil miktarı .....  | 36 |
| 4.2.2.1. Klorofil a (mg/g taze yaprak).....  | 36 |
| 4.2.2.2. Klorofil b (mg/g taze yaprak) .....   | 38 |
| 4.2.2.3. Karotenoid miktarı (mg/g taze ağırlık) .....  | 40 |
| 4.2.2.5. Toplam klorofil (mg/g taze ağırlık) .....   | 41 |
| 4.2.3. Fesleğende uçucu bileşenlerin tayini.....   | 42 |
| 4.2.3.1. Linalool (%).....   | 43 |
| 4.2.3.2. Methyl eugenol (%) .....  | 45 |
| 4.2.3.3. Eugenol (%) .....   | 47 |
| 5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....   | 49 |
| KAYNAKLAR.....   | 54 |
| ÖZ GEÇMİŞ.....   | 62 |
| EKLER .....  | 63 |

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa No

|   |    |
|---|----|
| Şekil 1.1 Melatoninin kimyasal yapısı .....   | 3  |
| Şekil 1.2. Melatoninin biyosentez izyolları ve hücrede gerçekleşme yerleri .....                      | 6  |
| Şekil 2.1. 24 saat boyunca 1-10 µM Melatonin konsantrasyonlarında bekletilmiş fesleğen tohumları..... | 18 |
| Şekil 2.2. 2:1:1 oranlarında toprak, torf ve kum karışımı ve saksılara ekimi.....                     | 19 |
| Şekil 2.3. -80°C’de muhafaza edilen fesleğenler .....   | 20 |
| Şekil 2.4. Bitki boyu ölçümleri.....  | 21 |
| Şekil 2.5. Yaş kök ağırlığı tartımı .....   | 21 |
| Şekil 2.6. Kök uzunluğu ölçümleri.....  | 22 |
| Şekil 2.7. Yaprak ağırlığı tartımı .....  | 22 |
| Şekil 2.8. Havanda dövülen yapraklar ve ultrasonik banyo .....  | 24 |
| Şekil 4.1. Melatoninin ve tuz stresi uygulanan fesleğenlerde toprak üstü boy değerleri ....           | 27 |
| Şekil 4.2. Melatoninin ve tuz stresi uygulanan fesleğenlerde kök boy değerleri .....                  | 28 |
| Şekil 4.3. Melatoninin ve tuz stresi uygulanan fesleğenlerde taze kök ağırlığı değerleri ...          | 30 |
| Şekil 4.4. Melatoninin ve tuz stresi uygulanan fesleğenlerde taze yaprak ağırlığı değerleri .....     | 31 |
| Şekil 4.5. Melatoninin ve tuz stresi uygulanan fesleğenlerde yaprak sayısı değerleri .....            | 33 |
| Şekil 4.6. Melatoninin ve tuz stresi uygulanan fesleğenlerde taze bitki ağırlığı değerleri..          | 34 |
| Şekil 4.7. Melatoninin ve tuz stresi uygulanan fesleğenlerde yosi değerleri .....                     | 36 |
| Şekil 4.8. Melatoninin ve tuz stresi uygulanan fesleğenlerde klorofil a değerleri .....               | 37 |
| Şekil 4.9. Melatoninin ve tuz stresi uygulanan fesleğenlerde klorofil b değerleri .....               | 39 |
| Şekil 4.10. Melatoninin ve tuz stresi uygulanan fesleğenlerde karotenoid değerleri .....              | 40 |
| Şekil 4.11. Melatoninin ve tuz stresi uygulanan fesleğenlerde toplam klorofil değerleri ...           | 42 |
| Şekil 4.12. Melatoninin ve tuz stresi uygulanan fesleğenlerde linalool değerleri.....                 | 44 |
| Şekil 4.13. Melatoninin ve tuz stresi uygulanan fesleğenlerde methyl eugenol değerleri ..             | 46 |
| Şekil 4.13. Melatoninin ve tuz stresi uygulanan fesleğenlerde eugenol değerleri .....                 | 47 |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

|   | <b>Sayfa No</b> |
|---|-----------------|
| Çizelge 4.1. Fesleğende melatonin uygulamaları ve tuz stresi sonucu elde edilen büyüme ve verime ait değerler .....                           | 26              |
| Çizelge 4.2. Fesleğende melatonin uygulamaları ve tuz stresi sonucu elde edilen yaprakta yaş, kuru, turgorlu ağırlığı ve yosi değerleri ..... | 36              |
| Çizelge 4.3. Fesleğende melatonin uygulamaları ve tuz stresi sonucu elde edilen fotosentetik verilere ait değerler .....                      | 37              |
| Çizelge 4.4. Fesleğende melatonin ve tuz stresi sonucu elde edilen uçucu bileşen oranları   | 43              |
| Çizelge 4.5. Fesleğende melatonin uygulamaları ve tuz stresi sonucu elde edilen ana bileşenlere ait % oranları .....                          | 44              |

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

|       |   |
|-------|---|
| %     | : Yüzde                                       |
| °C    | : Santigrat Derece                            |
| cm    | : Santimetre                                  |
| mM    | : Milimolar                                   |
| µM    | : Mikromolar                                  |
| g     | : Gram  |
| Mel   | : Melatonin                                   |
| SPSS  | : Sosyal Bilimler İçin İstatistik Programı    |
| BBD   | : Bitki büyüme düzenleyicileri                |
| GC/MS | : (Gaz Kromatografi) / (Kütle Spektrometresi) |
| SPME  | : Katı Faz Mikro Ekstraksiyon                 |
| IAA   | : Indol asetik asit                           |
| Klf   | : Klorofil                                    |



## 1. GİRİŞ

Bitkiler yaşamlarını devam ettirdikleri alanlarda, gelişimlerini zıt yönde etkileyen çeşitli olumsuz koşullara maruz kalmaktadırlar. Bitkilerde büyüme, gelişme ve metabolizmayı artıran veya azaltan durumlara stres adı verilmektedir (Gürel ve Avcıoğlu, 2001).

Stres faktörleri, orijinlerine göre biyotik ve abiyotik stres faktörleri olmak üzere iki grupta incelenebilmektedir. Biyotik stres faktörleri virüs, bakteri ve fungusları içeren patojenler, böcekler ve herbivorlardır. Abiyotik stres faktörleri ise; soğuk, sıcak, kuraklık, tuzluluk, su fazlalığı, radyasyon, çeşitli kimyasallar, oksidatif stres, rüzgar ve toprakta besin yetersizliği gibi çevresel faktörlerdir (Mahajan ve Tuteja, 2005).

Abiyotik stres faktörlerinden biri olan tuzluluk hem tarım yapılan topraklarda hem de tuzluluk tehdidi altındaki topraklarda yetişen bitkilerde pek çok olumsuzluklara neden olmaktadır.

Dünya üzerindeki toprakların 800 milyon hektardan fazlası tuzluluktan etkilenmekte ve bu alan dünyanın tüm karasal alanlarının yaklaşık olarak %6'sından fazlasını oluşturmaktadır. Kuru tarım yapılan 150 milyon hektarlık alanda yaklaşık 32 milyon hektarı çeşitli oranlarda ikincil tuzluluk tehdidi durumundadır. Sulama yapılan alanlarda ise 230 milyon hektar alanın 45 milyon hektarı, tuzdan etkilenmektedir (Munns, 2002). Yurdumuz topraklarının yaklaşık 1.5 milyon hektarı (bunun %32.5'i sulanabilir alanlardır) tuzluluk sorunuyla karşı karşıyadır (Ekmekçi ve ark., 2005). Ekilebilen alanlardaki tuz birikiminin, küresel çerçevede daha da harap edici boyutlara ulaşacağı tahmin edilmektedir. Bu durum, ürün verimi ve kalitesindeki azalmaya bağlı olarak büyük ekonomik kayıplara da neden olacaktır (Mahajan ve Tuteja, 2005).

Tuz stresi, topraktaki NaCl ve diğer çözülebilir tuz miktarının artışına paralel olarak bitkinin büyüme ve gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir. Toprak çözeltisinde tuz konsantrasyonunun artması ve su potansiyelinin azalması, bitki hücrelerinin osmotik potansiyelini azaltmakta ve bitkilerde bir dizi tepkinin oluşmasına neden olmaktadır (Glenn ve ark., 1997). Bundan dolayı, tuz stresi yoğunluk ve uygulama süresine bağlı olarak bitkilerde büyüme, gelişme, çimlenme, hücre bölünmesi, fotosentez gibi pek çok biyolojik olayı etkilemektedir (Bressan, 2008). Toprakta tuz miktarının yükselmesiyle, kök rizosferinde ilk olarak osmotik stres oluşmakta, meydana gelen dışsal osmotik stres bitki

üzerinde kullanılmakta olan suyun azalmasına neden olurken, sonuç olarak bitkiler üzerinde fizyolojik kuraklığa sebep olmaktadır (Tuteja, 2007).

Tuzluluk genelde; bitki yapraklarının sayısında düşüşe, yaprak alanının, bitki boyunun küçülmesi, kök ve gövde ağırlıklarının orantısız oluşu, çiçeklenmenin gecikmesi, klorofil içeriğinin düşmesi, normalden daha az çiçeklenme ve küçük tohum, solma, kuruma, meyvelerin normalden daha küçük olması ve kalitesinde azalma gibi bunun yanı sıra gelişmenin baskılanmasına neden olduğu saptanmıştır. Aynı zamanda tuza dayanıklı yabancı otların büyümesinde artışa sebep olmaktadır (Ashraf, 2004; Yu ve ark., 2012; Yediyıldız, 2008).

Tuzluluğun sebep olduğu sekonder etkilere protein, klorofil, dna zar fonksiyonuna zararlı olan aktif oksijen türlerinin sentezi, metabolik toksisite, sınırlı fotosenteze bağlı olarak klorofil içeriğinde düşüş, stoma dayanıklılığı, potasyum alımının engellenmesi gibi etkiler sayılabilir (Zhu, 2001; Elhindi ve ark., 2017; Kaya ve İnan, 2017).

Bitkiler, tuz stresine karşı moleküler ve fizyolojik tepkiler vermektedir. Bunlar arasında stomaların kapatılması ile su eksikliğini azaltmayı düzenleyen absisik asit sentez mekanizması devreye girer. Tuz stresi bitkiyi tuz toleransına, strese maruz kalma süresine, tuz çeşidine göre etkilemektedir. Bitkilerdeki genotip farklılıklar strese olan tepkiyi değiştirmektedir (Çulha ve Çakırlar, 2011).

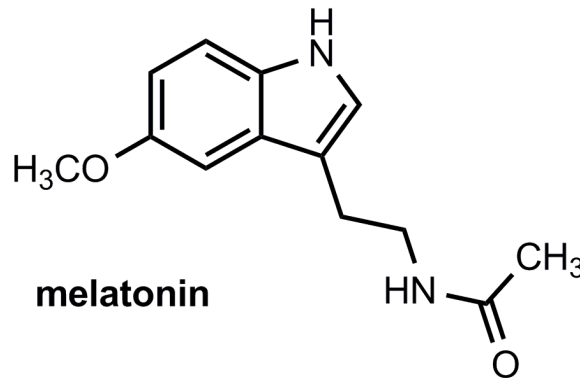
Tarımsal besinlerde melatoninin rolüne ilişkin olarak farklı melatonin seviyeleri ile olumsuz koşulları telafi edici tepkilere karşılaşılmış, popüler içeceklerde (kahve, çay, şarap ve bira) melatonin konsantrasyonunun dikkat çekici oranda yüksek olduğu belirlenmiştir. İnsan sağlığı üzerine melatoninin yararlı etkileri bulunduğu bilinmektedir. Melatoninin klorofil koruyucu olarak etkili olduğu, fotosentez ve kök gelişiminin uyarımı konusunda da rolü olduğu açıklanmıştır (Hardeland ve ark., 2012). Tuz stresi üzerine melatoninin etkisini belirleyen çalışmalar sınırlı sayıdadır. Elma, narenciye, pirinç, salatalık, ayçiçeği, soya fasulyesi ve *Arabidopsis thaliana* gibi bitkilerin tuz stresi altında melatonin uygulaması sonucu verdiği tepkiler araştırılmış, ancak tıbbi bitkiler üzerine literatür çalışmasına rastlanılmamıştır (Li ve ark., 2012; 2016; Li ve ark., 2017; Chen ve ark., 2017; Kostopoulcu ve ark., 2015; Wang ve ark., 2016; Zhang ve ark., 2014; 2017; Liang ve ark., 2015; Mukherjee ve ark., 2014; Arora ve Bhatla, 2017). Yapılan çalışmalara göre, melatonin uygulamalarının stresin deformasyon seviyesini azalttığı bildirilmiştir. Uygulanan gruplarda elektrolit geçirgenliği (EL) ve malondialdehit (MDA) seviyelerinde (Wang ve ark., 2016), birincil kök uzunluğunda ve hipokotil uzamasında artışlar

(Mukherjee ve ark., 2014), klorofil degradasyonunda (Liang ve ark., 2015) ve ABA seviyelerinde azalışlar görülmüştür (Zhang ve ark., 2014). Moleküler bir çalışmada bu literatürleri destekleyici olup, melatonin uygulamasının yağ asit biyosentezi, hücre bölünmesi, karbonhidrat metabolizması, fotosentez ve askorbat metabolizmasında rol alan genlerin ekspresyonunu regüle ettiğini bildirmiştir (Wei ve ark., 2015).

Tuzluluğun olumsuz etkilerine karşı bitkiler üzerinde ekzojen olarak hormon ve büyüme düzenleyici bileşikler (BBD) denenmekte olup brassinosteroidler, jasmonik asit, poliaminler, salisilik asit bu amaçlar için yaygın bir şekilde kullanılan bileşiklere örnek gösterilmiştir (Karaman ve ark., 2008). Bu çalışmada da melatoninin tuz stresi altında ve normal şartlarda fesleğen bitkisinde büyüme parametreleri ve fizyolojik etkileri araştırılmıştır.

### 1.1. Melatonin

Bir indolamin triptofan türevi olan melatoninin (Nacetyl-5-methoxytryptamine) sığır beyninin epifiz (pineal gland) dokusunda 1950'lerin sonlarında tanımlanması bilim dünyası için büyük bir keşif olmuştur (Lerner ve ark., 1958). Bugün neredeyse her organizmada var olduğu belirlenen ve canlı organizmalarda düşük molekül ağırlığına ve basit bir yapıya sahip olan melatonin, epifiz bezinin ışığa duyarlı pineolasit adı verilen hücrelerinden salgılanır ve bakterilerden memelilere farklı türlerde pleiotropik biyolojik aktiviteler sergiler (Hardeland ve ark., 2000). Molekül formülü  $C_{13}H_{16}N_2O_2$  ve molekül ağırlığı  $232,28 \text{ g mol}^{-1}$  (Anonim, 2018) olan melatoninin kimyasal yapısı Şekil 1.1'de görülmektedir.



Şekil 1.1 Melatoninin kimyasal yapısı (Anonim, 2018)

Melatoninin ilk olarak alglerde keşfedilmesiyle (Poeggeler ve Hardeland, 1994) farklı bitkilerin dokularında da bulunabileceği düşüncesi ortaya çıkmıştır. Bitkilerde

melatonin ilk olarak, 1995 yılında iki ayrı çalışma grubunun birbirinden bağımsız yaptığı çalışmalar sonucunda bulunmuştur (Dubbels ve ark., 1995; Hattori ve ark., 1995). Daha sonra yapılan çalışmalarda pek çok bitki türünün tohumları, meyveleri, yaprakları ve köklerinde oldukça yüksek miktarlarda melatonin bulunduğu saptanmıştır (Reiter, 1999; Tettamanti ve ark., 2000; Reiter ve ark., 2007). Artan sayıda yürütülen araştırmalarda melatoninin çok çeşitli sebze, meyve, tohum, tahıl, tıbbi ve aromatik bitkiler ile süs ve yabancı bitki türlerinde bulunduğu bildirilmiştir (Paredes ve ark., 2009; Arnao, 2014; Feng ve ark., 2014).

Bitkilerde bulunan melatonin miktarının sadece türden türe farklılık göstermekle kalmadığı, aynı zamanda aynı türün içerisindeki genotipler veya çeşitler arasında veya aynı genotipteki bireylerinin farklı büyüme evreleri içinde de farklılık gösterdiği bildirilmiştir (Dubbels ve ark., 1995; Hattori ve ark., 1995; Posmyk ve Janas, 2009). Örneğin, yeşil domates meyvelerinde melatonin içeriğinin düşük düzeyde olmasına rağmen, olgun ve kırmızı renkli meyvelerde ise yüksek miktarlarda bulunduğu saptanmıştır (Van Tassel ve ark., 2001).

İki farklı biber çeşidinde farklı aşamalarda (çimlenme, fide, çiçeklenme ve hasat) ve farklı organlarında (yaprak, kök, meyve ve tohum) melatonin içeriğinin belirlendiği bir araştırmada, kotiledon aşamasındaki fidelerde yüksek seyreden melatonin seviyesinin bitki olgunlaştıkça düştüğü bulunmuştur (Korkmaz ve ark., 2014). Araştırmacılar, bitki gelişim evrelerinin ilerlemesiyle biber yapraklarında ve köklerinde melatonin seviyesinin azaldığını, buna karşılık meyvelerin olgunlaşması (kızarması) ile meyve ve tohumlarda melatonin seviyelerinin önemli ölçüde arttığını ve tüm bunların da melatoninin bu gelişim süreçlerinin kontrol edilmesinde görev aldığını belirtmişlerdir. Yapraklarda ve köklerde bitkilerin gelişim evrelerinin ilerlemesiyle (yaşlanmaya bağlı olarak) melatonin içeriğinin düşmesi patlıcanda da görülmüş ve bu durumun yapraklarda ve köklerde bulunan melatoninin çiçek ve meyve gibi üreme organlarına oksidatif streslere karşı koruma amaçlı taşındığı fikrini ortaya atmıştır (Korkmaz ve ark., 2017). Çin kökenli tıbbi bitkilerin bir çoğunun ve sızma zeytin yağının da yüksek miktarlarda melatonin içerdiği bildirilmiştir (Chen ve ark., 2003; De La Puerta ve ark., 2007). Bu bitkilerin yaşlanmayı geciktirici ve özellikle sinir sistemi bozuklukları gibi hastalıkları tedavi etme özelliklerinin, melatoninin antioksidan özelliklerinden kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

Bitki organları arasında genelde en fazla melatonin içeriğine tomurcuk ve çiçek gibi generatif organlar ile meyve ve tohumlar sahiptirler. Bunun özellikle tomurcuklarda ve

kurumuş tohumlarda melatoninin antioksidan savunma mekanizmasında görev yapmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Paredes ve ark., 2009; Posmyk ve Janas, 2009). Ayrıca hem suda hem de yağda eriyebilen bir madde olması (amphiphility) yağ ihtiva eden tohumları dormansi veya kurumuş halde antioksidan enzimlerin yokluğunda veya yetersizliğinde koruyarak yüksek oranda çimlenme göstermelerine yardımcı olduğu bildirilmiştir (Hardeland ve ark., 2007).

### **1.1.1. Melatonin Sentez Yolu**

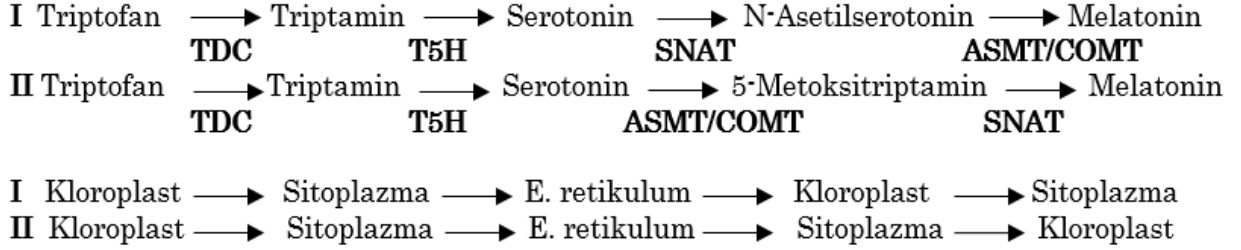
Bitkilerdeki melatonin sentezi, hayvanlardakine benzer bir yol izlemektedir. Normal koşullar altında yetişen ya da genç bitkilerde ardışık dört enzimatik basamak izleyerek triptofan/triptamin/serotonin/N-asetilserotonin/melatonin sırasıyla gerçekleşir (Şekil 1.2, I nolu iz yolu). Ancak yapılan son araştırmalarla birlikte özellikle yaşlanmadan dolayı yüksek miktarlarda serotonin üretiminin söz konusu olması durumunda melatonin biyosentezinin triptofan/triptamin/serotonin/5-metoksitriptamin/melatonin sırasıyla gerçekleştiği ortaya konmuştur (Şekil 1.2, II nolu iz yolu, Back ve ark., 2016).

Bitkilerde melatonin sentezi sırasında görev alan ve her bir ara maddenin oluşumunu katalize eden enzimler; triptofan dekarboksilaz (TDC), triptofan hidroksilaz (T5H), serotonin N-asetiltransferaz (SNAT), N-asetilserotonin, methyltransferaz (ASMT) ve kafeik asit O-methyltransferaz (COMT) enzimleridir.

Normal koşullar altında yetişen bitkilerde ilk aşamada TDC enziminin katalize etmesi sonucu Tritofan triptamine dönüşür. TDC, melatonin sentezinde kısıtlayıcı olan enzimlerden biridir çünkü bitkilerde bu enzimin ifade seviyesinin çok düşük değerlerde seyrettiği bildirilmiştir (Zhao ve ark., 2012).

Triptaminden serotonine dönüşümü gerçekleştiren ve biyosentez yolunun ikinci basamağını katalize eden enzim olan T5H enzimi çeltik bitkisi üzerinde yapılan çalışmalarla tanımlanmıştır (Kang ve ark., 2013). Serotonin, bitkilerde melatonin biyosentezinin gerçekleşmesinde mutlaka gerekli olan bir ara maddedir (Back ve ark., 2016). Melatoninin biyosentez yolu üzerinde görev alan son iki enzim serotoninin N-asetilserotonine dönüşümünü düzenleyen AANAT/SNAT ile N-asetilserotoninin melatonine dönüşümünü kontrol eden HIOMT/ASMT enzimleridir. Triptamin oluşumunda görev alan TDC enziminin varlığı ya da aktivitesinin yüksekliği melatoninin sentezinde belirleyici olduğu bilinmekle beraber melatonin seviyesini kesin olarak belirleyen enzimin (rate-limiting enzyme) HIOMT/ASMT olduğu bildirilmiştir (Byeon ve ark., 2014).

Melatonin biyosentez yolundaki enzim reaksiyonlarının sırası ara maddenin hücre içi yerini ve melatonin oluşumunu değiştirmektedir. Melatonin sentezinin, görev alan son enzim SNAT olduğunda kloroplastlarda (Şekil 1.2., II nolu izyolu), COMT/ASMT olduğunda ise sitoplazmada (Şekil 1.2., I nolu izyolu) gerçekleştiği bildirilmiştir (Back ve ark., 2016).



Şekil 1.2. Melatoninin biyosentez yolları ve hücrede gerçekleşme yerleri (Back ve ark., 2016).

Bu çalışmada melatonin uygulamaları ile tıbbi bir bitki olan fesleğende sekonder madde üretimini ve tuza dayanıklılığı arttırmak hedeflenmiştir. Bu amaçla yetiştirilmesi kolay ve ekonomik olarak değerli olan fesleğen bitkisinin tohumlarına 1 ve 10  $\mu$ M melatonin uygulanmış ve fide haline gelen fesleğenler tuz stresi altında yetiştirilerek morfolojik özellikleri, fotosentetik pigmentler (klorofil-a, klorofil-b, karotenoid) ve uçucu yağ kompozisyonundaki değişiklikler incelenmiştir.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

### 2.1. Fesleğende Tuz Stresi ile İlgili Çalışmalar

Bernstein ve ark. (2010), farklı tuz konsantrasyonlarında (1, 25, 50, 75, 100, 130 mM) yetiştirdiği fesleğen fidelerinde, 25 mM'da tuzun inhibitör etkisini sap, kök ve yaprak alanında saptamışlardır. 1-100 mM tuz konsantrasyonu incelendiğinde artan tuz miktarı ile birlikte taze herbanın %63 ve kuru herba üretiminin %61 oranında azaldığını tespit etmişlerdir. Tuz stresinin boğum aralarını ve yaprak sayısını azalttığını konsantrasyona bağlı olarak yaprak, sap ve kökteki Cl ve Na miktarını arttırdığını bildirmişlerdir. Yapraklardaki uçucu yağ içeriğini ve karoten miktarını tuz stresinin 2 kat arttırdığı, 1-75 mM NaCl uygulamasının yaprak dokularındaki uçucu yağ içeriğini %50 arttırdığını tespit etmişlerdir. Yüksek tuz konsantrasyonunda verim azalmasına rağmen yağ üretiminin arttığını bildirmişlerdir.

Heidari (2012), tuz stresinin iki fesleğen genotipinde (*O.basilicum* ve *O.minimum*) klorofil miktarı, büyüme ve osmotik bileşenler üzerine olan etkilerinin incelemişlerdir. Bitkileri yetiştirdiği besiyerine 0, 3 ve 6 ds/m oranında NaCl eklenerek stres uygulamasının 20. gününde yapraklardaki prolin, klorofil a,b ve karoten miktarı, çözünebilir karbonhidratları tespit etmiştir. Tuzun fesleğen bitkilerinin taze ağırlığı üzerine önemli düşüşe neden olduğunu artan tuz miktarı ile beraber karoten miktarı ve klorofil a, b miktarının azaldığını 6 ds/m NaCl uygulamasında en fazla azalmanın olduğunu tespit etmiştir. Tuza dayanıklılık açısından genotipler arasında farklılıklar olduğunu *O.minimum* genotipinin tuza daha hassas olduğu tespit edilmiştir. Tuz uygulamasından çözünebilir karbonhidratların etkilenmediğini, prolin içeriğinin ise genotiplere ve tuz konsantrasyonuna bağlı olarak farklılık gösterdiğini rapor etmiştir.

Barbieri ve ark. (2012), iki fesleğen (*basilicum*) kültürünün (Napolitan ve Genova) tuz stresi altında (0, 100 and 200 mM NaCl) büyüme parametreleri, su içeriği ve uçucu bileşenlerindeki değişimi incelemiş, stres arttıkça taze yaprak veriminin, yaprak sayısının ve yaprak alanının azaldığını, bağıl su miktarının düştüğünü, stoma iletkenliğinin ve stoma miktarının azaldığını, prolin ve ABA miktarının arttığını bildirmişlerdir. Uçucu yağ bileşenlerinde artan tuz stresi ile NAP kültüründe toplam yağ asidi türevleri önemli bir biçimde artarken, GEN kültüründe seskiterpen içeriği azalmıştır.

Tarchoune ve ark. (2012), fesleğende (*O. basilicum*, Genova kültürü ) NaCl ve Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> uygulamasının iyon içeriği, fotosentetik aktivite ve bitki büyümesine etkisini

araştırmışlardır. Bitkilere 50 mM NaCl ve 25 mM Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> uygulamasının 15. gününde Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> uygulamasında kök, sap ve yaprak kuru ağırlığı, bitki büyümesi, kök uzunluğu, sap uzunluğu, yaprak alanı büyümesinde azalma meydana geldiğini saptamışlardır. Verim düşüklüğünün NaCl uygulamasında daha fazla olduğunu NaCl stresinde fotosentetik cevabın Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> uygulamasından daha düşük olduğunu, her iki uygulamanında yaprak klorofil içeriğine herhangi bir etkisinin olmadığını tespit etmişlerdir. İyonik bileşenlerin her iki uygulamada da etkilendiğini, yapraklarda Cl miktarının, köklerde SO<sub>4</sub> miktarının arttığını bildirmişlerdir.

Ghanbari ve ark. (2013), tuz stresi durumunda fesleğen tohumlarının fizyolojik ve morfolojik özelliklerini belirlemek için çimlenme öncesi tohumları 4 farklı tuz seviyesinde (2, 4, 6, 8 ds) muamele etmişler ve artan tuz seviyeleri ile birlikte kök uzunluğunun, bitki boyunun, kuru ağırlığın ve taze ağırlığın düştüğünü bildirmişlerdir. Çimlenen tohumlarda; en düşük morfolojik değerleri en yüksek tuz konsantrasyonunda belirlemişlerdir. Artan tuz oranı ile birlikte Na, prolin, karbonhidrat, kül miktarında artış, K miktarında azalma olduğunu rapor etmişlerdir.

Tarchoune ve ark. (2013), fesleğende (*O. basilicum*, Genova kültürü) 50 mM NaCl ve 25 mM Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> uygulamasının uçucu yağ bileşenlerine etkisini incelemişler, hidrodistilasyon ve SPME yöntemi kullanarak GC-MS'te analiz yapmışlardır. Distilasyon yönteminde ana bileşenler linalool (%45.9), 1,8-cineole (%16.7), eugenol (%10.3), SPME yönteminde ise linalool (%29.8), 1,8-cineole (%19.2), trans-a bergamotene (%10.0) olarak tespit edilmiştir. Uçucu yağ miktarının NaCl uygulamasında % 25 artış gösterdiğini, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> uygulamasında ise % 18 azaldığını bildirmişlerdir.

Fraj ve ark. (2016), Tuz stresi altında üç fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) varyetesini ("Grand Vert" (GV), "Fin Vert" (FV) ve "Grand Vert Sweet" (GVS)) yetiştirerek çimlenme ve fizyolojik parametrelerin etkisini incelemişlerdir. Tohumların 15g/l tuz konsantrasyonuna kadar çimlendiğini, fakat çimlenmedeki periyodun iki gün geç olduğunu saptamışlardır. Fidelerin ise 1-12g/l konsantrasyonunda büyüdüğünü, 1-6g/l tuz konsantrasyonlarında çiçek açıp ve meyve verdiğini bildirmişlerdir. Yaprak sayısının, taze ve kuru ağırlığın, bitki boyunun ve fotosentez parametrelerinin (klorofiller, PAR, net fotosentez, CO<sub>2</sub>) tuz stresinden olumsuz yönde etkilendiğini, "Fin Vert" varyetesinin tuz stresine karşı daha toleranslı olduğunu saptamışlardır.



Elhindi ve ark. (2017), tuz stesi altında yetiştirdiği fesleğen bitkilerine mikoriza mantarları (*Glomus deserticola*) bulaşmış ve bulaşmamış bitkilerin arasındaki farklılığı incelemiştir. Tuzluluktan kaynaklı P, K ve Ca alınımındaki azalmayı engelleyerek Ca/Na ve K/Na arasındaki dengenin mikorizalara bağlı olarak verimliliği arttırdığını, tuz stresi altında yetiştirilmesi sağlanan mikoriza aşılmasının mikorizaya bağlı olarak, klorofil miktarını, gaz değişimini, fotosentez aktivitesini ve suyun etkin kullanılmasını arttırdığını bildirmişlerdir.

Bernstein ve ark. (2017), çalışmalarında kök sistemine patojen *Salmonella enterica* bulaştırılmış fesleğen (*O. basilicum*) bitkilerinde tuz stresinin etkisi araştırmışlardır. Araştırmacılar 30 mM NaCl sulamasının bitkide tuz stresini başlatarak bitki büyümesini yavaşlattığını, Ca ve K konsantrasyonunu azalttığını, Cl ve Na konsantrasyonunu arttırdığını, antioksidan osmotik ve potansiyel aktiviteyi %30 arttırdığını, bitkilerdeki uçucu yağ konsantrasyonunu %26 arttırdığını ve stoma iletkenliğini düşürdüğünü bildirmişlerdir. Tuz stresi altındaki bitkilerde kimyasal, fiziksel ve morfolojik değişime rağmen kökteki birikimi ve gövdeye translokasyonunda ve ölüm oranında bir farklılık gözlenmediğini ve sonuç olarak fesleğende tuz miktarındaki değişimin bitkinin *Salmonella* ile etkileşiminde etkiye bulunmadığını bununda tuz stresinde dahi bitkinin kontaminasyon potansiyelinin bulunduğunu saptamışlardır.

Scagel ve ark. (2017), CaCl<sub>2</sub> ve NaCl içeren tuzlu su ile düşük ve orta derecede tuz stresi oluşturarak fesleğen bitkilerinin büyüme ve gelişimini araştırdıkları çalışmalarında kontrol bitkileri ile orta derecede tuz içermekte olan bitkileri iki gruba ayırarak tuz stresinde arbuskular mikoriza (AMF)'nin etkisini belirlemek için bir gruba, arbuskular mikoriza ve *Rhizophagus irregularis* inoküle etmişlerdir. Uygulamanın yapıldığı 41.günde bitkilerde büyüme üzerine tuzun herhangi bir etkisi tespit edilememiş ve 75. günde bitkiler orta veya yüksek derecede CaCl<sub>2</sub> ve NaCl uygulamalarında stres şartlarında kuru ağırlığın kontrole kıyasla %20 ve %38 daha az olduğunu belirlemişlerdir. Her iki tuz uygulaması için; ilk 25 gün içinde stoma iletkenliği azalmış olsa da çiçeklenmenin 2-3 gün erken olduğunu saptamışlardır. Tuz uygulaması Ca alımını düşürmüş ve Na alımını artırmış, CaCl<sub>2</sub> uygulaması da Mg ve Mn alınımını düşürmüş, Ca alımını artırmıştır. Genel olarak, Cl'un yapraklarda biriktiğini Na'un köklerde biriktiğini her iki tuzunda AMF'nin kök kolonizasyonunu azalttığını bildirmişlerdir. Siam Queen fesleğenin tuza orta derecede toleranslı olduğunu belirtmiş ancak AMF inoküle edilmiş bitkilerde her iki tuz

uygulamasında da toleransın arttığı saptamışlardır. NaCl ve CaCl<sub>2</sub> 'a tolerans yönünden bitkilerin farklı mekanizmalar ürettiğini bildirmişlerdir.

Khaliq ve ark. (2017), çalışmasında fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) bitkisinin 3 ekotipini (Pakistan Pencap şehir bölgelerinden; Multan, Khanewal ve Rajanpur) yetiştirmiştir. 4 haftalık olan fesleğen fideleri farklı NaCl konsantrasyonları (0, 50, 100, 150, 200 mM) ile muamele etmiştir. Sonuç olarak artan NaCl konsantrasyonlarında üç ekotipte de QY (kuantum verimi), NPQ (foto kimyasal olmayan söndürme) OJIP gibi değerlerde azalma görülmüştür. Fesleğenin 150 mM tuz stresine kadar dayanıklı olduğunu bildirmiştir. Fesleğenin orta derece seviye tuz stresinde üretiminin yapılabilmesi açısından önemli olduğunu rapor etmiştir.

Çalışkan ve ark. (2017), çalışmada fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) bitkisini tuz ve su stresi altında verdiği morfolojik etkileri araştırmışlardır. Sera içerisinde yetiştirilen fesleğenlere tuz stresi uygulamaları için NaCl, CaCl<sub>2</sub> ve MgCl<sub>2</sub> tuz seviyeleri (1 ds/m, 2.5 ds/m, 4 ds/m, 8 ds/m) kullanılmıştır. Kontrol grubu olan şebeke suyu ise 0.4 ds/m olarak ölçülmüştür. Su kapasitesi üstünden, %80, %100 ve %120 oranları kullanılarak su stresi durumu oluşturulmuştur. 2-3 gün aralıklarla sulama yapılan fesleğenler toplan 18. sulama sonunda kök ve yapraklar ayrılarak kurutulmuştur. En düşük kök ağırlık değerleri 2.2 g 8 ds/m ve %80 uygulamasında elde edilmiştir. En yüksek kök ağırlığı ise 11.4 g ile şebeke suyu %100 uygulamasında elde edilmiştir. Yaprak ağırlığında ise en yüksek verim 28.1 g ile şebeke suyu %100 uygulamasında elde edilirken en düşük verim 20.2 g ile şebeke suyu %120 uygulamasından elde edilmiştir. Kök ağırlığında; ortalamalara göre tuz stresi altında tuz seviyesi arttıkça verim düşmüştür. Su stresi ortalamasına göre de %80 en düşük verim iken %120 ise kök ağırlığında en yüksek verimi sağlamıştır. Yaprak ağırlığında; ortalamalara göre tuz seviyesi arttıkça yaprak ağırlığı düşmüş, su stresinde ise en yüksek verim %100 de alınırken en düşük verim ise %120 de tespit etmişlerdir. Bunun sonucunda tuz stresi seviyeleri ve su stresi seviyelerinin fesleğen bitkisinin gelişiminde önemli olduğunu bildirmişlerdir.

Taş (2017), çalışmasında tuz stresi altında (EC = 0.25, 1.00, 1.50, 2.00, 4.00 ve 6.00 dsm<sup>-1</sup>) yetiştirdiği fesleğen bitkilerinin büyüme parametrelerini incelemiştir. Artan tuz konsantrasyonuna bağlı olarak birinci ve ikinci hasatta, bitki boyunun ve taze bitki ağırlığının azaldığını bildirmiştir.

Kahveci (2018), çalışmasında tuz stresi altında yetiştirilen fesleğen bitkilerinde kontrol uygulamalarına göre fizyolojik değerlerde ve veriminde düşüşler rapor etmiştir. BBD (bitki büyüme düzenleyici) olarak salisik asit, triptofan ve beta karoten uygulamaları kullanmıştır. Bu amaçla 0.05 mM ve 0.025 mM salisik asit, 1 mM ve 0.25 mM triptofan, 0.1 mM ve 0.2 mM  $\beta$ -karoten konsantrasyonlarında 24 sa bekletilen tohumlar, fide haline geldiğinde kademeli olarak 25-100 mM'a çıkarılan tuzlu su solusyonu ile sulanmıştır. En yüksek verim sağlanan 0.05 mM salisilik asit ve 1 mM ile 0.25 mM triptofan uygulama düzeyleri olmuştur. Bu uygulamalar sonucunda tuz stresine karşı büyüme ve verim düzeylerinde kontrol tuz uygulamasına göre artışa sebep olduğu, fakat klorofil miktarında önemli bir değişim olmadığı gözlemlenmiştir. Fesleğen bitkisinin kuru yaprakları GC-MS/FID cihazında ile analiz edilerek uçucu bileşenleri tespit edilmiş ve normal durumda yetiştirilmiş kontrol grubunda ve BBD uygulamalarında linalool ana bileşen olarak tespit edilirken, 0.25 mM triptofan ve 0.1 mM  $\beta$ -karoten denemelerinde ana bileşen linalool + methyl eugenol+ eugenol olduğunu, tuz stresindeki fesleğenlerde ise kontrol uygulamalarında ana bileşen eugenol olarak gözlemlenmiştir. BBD uygulanan ve tuz stresi altında yetiştirilen fesleğenlerde ana bileşenin değişerek methyl eugenol olduğu rapor edilmiştir.

Singh ve ark. (2018), çalışmasında fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) tohumunun tuz stresi etkisini azaltacak Jeevamrutha solüsyonu (toprak, su, bakliyat unu, jaggery, inek gübresi ve idrar karışımı) ile çimlenme oranının etkilerini araştırmıştır. NaCl konsantrasyonları (25, 50, 75, 100 mM) 10 ml su ile birlikte petri kabı içerisinde filtre kağıtları kullanılarak tohumların çimlenmesi sağlamışlardır. Çalışma sonuçlarına göre NaCl konsantrasyonu arttıkça çimlenme yüzdesi düşmüş, tuz stresi ile beraber Jeevamrutha solüsyonu uygulanan tohumlarda ise tuz stresinin etkisini azalttığını bildirmişlerdir. Kontrol grubunda çimlenme oranı %82.22 iken, 100 mM NaCl konsantrasyonunda %62.22 oranına düşüşe sebep olmuştur. Jeevamrutha solüsyonu ile 100 mM tuz stresi uygulamasında çimlendirme oranını (% 64.44) yükseldiğini bildirmişlerdir.

## 2.2. Fesleğende Melatonin Uygulaması Üzerine Yapılmış Çalışmalar

Khan ve ark. (2017), farklı konsantrasyonlar da melatonin (0,5,1,2,3,4,5,10,15,20 ve 25  $\mu$ M) uygulamasının *Ocimum basilicum* L. var. *thysiflora*'nın kallus oluşumunda 15  $\mu$ M'da en etkili olduğunu bildirmiştir. 9.0  $\mu$ M arasında thidiazuron (TDZ) ve 9.0  $\mu$ M TDZ

+ 15 µM melatonin uygulamaları yaptığı fesleğen kalluslarında toplam fenol ve flavonoid miktarlarının melatonin uygulaması yapılan grupta arttırdığını tespit etmiştir.

### 2.3. Farklı Bitkilerde Melatonin Uygulaması Üzerine Yapılmış Çalışmalar

Posmyk ve ark. (2009), salatalık (*Cucumis sativus* L.) tohumlarına iki yaygın astarlama tekniği uygulanmıştır: hidro- ve osmopriming. Her iki tedavide de tohum performansı iyileştiğini, ancak osmopriming daha etkili olduğunu tespit etmişlerdir. 50 µM melatonin uygulaması, osmopriming yönteminin olumlu etkilerini önemli ölçüde artırdığını gözlemlemişlerdir. Endojen melatonin konsantrasyonundaki bir artışın, in vitro kültürlerde kök büyümesine neden olduğunu gözlemlemişlerdir. Deneylerinde, hidro- ve osmopriming, tohumlardaki IAA içeriğini biraz azaltmıştır. Sadece 50 µM melatonin içeren osmopriming, IAA içeriğini değiştirmeden, 100 ve 500 µM melatonin ile hidropriming, salatalık tohumlarında IAA içeriğini belirgin bir şekilde arttırdığını rapor etmişlerdir.

Li ve ark. (2012), yaban elması (*Malus hupehensis*) üzerine yaptıkları bir çalışmada tuz stresine (100 mM NaCl) maruz kalan fidelere dışarıdan melatonin uygulayarak stresin etkisini önlemedeki rolü araştırmışlardır. Tuz stresine maruz kalan bitkilerde klorofil içeriği ve net fotosentetik kapasite belirgin şekilde azalırken oksidatif zararlanma artmış ve fide gelişimi olumsuz etkilenmiş fakat 0.1 µM melatonin uygulaması ile büyümede gözlenen bu düşüş önemli derecede önlenmiş ve fotosentezde artışlar olduğu belirlenmiştir. Yine melatonin uygulaması sonucunda H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> gibi serbest radikallerin miktarında azalma, buna karşılık peroksidaz, askorbat peroksidaz ve katalaz gibi antioksidan enzimlerin aktivitelerinde artışlar olduğu ve tüm bunların tuzluluğun neden olduğu oksidatif zararlanmayı azalttığı bildirilmiştir.

Arnao ve ark. (2013), acı bakla dokularında (*Lupinus albus* L.) kontrollü stres durumlarında (kuraklık, anaerobik, pH, soğuk stres ve kimyasal stres olarak ZnSO<sub>4</sub>, NaCl ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> kullanarak) melatonin seviyelerinde artış görüldüğü, en fazla değişimin ZnSO<sub>4</sub> ve NaCl ile oluşturulan stresten kaynaklı olduğu gözlenmiştir. Bunu kuraklık ve soğuk faktörleri takip etmiştir. Endojen melatonin seviyesinin stres durumunda kontrole göre 12 kat fazla olduğu tespit edilmiştir. Yaygın stres durumlarında melatonin biyosentezinin indüklemiş, iyi bilinen antioksidatif özelliklerden dolayı direk bir anti stres sinyal molekülü olarak görev yaptığı belirlenmiştir.

Janas ve Posmyk (2013), tarla koşullarında 2009 ve 2011 yıllarında yapılan deneylerde mısır (*Zea mays* L.), maş fasulyesi (*Vigna radiata* L.) ve salatalık (*Cucumis sativus* L.) tohumlarına, melatonin ile hidroprimed veya osmoprime uygulmaları yapılmıştır. Melatonin uygulamaları ile kontrol ürünlerine göre daha yüksek ürün verimi elde edilmiştir. Tohumları 20, 50 ve 500 µM konsantrasyonlarında Mel ile hidrolize edilen fasulyelerin sayısı, 50 µM Mel ile muamele edilmiş tohumlardan yetiştirilen bitkilerde daha büyük olup, 500 µM Mel uygulaması kontrole göre büyümeyi inhibe etmiştir. 50 ve 500 µM Mel ile muamele edilmiş mısır bitkileri daha büyük koçanlara sahip olmuştur. Salatalıklarda 50 µM Mel uygulaması en etkili olmuştur. Tohumlara bir kerelik Mel uygulamasının, doğal olarak tarlada yetişen bitkilerin verimi üzerinde önemli ölçüde pozitif bir etki gösterdiği belirlenmiştir. Mel ile muamele edilmiş mısır, salatalık ve maş fasulyesi üretiminin Mel içermeyenlere kıyasla yaklaşık % 10-25 oranında daha büyük olduğu ve bitki türlerine bağlı olduğu değerlendirilmiştir.

Wang ve ark. (2013), ekzojen melatonin uygulamasının uzun süreli kuraklık stresinde potansiyel rollerini incelemek için, 'Hanfu' elması (*Malus domestica* Borkh.) üzerine denemelerde bulunmuşlardır. Kuraklık koşullarında topraklara 100 µM melatonin eklendiğinde, ortaya çıkan oksidatif stresin hafiflediğini ve yaprak yaşlanmasının geciktiğini bildirmişlerdir. Melatoninin klorofil degradasyonunu önemli ölçüde azalttığını ve yaşlanmayla ilişkili gen 12 (SAG12) ve feoforbid oksijenazın (PAO) regülasyonunu baskıladığını bildirmiştir. Bu uygulama ayrıca, kuraklık stresinin sebep olduğu fotosentezin verimsizliğini hafifletmiştir. Ayrıca, ışık ve karanlık ortamlarda melatonin uygulamasının, kuraklık altındaki PSII'nin daha iyi işlevini sürdürdürmesini sağladığını görmüşlerdir. Melatonin ilavesi ayrıca, muhtemelen doğrudan süpürme yoluyla ve antioksidatif enzimlerin aktivitesini ve askorbat-glutasyon döngüsünün kapasitesini artırarak hidrojen peroksite patlamasını kontrol ettiğini, bu nedenle, melatoninin kuraklık toleransı üzerinde etkili olduğunu açıklamışlardır.

Meng ve ark. (2014), üzüm bağlarına %10 polietilen glikol uygulayarak 12 gün boyunca su stresi ortamı oluşturmuştur. Farklı konsantrasyonlarda melatonin (50 nmol/L, 100 nmol/L, 200 nmol/L) uygulamaları yaparak su stresinin etkilerini araştırmıştır. PEG'in bağların büyümesini inhibe ettiği, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ve O<sub>2</sub> kaynaklı serbest radikal oluşumu arttırdığı, Foto Sistem II'nin potansiyel etkinliğini ve klorofil miktarını azalttığını tespit etmiştir. Melatonin uygulaması oksidatif hasarı kısmen engellemiş, Foto Sistem II'nin potansiyel etkinliğindeki azaltmayı kısmen yavaşlatmış, PEG uygulamasından sonra oluşan yaprak

kalınlığı, süngerimsi doku ve stoma boyutu üzerindeki etkileri sınırlamıştır. Melatonin uygulamasının, kloroplastların iç katmanlı sistemini korumaya yardımcı olduğunu ve kuraklık stresinin neden olduğu yapısal hasarı hafiflettiğini, antioksidan enzimlerin ve enzim olmayan antioksidanların miktarını arttırdığını bildirmiş ve melatoninin şarap üzümüne uygulanmasının kuraklık stresi azaltmada etkili olduğu sonucuna varmışlardır.

Liang ve ark. (2015), pirinç fidelerine iki hafta boyunca %0.5 lik tuz stresi altında 0, 10, 20  $\mu\text{M}$  melatonin uygulaması gerçekleştirmişler. Melatoninin daha düşük konsantrasyonunun (10 veya 20  $\mu\text{M}$ ), kontrol grubu ile karşılaştırıldığında fide gelişimini desteklediğini, yüksek konsantrasyonda (>20  $\mu\text{M}$ ) ise inhibe ettiği bildirilmiştir. Normal büyüme koşulları altında, 10  $\mu\text{M}$  ve 20  $\mu\text{M}$  melatonin ile muamele edilen bitkiler kontrolden biraz daha iyi gelişim gösterirken diğer konsantrasyonlarda, belirgin bir değişiklik olmadığını bildirmişlerdir. Fideler karanlık ortama taşındıklarında yaprak sararması ve vitrifikasyonun ilerlemesi, 10  $\mu\text{M}$  ve 20  $\mu\text{M}$  melatonin koşulları altında kontrolden daha düşük bir oranda olduğu, yaprak yaşlanması ve hücre ölümünün geciktiği ortaya çıkmıştır. Tuz stresi altında melatoninin yaprak senesensini, hücre ölümünü azalttığı, tuz stresine toleransını arttırdığını bildirmiştir.

Jiang ve ark. (2016), çalışmasında, mısır fidelerinde tuzluluk altında kuru madde birikiminin önemli ölçüde azaldığını, tuzluluğun büyüme inhibisyonun, 1  $\mu\text{M}$  melatonin ile önemli ölçüde giderildiğini bildirmiştir. 1  $\mu\text{M}$  melatoninin uygulanması, tuz stresi altında köklerin ve sürgünlerin kuru ağırlığını önemli ölçüde iyileştirmiştir. 1  $\mu\text{M}$  melatonin stressiz ortamda bitki biyokütlesini etkilememiştir. Eksojen melatonin uygulamasının mısırdaki tuz toleransını arttırdığını rapor etmiştir.

Wang ve ark. (2016) çalışmalarında salatalık (*Cucumis sativus* L.) bitkisini sera koşullarında yetiştirerek, fidelere farklı melatonin konsantrasyonları (0,50,100,150,200  $\mu\text{M}$ ) uygulamıştır. Uygulamalar 7 kez yapıldıktan sonra, bitkiler 200 mM NaCl ile 12 gün boyunca muamele edilmiştir. Sonuçlarına göre 100  $\mu\text{M}$  Mel konsantrasyonunda tuz stresinin etkisinin önemli derecede hafiflediğini gözlemlemişlerdir. Toplam klorofil miktarında 200 mM NaCl uygulanmasında kontrol grubu %27.7 oranında düşüş gösterirken, 100  $\mu\text{M}$  Mel uygulamasında ise bu oran %20.6 olarak tespit etmişlerdir. Büyüme verilerine göre de kontrol grubunda bitki boyu 14.07 cm olarak ölçülürken, Mel uygulananda 16.48 cm'ye yükselmiştir. Tuz stresi altında ise; kontrol grubu 10.27 cm'den Mel uygulamasıyla 11.47 cm'ye arttığı bildirilmiştir. Yine aynı şekilde taze ve kuru ağırlığı Mel uygulamasının önemli ölçüde etkilediğini rapor etmişlerdir.

Jiang ve ark. (2016), çalışmalarında mısır tohumlarına 24 saat boyunca farklı konsantrasyonlarda (0.4, 0.8 ve 1.6 mM) melatonin emdirmiş ve 150 mM tuz konsantrasyonunda filtre kağıtları üzerinde çimlenmeye bırakmıştır. Kontrol grubu, uygulama yapılmayan kontrol grubu ve 0.8 mM melatonin grubunda çimlenme görülmüştür. Uygulama yapılmayan kontrol grubu ile kıyaslandığında 0.8 mM melatonin uygulamasının çimlenme enerjisi, çimlenme yüzdesi, fide çıkış endeksi, sürgün ve kök uzunlukları, fide taze ve kuru ağırlıklar, K<sup>+</sup> içeriği, bağıl su içeriği, prolin ve toplam fenolik içerik, süperoksit dismutaz, katalaz ve fenilalanin amonyum liyaz aktivitelerini önemli ölçüde arttırdığını, ortalama ortaya çıkış süresini, Na<sup>+</sup> içeriği, elektrolit sızıntısı ve malondialdehid içeriğini önemli ölçüde azalttığını bildirmiştir.

Li ve ark. (2017) çalışmalarında farklı konsantrasyonlarda melatonin (50,100 ve 500 µM) uygulamasının tuz stresi (300 mM) altında karpuz (*Citrullus lanatus* L. cv. 04-1-2) üzerinde fotosentezin ve redoks homeostazi etkilerini araştırmışlardır. Sera ortamında yetiştirdikleri bitkiler 3 yapraklı fideler haline gelince 6 gün boyunca (2 günde 1) 0,50,150 ve 500 µM Mel (bitki başına mL ) ile muamele edilmiş ve melatonin ön muamelesinden sonra 7 gün boyunca 300 mM NaCl (bitki başına 80 mL) ile sulandıktan sonra hasat edilmiştir. Sonuçlarına göre tuz stresi altında fotosentez üzerinde en etkili olan konsantrasyonun 150 µM Mel uygulaması olduğu tespit edilmiş, 50 ve 500 µM melatonin konsantrasyonlarında stresi hafiflettiği gözlenmiştir. Tuz stresi klorofil a ve b değerini düşürürken, melatonin uygulamasıyla bu düşüşlerin hafiflediğini rapor etmişlerdir.

### 3. MATERYAL VE METOD

#### 3.1. Materyal

Çalışmada bitkisel materyal olarak, ticari olarak satılan mor ve iri yapraklı Vilmorin marka fesleğen tohumu kullanılmıştır.

Fesleğen, baharat olarak kullanımının dışında dünya ticaretinde önemli bir yere sahip olup, türün tek yıllık olması, kolaylıkla yetiştirilebilmesi ve uçucu yağ içeriğinin yüksek olması nedeniyle çalışmada materyal olarak tercih edilmiştir.

##### 3.1.1. Fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) bitkisinin taksonomik sınıflandırılması

Alem : Bitkiler

Bölüm : Kapalı Tohumlular

Sınıf :İki çenekliler

Alt sınıf : Asteridae

Takım : Lamiales

Familya :Lamiaceae

Cins : *Ocimum*

Tür :*Ocimum basilicum* L.

##### 3.1.2. Fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) bitkisinin özellikleri

*Ocimum* cinsi Lamiaceae (Ballıbabagiller) familyasına ait tek veya çok yıllık türleri içermektedir. *Ocimum* cinsine ait türler arasında en fazla ekonomik değere sahip olan tür *Ocimum basilicum* L.'dur. Fesleğen (*Ocimum basilicum* L.), Fransızca “Basilic”, Almanca; “Basilicum”, İngilizce; “Basil” olarak tanınmaktadır. Uluslararası ticarete “Basil” adı ile yaygın bir şekilde kullanılan fesleğenin eski Yunanca’da kral anlamına gelen “Basilicos” ismi ile kullanılmakta olduğu belirtilmektedir.

Güney Asya özellikle Hindistan kökenli olan fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) tropik ve ılıman bölgelere yayılmıştır. Özellikle Fransa, İtalya ve İspanya’da kültürü yapılmaktadır (Ceylan, 1997). Fesleğen Türkiye’de doğal yayılış göstermemektedir. Fesleğenin iki türünün (*O.minimum* ve *O.basilicum*) ülkemizde yetiştiriciliği yapılmaktadır



(Ekren ve ark., 2009). Özellikle Batı ve Güney Anadolu'da yetiştirilmektedir. Türkiye'de ev bahçelerinde ve saksılarda yetiştirilen fesleğenin (*Ocimum basilicum* L.) ülkemizin her yöresinde farklı genotiplerinin bulunduğu, baharat ve süs bitkisi olarak yetiştirildiği bilinmektedir (Nacar, 1997). Bazı yörelerde özellikle doğu illerinde mor renkli tipler yaygındır ve reyhan olarak isimlendirilmektedir.

Fesleğen, ( $2n=48$ ) dik veya yarı yatık şekilde büyüme gösteren, 20-80 cm arasında boya sahip olan, sapları dört köşeli, 1-5 cm arasında yaprak boyuna ve 1-3 cm yaprak enine sahip genellikle tek yıllık otsu türleri içerir, gövdesi genellikle dallanmamış ve karakteristik dört köşeli, 30-100 cm civarında, yapraklar yumurtamsı, 7-16x3,5-12 cm, yaprak kenarları ince ve birbirinden uzak şekilde çıkıntılı, tüysüz, salgı benekli, yeşilimsi puslu, petiyolları uzun, 1-5 cm yaprak uzunluğu ve 1-3 cm arasında eni olan, çiçek yaprakları brakte benzeri, genişçe yumurtamsı şekilde, çiçek kümesi 6'lı, kaliks, çiçekte 3-4 mm, meyvede 7-8 mm, korolla beyaz, 7-8 mm uzunlukta bir cinstir (Davis, 1982).

Fesleğen morfolojik olarak yapı ve şekil bakımından aynı zamanda uçucu yağdaki farklı olan bileşenlerinden dolayı geniş bir kemotipik çeşitlilik oluşturmaktadır (Karaman ve ark., 2008; Baydar, 2013).

Fesleğen bitkisi, çiçekli dallarından elde edilen uçucu yağı, tıpta mide rahatsızlıklarında, yatıştırıcı, idrar söktürücü, gaz söktürücü, idrar yolları antiseptiği, ağrı dindirici, balgam söktürücü, solucan düşürücü, sakinleştirici, öksürük kesici, ağız ve diş şikayetlerinde, ishal ve kronik dizanteride, solunumla ilgili rahatsızlıklarda ve mantar hastalığının tedavisinde etkisi olduğu görülmüştür (Vina ve Murillo, 2003). Gıda sanayisinde baharat veya uçucu yağı alkolsüz içecekler, fırın ürünleri, şekerlemeler, dondurmalar, sirkeler, et ve çeşni ürünlerinde, ayrıca parfümeri alanında da kullanılmaktadır. Ayrıca diş macunlarında, ağız gargarlarında ve insektisit olarak kullanılır (Ekren ve ark., 2009).

### **3.1.3.Kullanılan kimyasallar**

Melatonin- M5250 powder,  $\geq 98\%$  (TLC) (Sigma)

Ethanol CHROMASOLV®, for HPLC,  $\geq 99,9\%$  (Sigma-Aldrich)

Aceton LC-MS CHROMASOLV (Merck)

Sodium Chloride  $\geq 99.5\%$  (Merck)

### 3.1.4. Kullanılan cihazlar

Ultrasonik banyo, Mercury 6 Lt.

Santrifüj, Nuve NF615

Hassas terazi, Denver TP-214

Spektrofotometre Agilent Cary 60 UV-Vis

HPLC cihazı, Agilent HP 1100, Agilent Technologies

GC-MS Cihazı, Agilent Technologies

Etüv Binder-BD115

### 3.2. Metod



Şekil 2.1. 24 saat boyunca 1-10  $\mu\text{M}$  melatonin konsantrasyonlarında bekletilmiş fesleğen tohumları

#### 3.2.1. Tuz stresi için konsantrasyonların belirlenmesi

Çalışmada kullanılan tuz çözeltilerinin elektriksel iletkenliği İnolab kondüktometre cihazı (EC) ile ölçüm yapılmış, iletkenlik değerleri normal çeşme suyunda  $2.2 \text{ dS cm}^{-1}$  farklı konsantrasyonlardaki (25, 50, 75, 100 mM) tuz uygulamalarında ise sırası ile 11.15, 16.25, 19.30 ve  $25.7 \text{ dS cm}^{-1}$  olarak bulunmuştur.

### 3.2.2. Denemede kullanılan melatonin konsantrasyonlarının belirlenmesi

Melatonin konsantrasyonları literatürler incelenerek 1 ve 10  $\mu\text{M}$  olarak belirlenmiştir (Arnao ve Hernandez, 2007).

### 3.2.3. Bitkilerin büyüme koşulları ve tuz stresi uygulamaları

Denemeler için fesleğen fideleri  $24^{\circ}\text{C}$  sabit sıcaklıkta, 16 saat ışık alan ve 8 saat karanlık ortamı oluşturan KSÜ-ÜSKİM (Üniversite Sanayii Kamu İşbirliği Merkezi)'e ait iklimlendirme odasında yetiştirilmiştir. Fesleğen tohumları %1 lik sodyum hipoklorid ile yüzey sterilizasyonuna tabii tutulduktan sonra  $24^{\circ}\text{C}$ 'de 24 saat boyunca 1 ve 10  $\mu\text{M}$  melatonin çözeltileri ile muamele edilmiştir. Melatonin etanol-su içerisinde çözündüğü için kontrol grubu içerisinde ( $8 \times 10^{-6}$  ml) etanol eklenmiştir. 24 saat boyunca melatonin çözeltisinde ve suda bekletilen tohumlar 500 ml hacimli plastik saksılar içerisinde 2:1:1 oranında torf, toprak ve kum karışımı konularak ekilmiştir. 14 Kasım 2016 tarihinde saksı başına 4 adet tohum ekilmiş ve çimlenme sonrası büyümeden ayrılan fideler alınarak 19 Aralık 2016' da her saksıya tek fide kalacak şekilde şaşırtılmıştır. Deneme 4 tekerrürlü olarak herbir tekerrürde 8 saksı içerecek şekilde kurulmuştur.



Şekil 2.2. 2:1:1 oranlarında toprak, torf ve kum karışımı ve saksılara ekimi

Bitkiler iki adet gerçek yaprağa sahip olduğunda 100 ppm (N'a göre) miktarında sıvı gübre (20+20+20+İZ) ile hasat edilinceye kadar iki hafta aralıklarla gübreleme işlemi spreyleme yöntemi ile yapılmıştır. Saksılardan tuzlu suyun taşmaması için su tutma kapasitesi hesaplanmış ve 75 ml su ile sulama gerçekleştirilmiştir (Ünlükara ve ark., 2008).

Tuz uygulaması, fidelere 4-5 adet gerçek yaprak geliştiğinde başlanmıştır. Tuz uygulamasından her saksı 1 hafta boyunca iki güne bir aralıklarla 25 mM NaCl içeren saf su ile sulanmıştır. Sonraki hafta 50 mM tuz konsantrasyon ile sulanmış ve tuz konsantrasyonu 75 mM'a arttırılmıştır. 75 mM ile bir hafta sulandıktan sonra, 100 mM konsantrasyon ile iki hafta boyunca sulamaya devam edilmiştir. (Korkmaz ve Şirikçi, 2011).

Fideler 105 günü geçirdiğinde (27.2.2017) çiçeklenme döneminden önce saksı içerisinden kökleri ile beraber hasat edilerek kök ve gövde kısmı birbirinden ayrılmıştır. Morfolojik ölçümler yapıldıktan sonra örneklerin bir kısmı  $-80^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza edilmiş, bir kısmı ise analizi için oda sıcaklığında kurumaya bırakılmıştır.



Şekil 2.3.  $-80^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza edilen fesleğen bitkileri

### **3.3. Melatonin Uygulanan ve Tuz Stresine Maruz Kalan Bitkilerde Büyüme, Verim ve Fizyolojik Parametrelerin Değerlendirilmesi**

#### **3.3.1. Büyüme parametreleri**

##### **3.3.1.1. Bitki boyu (cm)**

Her bir tekerrürden 5'er adet fesleğen, toplamda 20 adet fesleğenin toprak seviyesi kısmından başlanarak en tepe noktasına kadar ölçülerek (cm) ortalaması alınmıştır.



Şekil 2.4. Bitki boyu ölçümleri

### 3.3.1.2. Bitki başına verim

Her bir tekerrürden 5'er adet bitki, toplamda 20 adet bitkinin toprak üstü kısmı kesilerek tartılmış, değerler gr/ bitki şeklinde ifade edilerek ortalaması alınmıştır.

### 3.3.1.3. Yaş kök ağırlığı (g/bitki)

Her bir tekerrürden 5'er adet bitki, toplam 20 adet bitkinin saksıdan çıkarılan kökleri topraklarından yıkama yoluyla temizlenip fazla suyu alınarak tartılmıştır.



Şekil 2.5. Yaş kök ağırlığı tartımı



#### 3.3.1.4. Kök uzunluğu (cm)

Her bir tekerrürden 5'er adet bitki, toplam 20 adet bitkinin kökleri (cm) llerek ortalama kök uzunluğu belirlenmiştir.



şekil 2.6. Kök uzunluğu lmleri

#### 3.3.1.5. Bitki başına yaprak verimi (g/bitki)

Her bir tekerrürden 5'er adet bitki, toplam 20 adet bitkinin yaprakları dallarından ayrılarak tartılmış ve ortalaması alınmıştır.



şekil 2.7. Yaprak ağırlığı tartımı

### 3.3.1.6. Yaprak sayısı (adet)

Her bir tekerrürden 5'er adet bitki, toplam 20 adet bitkinin yaprakları sayılmış ve ortalama bitki başına düşen yaprak sayısı belirlenmiştir.

## 3.4. Fizyolojik Parametrelerin Değerlendirilmesi

### 3.4.1. Yaprak oransal su içeriği (%)

Fesleğen bitkileri hasat edilmeden önce her uygulamadan 3 bitki 3 tekerrür olacak şekilde olgun ve yaş haldeki yapraklar bitkinin farklı bölgelerinden toplanıp disk şeklinde kesilmiştir. Öncelikle hassas terazide yaş ağırlık (YA) tartımı yapılan yapraklar petri kaplarında 24 saat saf su içerisinde bekletilerek doymuş hale getirilen yaprakların turgor ağırlıkları (TA) bulunmuştur. Yapraklar, tartımdan sonra 70 °C'de ki etüv da 24 saat bekletilerek kuru ağırlık (KA) tartımı yapılmıştır. Bu değerler sayesinde yaprak oransal su içeriği (YOSİ) aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır (Bowman, 1989).

$$\text{Yaprak Oransal Su İçeriği (\%)}: [(YA-KA)/(TA-KA)] \times 100$$

### 3.4.2. Klorofil içeriğinin belirlenmesi (mg/g yaprak)

-80 derecede muhafaza edilen yaprak örneklerinden 0,04 gram alınarak havanda ezildikten sonra tüplere konularak üzerine 4 ml %80'lik aseton çözeltisi eklenmiştir. Hazırlanan tüpler 30 dakika boyunca ultrasonik banyoda bekletilerek ardından 15 dakika santrifüj işleminden geçirilmiştir. Bu işlemlerden sonra örnekler 662, 645 ve 470 nm dalga boylarında spektrofotometrede okutulmuştur (Kulak, 2016). Lichtenthaler ve Welburn, (1983)'e göre klorofil miktarları aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Klorofil -a} = 11.75 \cdot A_{662} - 2.35 \cdot A_{645}$$

$$\text{Klorofil-b} = 18.61 \cdot A_{645} - 3.96 \cdot A_{662}$$

$$\text{Toplam klorofil} = \text{Klorofil-a} + \text{Klorofil-b}$$

$$\text{Karotenoid} = 1000 \cdot A_{470} - 2.27 \cdot \text{Klorofil-a} - 81.4 \cdot \text{Klorofil-b} / 227$$



Şekil 2.8. Havanda dövülen yapraklar ve ultrasonik banyo

### 3.4.3. Uçucu bileşenlerinin tayini

Bitki yapraklarındaki uçucu bileşenlerin analizleri için GC-MS/FID (Gaz Kromatografisi/Kütle Spektrometrisi) (Agilent Technologies GC 6890N Network, MS 5975C VL MSD) kullanılarak Biyoloji Bölümü Bitki Fizyolojisi Araştırma Laboratuvarında çalışmalar yapılmıştır.

Uçucu bileşenleri elde etme amacıyla 0.05 gram kuru örnekler havanda ezilerek kapaklı cam şişelere konulmuş ve 70°C getirilmiş ultrasonik banyoda 30 dakika bekletilmiştir. Daha sonra Supelco 57346-U marka gaz şiringası ucu cam şişenin içerisine geçirilmiş ve şiringanın uç kısmındaki fiberin uçucu bileşenlerin toplanması için 15 dakika boyunca bekletilmiştir. Ardından, gaz şiringası gaz kromatografi cihazına enjekte edilmiş ve şiringanın ucunun temizlenmesi için 15 dakika cihazın enjeksiyon bloğunda takılı tutulmuştur.

GC/MS/FID çalışma koşulları; Sistem; Agilent GC-6890II GC ve Agilent 5975C MS, GC kapillar kolonu; HP-88 (100mx250 m x 0.20 µm film kalınlıkta), taşıyıcı gaz; He, akış hızı 1mL/dk, GC fırın başlangıç sıcaklığı; 70°C (1 dk), dk'da 5°C artarak 220°C'de 10 dk ve dk'da 10°C artarak 230°C 'de 10 dk, enjeksiyon bloğu sıcaklığı 250 °C, kütle spektrofotometresi; El Mode 70 eV, split oranı; 2:1, kütle oranı 35-400 <sup>m/z</sup>, tarama hızı; (<sup>amu/s</sup>):100

### 3.4.4. İstatistiksel analiz

Çalışmada her bir uygulama için 4 tekerrür ve her tekerrür için 8 bitki kullanılmıştır. Elde edilen veriler SPSS 18 (Statistical Package for the Social Sciences)



istatistiksel paket programı kullanılarak, analiz edilmiş ve bunlar arasındaki istatistiksel farklılık varyans analizi ile ortaya konulmuştur. Elde edilen farklılıkların hangi faktörler arasında olduğunu belirlemek üzere waller-duncan testi uygulanmıştır.



## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Melatonin Uygulanan ve Tuz Stresine Maruz Bırakılan Fesleğenlerde Büyüme ve Verim Parametrelerinin Değerlendirilmesi

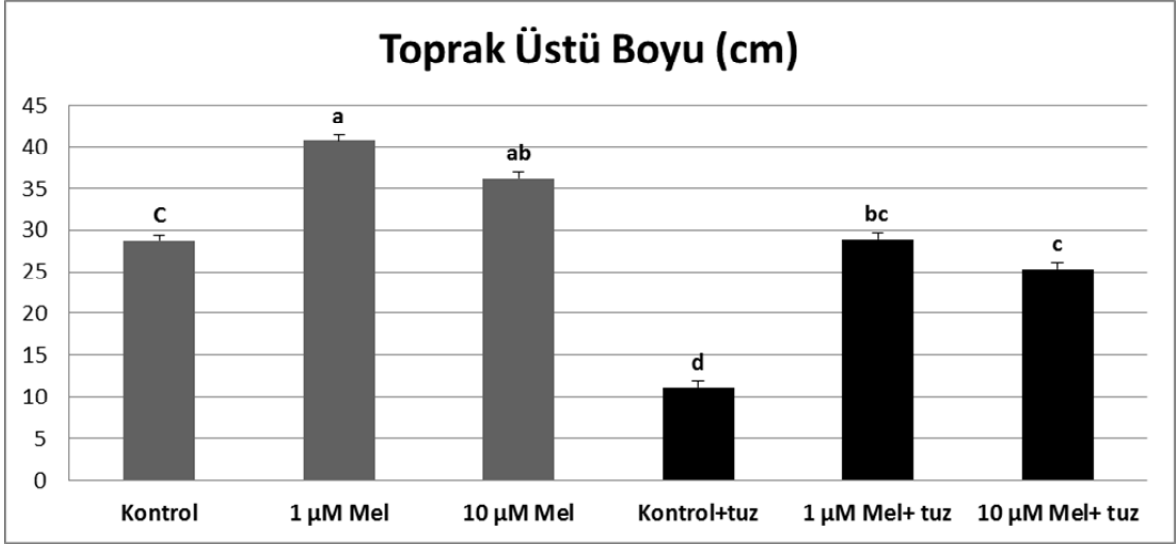
#### 4.1.1. Bitki boyu (cm)

Fesleğende melatonin uygulamaları ve tuz stresi sonucu elde edilen büyüme ve verime ait değerler Çizelge 4.1. ve Şekil 4.1’de verilmiştir. Bitki boyuna ait verimler incelendiğinde uygulamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P<0,01$ ). Bitki boyu değerleri en yüksek 1  $\mu\text{M}$  ve 10  $\mu\text{M}$  Mel uygulamalarından (40.73 cm, 36.23 cm), en düşük bitki boyu değeri ise 11.13 cm olarak kontrol+tuz uygulamasından elde edilmiştir.

Çizelge 4.1. Fesleğende melatonin uygulamaları ve tuz stresi sonucu elde edilen büyüme ve verime ait değerler

| Uygulamalar              | Toprak Üstü boyu (cm)    | Kök Boyu (cm)           | Kök Ağırlığı (gr)       | Yaprak Ağırlığı (gr)    | Yaprak Sayısı (Adet)    | Bitki Ağırlığı (gr)     |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Kontrol                  | 28.78±2.10 <sup>c</sup>  | 9.15±0.60 <sup>ab</sup> | 0.32±0.041 <sup>b</sup> | 2.53±0.21 <sup>a</sup>  | 23.67±0.47 <sup>a</sup> | 4.30±0.81 <sup>a</sup>  |
| 1 $\mu\text{M}$ Mel      | 40.73±1.23 <sup>a</sup>  | 9.46±0.95 <sup>a</sup>  | 0.30±0.059 <sup>b</sup> | 2.16±0.28 <sup>ab</sup> | 18±1.63 <sup>b</sup>    | 4.15±0.52 <sup>ab</sup> |
| 10 $\mu\text{M}$ Mel     | 36.23±2.61 <sup>ab</sup> | 8.70±0.36 <sup>ab</sup> | 0.49±0.026 <sup>a</sup> | 2.32±0.12 <sup>ab</sup> | 16±0.81 <sup>bc</sup>   | 4.06±0.41 <sup>ab</sup> |
| Kontrol+tuz              | 11.13±2.28 <sup>d</sup>  | 5.46±0.61 <sup>c</sup>  | 0.14±0.044 <sup>d</sup> | 1.86±0.12 <sup>b</sup>  | 13.3±0.47 <sup>cd</sup> | 2.23±0.12 <sup>c</sup>  |
| 1 $\mu\text{M}$ Mel+tuz  | 28.93±3.27 <sup>bc</sup> | 7.73±0.79 <sup>b</sup>  | 0.24±0.04 <sup>bc</sup> | 2.03±0.16 <sup>ab</sup> | 11.67±1.24 <sup>d</sup> | 3.06±0.26 <sup>bc</sup> |
| 10 $\mu\text{M}$ Mel+tuz | 25.33±4.3 <sup>c</sup>   | 7.76±0.61 <sup>b</sup>  | 0.16±0.01 <sup>cd</sup> | 1.20±0.35 <sup>c</sup>  | 13±2.44 <sup>cd</sup>   | 2.43±0.75 <sup>c</sup>  |
| Önem Seviyesi            | **                       | **                      | **                      | **                      | **                      | **                      |

\*\*  $p<0.01$  seviyesinde önemli



Şekil 4.1. Melatoninin ve tuz stresi uygulanan fesleğenlerde toprak üstü boy değerleri

Melatonin uygulamalarında her iki konsantrasyonda da kontrole göre daha yüksek bitki boyu elde edilmiştir. Tuz stresi uygulanan 1 µM Mel+tuz uygulamasından (28.93 cm) diğer tuz uygulamalarının sonuçlarına göre (Kontrol+tuz 11.13 cm, 10 µM Mel+tuz 25.33 cm) toprak üstü boyun daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır. Tuz stresi karşısında melatonin uygulamalarındaki bitkiler kontrol grubundaki bitkilere göre erken çiçeklenme evresi geçirmiş olup ortaya çıkan çiçek başaklarının da yükselmelere neden olduğu görülmüştür.

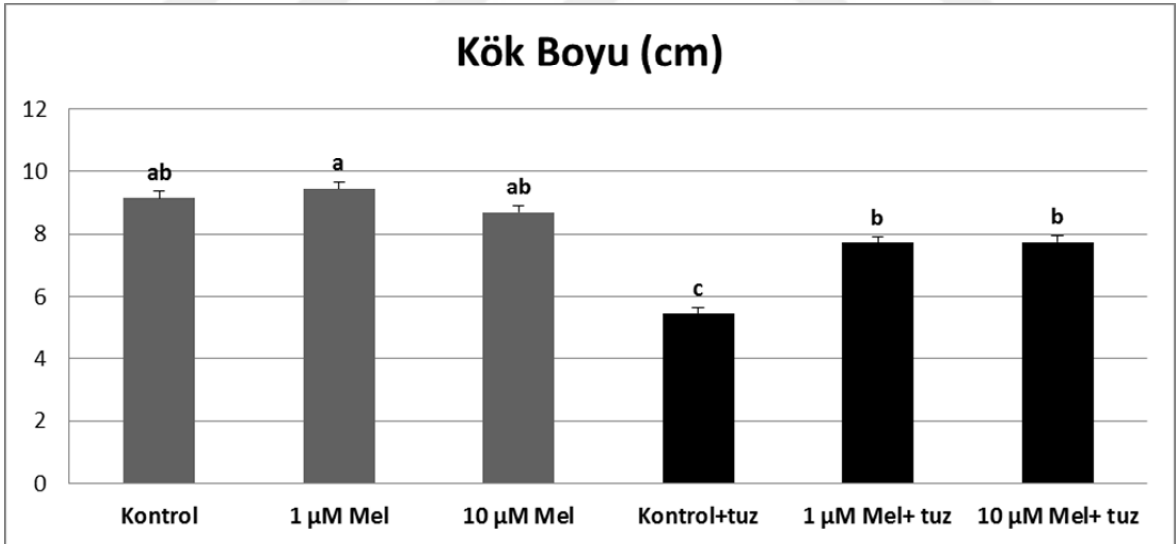
Kontrollü şartlarda yetiştirilen fesleğen bitkilerine ait literatürler incelendiğinde Ghanbari, (2013) 77.7-88 cm arasında, Kulak, (2016) 39.26-57.33 cm arasında, Delavari ve ark., (2014) 15-22 cm arasında bitki boyu değeri elde etmiştir. Sonuçlarımızın (11.13-40.73 cm) Delavari ve ark., (2014)'nın bulgularından yüksek veya yakın olduğu, diğer literatürlere göre ise düşük değer aralığında olduğu belirlenmiştir. Bitki boyunun literatürlere göre düşük olmasının sebebi olarak çalışmamızın küçük saksılarda yürütülmüş olması veya mor yapraklı fesleğenin yeşil yapraklı fesleğen kadar boylanmamasından kaynaklı olabileceği düşünülmüştür.

Fesleğenlerde tuz stresi uygulamalarıyla bitki boyu üzerine yapılan çalışmalar dikkate alındığında Kaya ve İnan, (2017) tarla şartlarında yetiştirilen fesleğenlerde kontrol uygulamasında 40.66 cm olan bitki boyunun, 50 mM tuz uygulamasında ise 28.25 cm'ye kadar düştüğünü bildirmişlerdir. Fesleğende tuz stresi durumunda bitki boyunda düşüşler gözlemleyen Ghanbari ve ark. (2013); Fatemi ve Aboutalebi, (2012) çalışmalarımız ile uyumlu sonuçlar bildirmiştir.

Zhang ve ark. (2014), ve Wang ve ark. (2016), tuz stresi altında yetiştirilen hıyar bitkisi (*Cucumis Sativus L.*) üzerine yaptıkları çalışmalarda 100  $\mu$ M melatonin uygulamasının bitki boyunu kontrol gruplarında ve stresli gruplarda arttırdığını bildirmiştir. Çalışmamızda fesleğen bitkisi içinde benzer durum görülmüştür. Çalışmamıza göre melatonin uygulamasının bitki boyuna pozitif etkili olduğu, tuzun inhibisyon etkisini kısmen giderdiği görülmektedir.

#### 4.1.2. Kök uzunluğu (cm)

Fesleğene uygulanan melatonin konsantrasyonları ve tuz stresi uygulamaları sonucu elde edilen kök uzunluğu verileri Çizelge 4.1. ve Şekil 4.2' de gösterilmiştir. Melatonin konsantrasyonları ve tuz stresinin bitkide kök uzunluğuna etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P<0,01$ ). Uygulamalar arasında kök uzunluğu en yüksek 9.46 cm olarak 1  $\mu$ M Mel konsantrasyonundan elde edilmiştir. Sırasıyla 9.15 cm ile kontrol ve 8.7 cm ile 10  $\mu$ M Mel uygulamalarından yüksek kök uzunlukları elde edilmiştir. Melatonin uygulaması yapılan tuz stresi altındaki uygulamalarda 1  $\mu$ M Mel+tuz (7.73 cm), kontrol+tuz (5.46 cm) grubuna göre daha yüksek kök uzunlukları elde edilmiştir. Tuz uygulamalarında en yüksek kök boyu ise 10  $\mu$ M Mel+tuz uygulamasında 7.76 cm olarak elde edilmiştir.



Şekil 4.2. Melatoninin ve tuz stresi uygulanan fesleğenlerde kök boy değerleri

İklim odası koşullarında tuz stresi üzerine yapılan çalışmalarda Delavari ve ark. (2014), artan tuz stresinin fesleğenin kök boyunu inhibe etmediğini, kök boyunun 15-20 cm arasında değişiklik gösterdiğini, Tarchoune ve ark. (2012), kök boyunun tuzlu koşullarda kontrole göre (25.8 cm) azaldığını 25 mM'da kök boyunun (10.8 cm), 50 mM'a göre daha fazla (23.6 cm) inhibe olduğunu bildirmiştir.

Sera koşullarında çalışan Bernstein ve ark., (2017) 1 den 100 mM'a kadar artan tuzlulukta kök boyunun (yaklaşık 40-25 cm) %47 oranda düşüşe neden olduğunu bildirmişlerdir. 25 mM tuz uygulamasının fesleğinde kök uzunluğunun ve verimin değişmesine neden olduğunu, tuz konsantrasyonunun artırılması ile kök uzamasının azaldığını bildirmişlerdir.

Melatoninin, köklerin, sürgünlerin ve eksplantın büyümesinde etkili olduğu önceki çalışmalarda bildirmiştir. Birçok monokotilde, *Brassica* sp., *Citrus* sp., *Arabidopsis thaliana*, soya fasulyesi, acı bakla ve pirinçte köklenmede etkili olduğu rapor edilmiştir. (Li ve ark., 2012; 2016; 2017; Chen ve ark., 2017; Kostopoulcu ve ark., 2015; Wang ve ark., 2016; Zhang ve ark., 2014; 2017; Liang ve ark., 2015; Mukherjee ve ark., 2014; Arora ve Bhatla, 2017).

Li ve ark. (2016), Tuz stresi altında yetiştirdiği *Malus hupehensis*'in kök boyunu melatonin uygulamasının stresli ve normal gruplarda arttırdığını bildirmiştir. Mukherjee ve ark. (2014), *Helianthus annuus*'a tuz stresi koşullarında uyguladıkları melatoninin stresin olumsuz etkisini azalttığını ve kök boyunu stresli gruba ve kontrol grubuna göre attırdığını tespit etmiştir. Chen ve ark. (2009), çalışmasında *Brassica juncea*'a uygulanan 0.1  $\mu$ M melatoninin kök büyümesini arttırırken, 100  $\mu$ M'in inhibe ettiğini bulmuştur. Uygulanan melatonin konsantrasyonunun da bitki büyümesini stimüle veya inhibe etmede etkili olduğu görülmektedir.

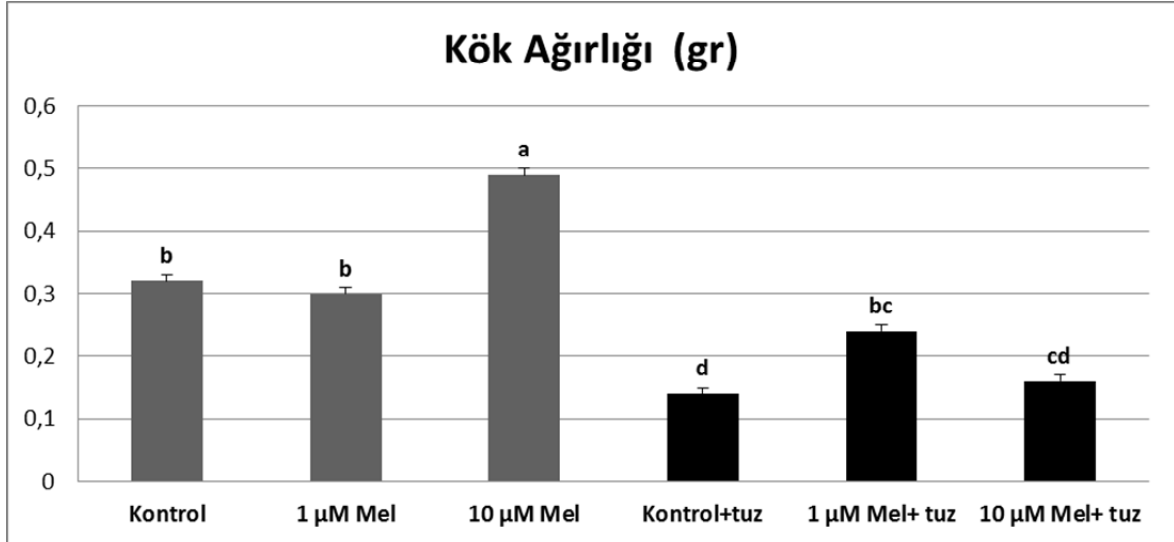
Mısır (*Zea mays*) fidelerinde tuz stresi altında melatonin etkisini araştıran Jiang ve ark. (2016), 150 mM tuz konsantrasyonunda uyguladığı 0.8 mM Mel uygulamasında, kök uzunluğunu 7.64 cm bulurken, tuz stresi kontrol uygulamasında 4.90 cm tespit etmiştir. Normal şartlarda kontrol grubu 9.02 cm iken 0.8 mM Mel uygulamasında 10.04 cm olarak gözlenmiştir. Araştırmacılar bunun sonucunda Mel uygulamasının tuz stresinin negatif etkisini önemli ölçüde azalttığını bildirmiştir.

Denememizde melatonin uygulamaları kontrolden daha fazla kök uzunluğunun artışına sebep olmuştur. Tuz stresi durumunda melatonin uygulamalarının kontrol-tuz uygulamasına göre daha yüksek kök uzunluğuna sahip olduğu bulunmuştur.

Melatonin uygulaması fesleğen kök uzunluğunu arttırmada başarılı olmuş ve tuz stresi karşısında kontrol tuz grubuna göre daha yüksek kök uzunluğu elde edilmiştir.

#### 4.1.3. Bitki başına taze kök ağırlığı (g/bitki )

Melatonin uygulanan ve tuz stresi sonucu elde edilen bitkilerdeki kök ağırlık değerleri Çizelge 4.1. ve Şekil 4.3’de verilmiştir. Melatonin uygulamaları ve tuz stresinin bitki üzerinde kök ağırlığına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P<0,01$ ).



Şekil 4.3. Melatoninin ve tuz stresi uygulanan fesleğenlerde taze kök ağırlığı değerleri

Uygulamalar içerisinde en yüksek kök ağırlığı 0.49 g/bitki olarak 10 µM Mel uygulamasından, en az ise 10 µM Mel+tuz uygulamasından (0.16 g/bitki) elde edilmiştir. Melatonin uygulamasının kontrol ve tuz gruplarında kök ağırlığını arttırdığı belirlenmiştir. Tuz uygulamasının (0.14 g/bitki) kök ağırlığını kontrol grubuna göre (0.32 g/bitki) düşürdüğü tespit edilmiştir. Tuz stresi altında taze kök ağırlığı kontrolde 0.14 gr, 1 µM Mel uygulamasında 0.24 gr, 10 µM Mel’de 0.16 gr olarak bulunmuştur. Tuz stresinde 1 µM Mel (0.24 gr) uygulaması daha iyi sonuçlar vermiştir.

Literatürler incelendiğinde Ghanbari ve ark. (2013), birbirinden farklı tuz konsantrasyonlarında (2,4,6 ve 8 ds m) yaptıkları çalışmada artan tuz stresi ile fesleğende kök ağırlığının 0.81 gr’dan 0.67 gr’a kadar düştüğünü bildirmiştir. Mancarella ve ark. (2016), ise iki fesleğen genotipinde artan konsantrasyonlarda uygulanan tuz stresinin (0, 100 ve 200 mM) taze kök ağırlığını (1.27-1.14, 0.52-0.59, 0.25-0.27 g/bitki) kademeli olarak azalttığını bildirmiştir.

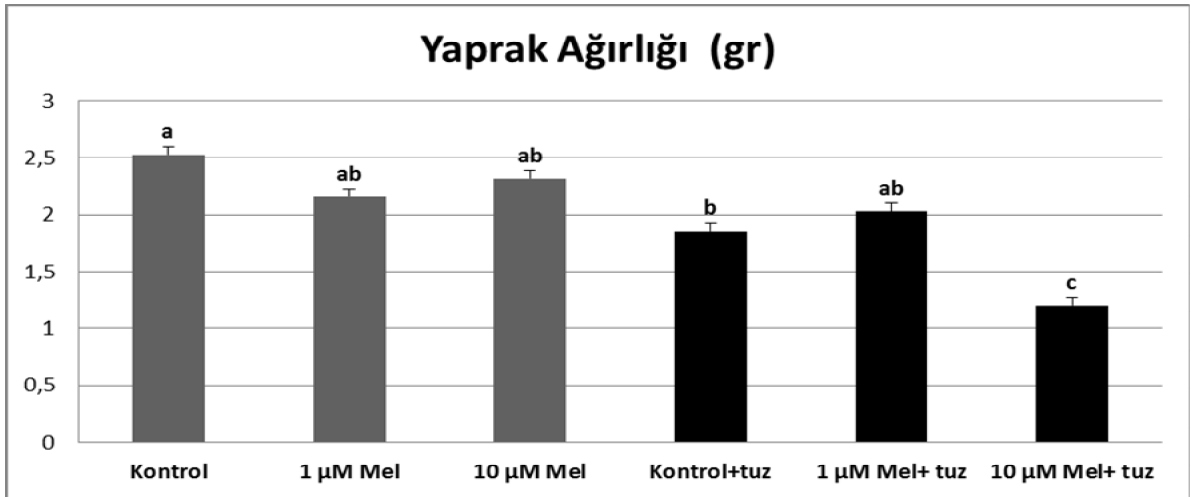
Tuz stresi uygulamaları sonucunda, aldığımız sonuçlar Ghanbari ve ark. (2013), ve Mancarella ve ark. (2016), bildirdikleri sonuçlarla uyum göstermektedir. Bernstein ve ark. (2010), sera koşullarında yaptıkları çalışmada fesleğenin artan tuz stresinde (0, 130 mM NaCl) kök ağırlığının 8 gr’dan 2 gr’a kadar düştüğünü, 2017 yılında yaptığı çalışmada ise

30 mM tuzlu su uygulamasının taze kök ağırlığında %20 oranında düşüşe neden olduğunu bildirmiştir (Bernstein ve ark. 2017). Fatemi ve Aboutalebi, (2012) tarla denemelerinde artan tuz konsantrasyonunun taze kök ağırlığını (24.41-14.22 g/bitki) azalttığını tespit etmişlerdir. Fesleğen üzerinde tuz stresi baskısı altında kök ağırlığının azaldığını bildiren literatürler çalışmamıza destek vermektedir.

Çalışmamızda kök ağırlığı değerlerimiz araştırmacıların sonuçlarından düşük bulunmuştur. Benzer şekilde iklim odası koşullarında yapılan Ghanbari ve ark. (2013)'nın ve Mancarella ve ark. (2016)'nın değerleride diğer çalışmalardan düşük elde edilmiştir. İklim odası çalışmalarında denemenin belli bir ışık düzeyinde yapılması diğer araştırmacıların ise yaz ayında sera veya tarla şartlarında deneme kurmuş olması ve saksı büyüklüklerinin etkisi sonuçların düşük olmasının sebeplerinden olabilir.

#### 4.1.4. Taze yaprak ağırlığı (gr/bitki)

Fesleğen bitkilerine uygulanan melatonin ve tuz stresi sonucu elde edilen yaprak ağırlığı değerleri Çizelge 4.1. ve Şekil 4.4'de verilmiştir. Melatonin konsantrasyonları ve tuz stresi uygulamalarının bitkinin yaprak ağırlığına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P < 0,01$ ). Yaprak ağırlığı değeri gruplar arasında kontrol grubunda en yüksek 2.53 g/bitki kontrol uygulamasından, tuz grubunda en yüksek 2.03 g/bitki 1  $\mu$ M Mel+tuz, en düşük yaprak ağırlığı 1.2 g/bitki ise 10  $\mu$ M Mel+tuz uygulamasından elde edilmiştir.



Şekil 4.4. Melatoninin ve tuz stresi uygulanan fesleğenlerde taze yaprak ağırlığı değerleri

Normal şartlarda yetiştirilen Mel uygulamalarından, kontrol grubundan düşük yaprak ağırlığı elde edilirken, tuz grubu uygulamalarında 10  $\mu$ M Mel+tuz uygulamasından kontrol tuza göre düşük yaprak ağırlığı elde edilmiştir.

Tuz stresinde az da olsa Mel 1  $\mu$ M uygulaması ile tuzun olumsuz etkisinin giderildiği yaprak ağırlığının arttığı görülmektedir.

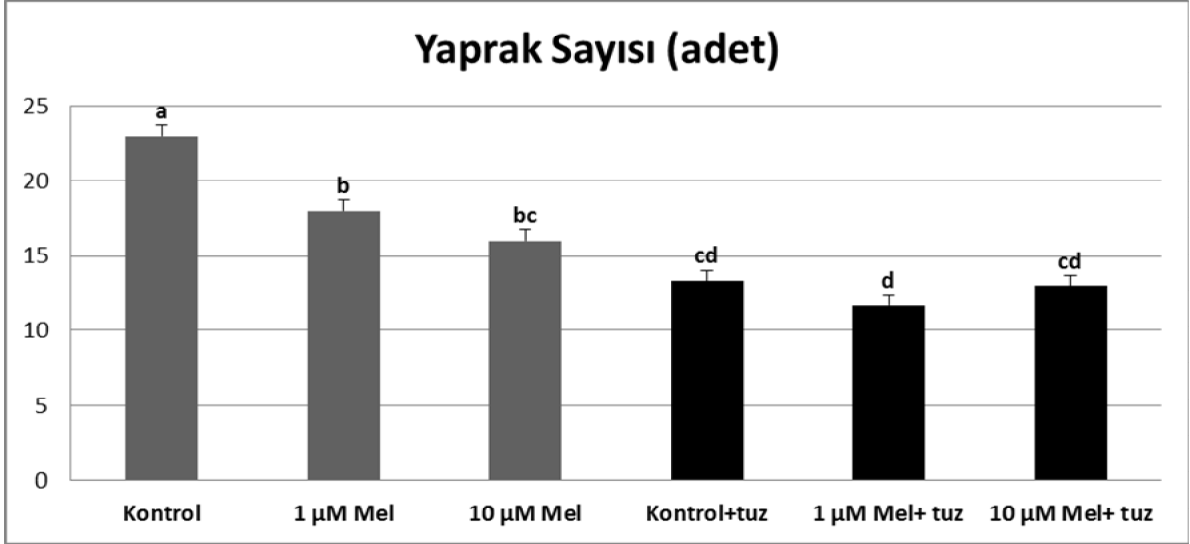
Literatürler incelendiğinde yeşil yapraklı fesleğende Kireççi, (2006) tarla denemelerinde yürüttüğü çalışmasında taze bitki ağırlığını 36.00 g/bitki, Koca, (2013) iklim odası koşullarında 56.03 g/bitki olarak bulmuştur. Tuz stresi koşullarında yapılan çalışmalarda Bernstein ve ark. (2010), taze yaprak veriminin artan tuz konsantrasyonunda (0, 130 mM NaCl) yaklaşık 40 gr'dan 10 gr'a kadar düştüğünü, Delavari ve ark. (2014), ise artan tuz konsantrasyonunda (0, 200 mM NaCl) yaklaşık 0.08 gr'dan 0.04 gr'a kadar düştüğünü bildirmiştir. Bu sonuçlar çalışmamızı desteklemektedir.

Çalışmamızda da normal şartlarda yetiştirilen Mel uygulamalarının düşük konsantrasyonundan daha düşük verim alınırken tuz stresinde Mel uygulamalarının düşük konsantrasyonundan daha yüksek verim alınmıştır. Sonuçlarımız uygulamaların stres koşullarına ve konsantrasyon oranlarına göre farklı verim değerleri elde edilebileceğini göstermektedir.

#### **4.1.5. Bitki başına yaprak sayısı (adet/bitki)**

Fesleğen bitkilerine uygulanan melatonin ve tuz stresi sonucu elde edilen yaprak sayısına ait değerler Çizelge 4.1. ve Şekil 4.5'de verilmiştir. Melatonin uygulamaları ve tuz stresinin bitki yaprak sayısına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P<0,01$ ). Yaprak sayısı, uygulamalar arasında en yüksek kontrol (23.67 adet), en düşük ise 1  $\mu$ M Mel+tuz (11.67 adet) uygulamasından elde edilmiştir. Melatonin uygulamalarında kontrol grubunda düşük konsantrasyonda yüksek konsantrasyona göre daha fazla yaprak (1  $\mu$ M Mel 18 adet, 10  $\mu$ M Mel 16 adet), tuz grubunda yüksek konsantrasyonda düşük konsantrasyona göre daha fazla yaprak (1  $\mu$ M Mel+tuz 11.67, 10  $\mu$ M Mel 13 adet) elde edilmiştir. Melatonin uygulamasının kontrol ve stresli gruplarda yaprak sayısı üzerine pozitif bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir.





Şekil 4.5. Melatoninin ve tuz stresi uygulanan fesleğenlerde yaprak sayısı değerleri

Tuz uygulamalarında ise 10 µM Mel+tuz uygulamasından (13 adet/bitki) kontrol+tuz (13.33 adet /bitki) uygulamasına göre yakın yaprak sayısı elde edilmiştir. 1 µM Mel uygulamasından kontrol tuz uygulamasına göre düşük sayıda yaprak elde edilmiştir. Çalışmamız sonucu kontrol tuz uygulamasında yaprakların sayıca fazla olmasına rağmen boyut olarak küçük olduğu gözlenmiştir. Ayrıca tuz stresi altında uygulamalarda yaprak dökümü olayı ile karşılaşmış olup bu durum yaprak sayısını etkilemiştir.

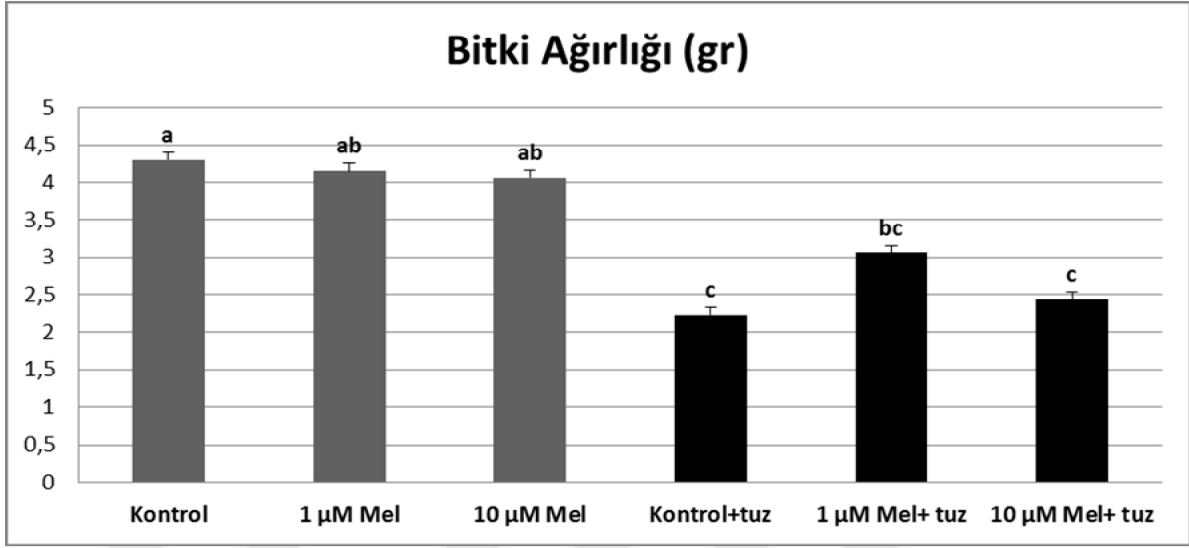
Tarchoune ve ark. (2012), 0, 25, 50 mM NaCl uygulamasında kontrole göre en fazla düşüşün (33, 28, 31) 25 mM'da görüldüğünü, Fraj ve ark. (2016), tuzlu ortamlarda yetiştirilen fesleğenlerde tuz stresinin yaprak sayısını azalttığını bildirmiştir.

Li ve ark. (2012), melatonin uygulamasının tuz stresi altında *Malus hupehensis*'in yaprak sayısına kontrol grubunda etkili olmadığını, stres grubunda melatonin uygulanmayan grubun yaprak sayısında % 10.3'lük bir azalma olduğunu bildirmişlerdir.

#### 4.1.6. Taze bitki ağırlığı (g/bitki)

Fesleğen bitkilerine uygulanan melatonin ve tuz stresi sonucu elde edilen taze ağırlık değerleri Çizelge 4.1. ve Şekil 4.6'da verilmiştir. Melatonin konsantrasyonları ve tuz stresinin bitki ağırlığına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P < 0,01$ ). Yetiştirilen fesleğen bitkilerinde en yüksek taze ağırlık kontrol grubundan (4.30 g/bitki), melatonin konsantrasyonları arasında en yüksek bitki ağırlığı 1 µM Mel (4.15 g/bitki) uygulamasından elde edilmiştir. Denemede en düşük ağırlık ise kontrol tuz (2.23 g/bitki)

uygulanmasında bulunmuştur. Tuz stresi altında ve stressiz koşullarda yetişen bitkilerinin bitki ağırlığında melatonin uygulamalarında kontrole göre artışlar görülmüştür.



Şekil 4.6. Melatonin ve tuz stresi uygulanan fesleğenlerde taze bitki ağırlığı değerleri

Fesleğende tuz stresi çalışmalarına ait literatürler incelendiğinde, Ghanbari ve ark. (2013), serada yaptıkları çalışmalarında tuz stresi uygulanan bitkilerin taze bitki ağırlığında (2.45-2.17 g/bitki) düşüşler olduğunu bildirmiştir. Fatemi ve Aboutalebi, (2012) artan tuz konsantrasyonunda (0, 50, 100, 150 mM NaCl) taze sürgün ağırlığının düzenli olarak azaldığını (42.89, 37.58, 34.65, 28.78, 26.46 g/bitki) bildirmiştir. Mancarella ve ark. (2016), ise iki fesleğen genotipinde artan konsantrasyonlarda uygulanan tuz stresinin (0, 100 ve 200 Mm) taze sürgün ağırlığını (10.58-5.81, 2.26-1.71, 0.75-0.67 g/bitki) kademeli olarak azalttığını bildirmiştir.

Heidari, (2012) tuz stresinde fesleğen bitkilerinin taze ağırlığında önemli ölçüde azalmaların olduğunu bildirmiştir. Çalışmamız literatürlerle uyumludur.

Melatonin tuz stresi uygulamaları üzerine yapılmış çalışmalar incelendiğinde Wang ve ark. (2016), *Cucumis sativus* L'da 200 mM NaCl stresinde bitki ağırlığındaki düşüşlerin 100 µM Mel uygulaması ile azaldığını, Li ve ark. (2012), melatonin uygulamasının *Malus hupehensis*'in taze ağırlığı için kontrol grubunda etkili olmadığını, stres grubunda melatonin uygulanmayan grubun kontrole göre %16.1 kütle kaybına uğradığını, uygulanan grupta bu kaybın azaldığını bildirmiştir.

Jiang ve ark. (2016), mısır fidelerine uygulanan 0.8 mM Mel konsantrasyonunda (466.7 mg-1/bitki) kontrol grubuna göre (405.6 mg<sup>-1</sup>/bitki) taze bitki ağırlığının arttığını, 150 mM tuz stesi altında ise kontrol grubuna göre azaldığını bildirmiştir. Kontrol+tuz

uygulamasına (144.9 mg<sup>-1</sup>/bitki) göre 0.8 mM Mel uygulamasının (241.8 mg<sup>-1</sup>/bitki) tuz stresinin olumsuz etkisini azalttığı görülmüştür.

Çalışmamızda bitki verimi ölçümlerinde 1 µM melatonin uygulamasının kontrol ve stresli gruplarda 10 µM'lık uygulamaya göre stresi azaltmada daha etkili olduğu tespit edilmiştir.

## **4.2. Melatonin Uygulanan ve Tuz Stresine Maruz Bırakılan Fesleğenlerde Fizyolojik Parametrelerin Değerlendirilmesi**

### **4.2.1. Yaprak oransal su içeriği (%)**

Fesleğen bitkisine uygulanan melatonin ve tuz stresi sonucu elde edilen yaprakta yaş ağırlığı, kuru ağırlığı, turgorlu ağırlık ve YOSİ değerleri Çizelge 4.2. ve Şekil 4.7.'de verilmiştir. Melatonin konsantrasyonlarının ve tuz stresi uygulamalarının bitki yaprak oransal su içeriğine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0,01). Yetiştirilen fesleğen bitkilerinde en yüksek YOSİ değerleri 1 ve 10 µM Mel (%98.02, %98.70) uygulamalarından elde edilmiştir. Melatonin uygulamaları kontrol grubuna göre YOSİ değerini arttırmıştır. En düşük YOSİ değeri olarak ise %76.23 ile tuz stresinde kontrol uygulamasından gözlenmiştir. Kontrol grubuna göre tuz uygulamasında %21.17 oranında su kaybı yaşanmıştır. 1 µM Mel uygulaması ile bu kayıp %19.46'ya, 10 µM Mel uygulamasında %5.06 ya kadar düşmüştür. Mel uygulamaları normal koşullarda ve tuz stresi altında YOSİ oranını arttırmış, tuz stresinden kaynaklı su emiliminin engelini gidermede oldukça etkili olmuştur.

Literatürler incelendiğinde, Mancarella ve ark. (2016), serada yetiştirdiği iki fesleğen kültürüne farklı konsantrasyonlarda (0, 100 ve 200 mM) NaCl stresi uyguladığı çalışmada tuz konsantrasyonu arttıkça YOSİ değerinin düştüğünü (0 mM'da %84.6, 100 mM'da %68 ve 200 mM'da %63.9) bildirmiştir. Tarchoune ve ark. (2012), iklimlendirme odasında yetiştirdiği fesleğen bitkilerine 50 mM NaCl ve 25 mM Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> uyguladığı çalışmada bitki su içeriğinin kontrol grubuna göre (12 ml/g<sup>-1</sup>) tuz stresi altında (50 mM NaCl'da 11.1 ml/g<sup>-1</sup> ve 25 mM Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>'da 9.06 ml/g<sup>-1</sup>) düşüşlerin olduğunu bildirmiştir. Barbieri ve ark. (2012), iki tip fesleğen üzerinde tuz stresi uyguladığı çalışmada bitkilerde YOSİ değerlerinin kontrol gruplarında %85.1-83 iken 100 mM NaCl stresinde %83.6-74, 200 mM NaCl stresinde ise %74-67.1 değerlerine düştüğünü rapor etmiştir. Yapılan çalışmalara göre artan tuz konsantrasyonlarında YOSİ değerinin düştüğü

görülmektedir. Çalışmalarımızda tuz stresinde YOSİ değerinin düşmesi literatürlerle uyumluluk göstermektedir.

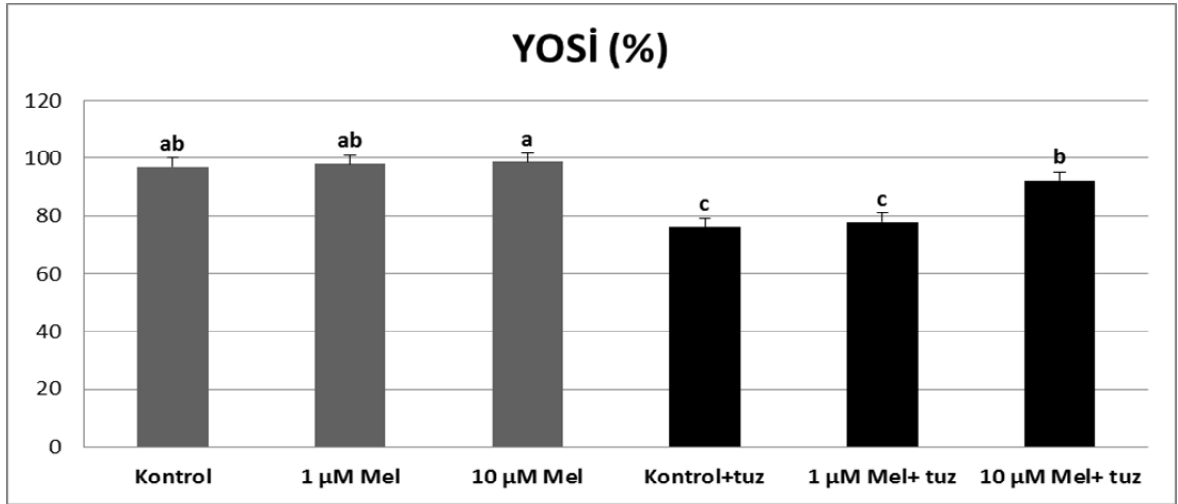
Tuz stresi altındaki fesleğenlerde 10 µM Mel uygulamasının stresin etkisini önemli ölçüde giderdiği anlaşılmaktadır. Çalışmamızda yüksek konsantrasyonlu Mel uygulaması yaprak oransal su içeriğinde daha iyi sonuçlar vermiştir.

Çizelge 4.2. Fesleğende melatonin uygulamaları ve tuz stresi sonucu elde edilen yaprakta yaş, kuru, turgorlu ağırlığı ve yosi değerleri

| Uygulamalar   | Yaş Ağırlığı (gr/bitki)    | Kuru Ağırlığı (gr/bitki)     | Turgor Ağırlığı (gr/bitki) | YOSİ (%)                 |
|---------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Kontrol       | 0.0438±0.0014 <sup>b</sup> | 0.0045±0.0001 <sup>c</sup>   | 0.44±0.0011 <sup>b</sup>   | 97.07±1.02 <sup>ab</sup> |
| 1 µM Mel      | 0.0455±0.0010 <sup>b</sup> | 0.0039±0.0005 <sup>bc</sup>  | 0.46±0.0005 <sup>b</sup>   | 98.02±1.30 <sup>ab</sup> |
| 10 µM Mel     | 0.0448±0.0004 <sup>b</sup> | 0.0049±0.0007 <sup>abc</sup> | 0.45±0.0008 <sup>b</sup>   | 98.70±0.79 <sup>a</sup>  |
| Kontrol tuz   | 0.0475±0.0042 <sup>b</sup> | 0.0047±0.0005 <sup>abc</sup> | 0.59±0.0046 <sup>a</sup>   | 76.23±2.62 <sup>c</sup>  |
| 1 µM Mel+tuz  | 0.0465±0.0001 <sup>b</sup> | 0.0053±0.0001 <sup>abc</sup> | 0.58±0.0006 <sup>a</sup>   | 77.94±0.93 <sup>c</sup>  |
| 10 µM Mel+tuz | 0.0583±0.0082 <sup>a</sup> | 0.0062±0.0020 <sup>a</sup>   | 0.62±0.0089 <sup>a</sup>   | 92.34±2.13 <sup>b</sup>  |
| Önem Seviyesi | *                          | *                            | **                         | **                       |

\* p<0.05 seviyesinde önemli

\*\* p<0.01 seviyesinde önemli



Şekil 4.7. Melatonin ve tuz stresi uygulanan fesleğenlerde yosi değerleri

#### 4.2.2. Klorofil miktarı

##### 4.2.2.1. Klorofil a (mg/g taze yaprak)

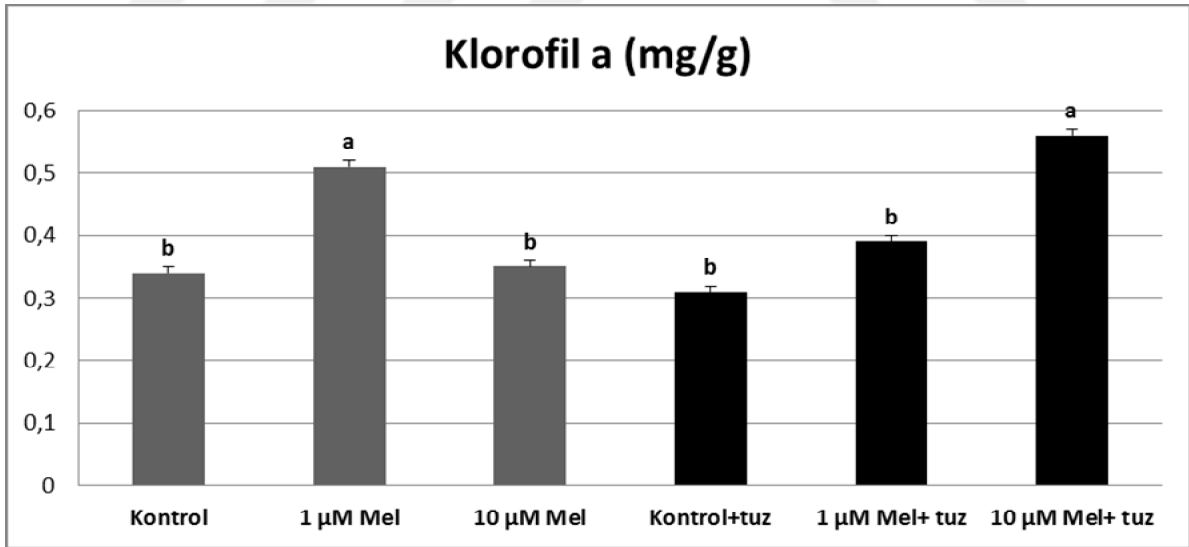
Fesleğen bitkisine uygulanan melatonin ve tuz stresi sonucu elde edilen klorofil-a değerleri Çizelge 4.3. ve Şekil 4.8'de verilmiştir.

Uygulamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuş olup ( $P<0,01$ ) en yüksek klf-a miktarı 0.56 mg/g olarak 10  $\mu$ M Mel tuz uygulamasından ve en düşük klf-a miktarı ise 0.31 mg/g olarak kontrol tuz uygulamasından elde edilmiştir. Melatonin uygulanmış bitkilerde klf-a miktarı konsantrasyonlara göre farklılık göstermiştir. Kontrol gruplarında en yüksek değer Mel 1  $\mu$ M uygulamasından elde edilirken, tuz gruplarında ise en yüksek değer Mel 10  $\mu$ M'dan elde edilmiştir.

Çizelge 4.3. Fesleğinde melatonin uygulamaları ve tuz stresi sonucu elde edilen fotosentetik verilere ait değerler

| Uygulamalar                         | Klorofil a (mg/g)      | Klorofil b (mg/g)       | Karotenoid (mg/g)        | Toplam Klorofil (mg/g) |
|-------------------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------|
| <b>Kontrol</b>                      | 0,34±0,09 <sup>b</sup> | 0,11±0,003 <sup>b</sup> | 0,09±0,02 <sup>c</sup>   | 0,44±0,87 <sup>c</sup> |
| <b>1 <math>\mu</math>M Mel</b>      | 0,51±0,12 <sup>a</sup> | 0,17±0,050 <sup>a</sup> | 0,14±0,031 <sup>ab</sup> | 0,65±0,87 <sup>b</sup> |
| <b>10 <math>\mu</math>M Mel</b>     | 0,35±0,07 <sup>b</sup> | 0,11±0,010 <sup>b</sup> | 0,08±0,013 <sup>c</sup>  | 0,46±0,87 <sup>c</sup> |
| <b>Kontrol tuz</b>                  | 0,31±0,05 <sup>b</sup> | 0,11±0,015 <sup>b</sup> | 0,09±0,012 <sup>c</sup>  | 0,43±0,87 <sup>c</sup> |
| <b>1 <math>\mu</math>M Mel+tuz</b>  | 0,39±0,05 <sup>b</sup> | 0,13±0,013 <sup>b</sup> | 0,10±0,013 <sup>bc</sup> | 0,51±0,87 <sup>c</sup> |
| <b>10 <math>\mu</math>M Mel+tuz</b> | 0,56±0,01 <sup>a</sup> | 0,20±0,006 <sup>a</sup> | 0,15±0,007 <sup>a</sup>  | 0,77±0,87 <sup>a</sup> |
| <b>Önem Seviyesi</b>                | **                     | **                      | **                       | **                     |

\*\*  $p<0.01$  seviyesinde önemli



Şekil 4.8. Melatoninin ve tuz stresi uygulanan fesleğenlerde klorofil a değerleri

İklim odası koşullarında yapılan literatürler incelendiğinde; Tarchoune ve ark. (2012), artan tuz konsantrasyonlarında (0, 25 mM  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ve 50 mM  $\text{NaCl}$ ) fesleğen kuru yapraklarında klorofil a miktarını sırasıyla 16.4, 16.4, 17.6  $\text{mg g}^{-1}$  olarak tespit etmiştir. 25 mM tuzda klorofil a miktarında değişiklik görülmezken, 50 mM'da klorofil miktarında

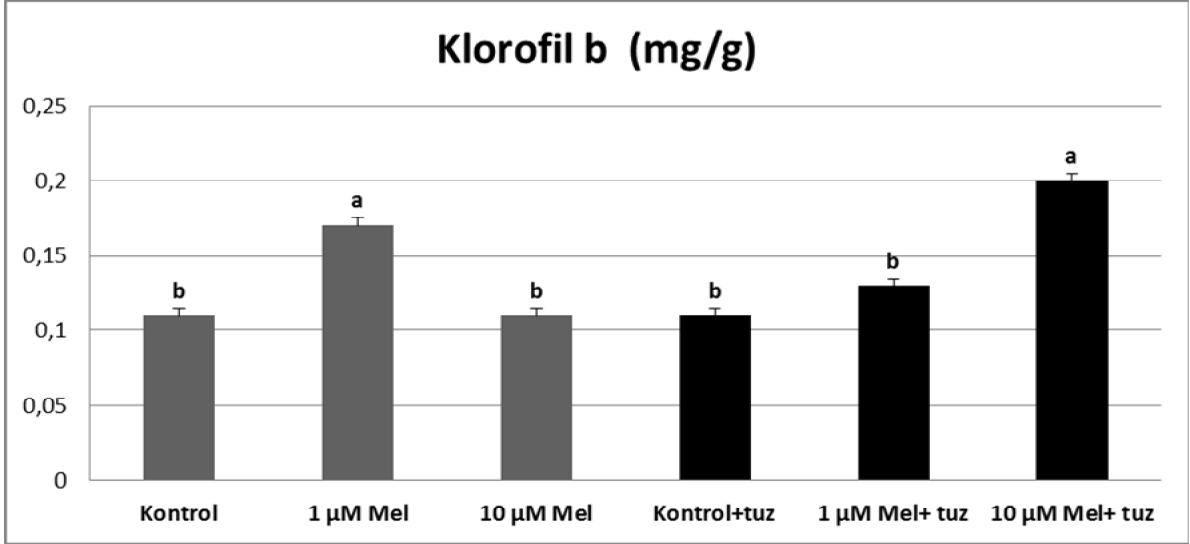
artış görülmüştür. Sera koşullarında yürütülen çalışmalarda; Fraj ve ark. (2016), üç farklı fesleğen genotipinde artan tuz konsantrasyonunda klorofil a miktarının (32-27.28, 52.3-35.93, 77.8-31.3 µg/ml) azaldığını, Elhindi ve ark. (2017), artan tuz konsantrasyonunda (0, 60, 120 mM NaCl) klorofil a miktarının (0.31, 0.28, 0.25 mg/g taze ağırlık) azaldığını bildirmiştir. Delavari ve ark. (2014), artan tuz konsantrasyonunda (0, 200 mM NaCl) klorofil a miktarını 1.5, 0.5 mg/g olarak tespit etmiş, Heidari (2012), artan tuz konsantrasyonunda klorofil a miktarının (0.7-0.5 mg/g) azaldığını bildirmiştir. Bernstein ve ark. (2010), 100 mM tuz stresi uygulamasında klorofil a miktarının genç ve olgun yapraklarda kontrole göre arttığını bildirmişlerdir. Çalışmamızda fesleğende klorofil a miktarının tuz stresi ile azaldığını fakat melatonin uygulamalarının stresli gruplarda klorofil a miktarını arttırmada daha etkili olduğu tespit edilmiştir.

Sonuçlarımız, Fraj ve ark., (2016), Elhindi ve ark. (2017), Delavari ve ark. (2014), ve Heidari (2012)'nin sonuçları ile paralellik göstermektedir.

Melatoninin, klorofil miktarına etkisini araştıran çalışmalar incelendiğinde, Li ve ark. (2017), karpuz'da (*Citrullus lanatus* L.) tuz stresi üzerine yaptıkları çalışmada stresli gruplarda klorofil a miktarının kontrole göre düştüğünü, melatonin uygulamasının 150 µM'da en etkili olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamıza göre Mel uygulamasının fesleğende klorofil a miktarını stres altında arttırmada etkili olduğu görülmektedir.

#### **4.2.2.2. Klorofil b (mg/g taze yaprak)**

Fesleğen bitkilerine uygulanan melatonin ve tuz stresi sonucunda elde edilen Klf-b değerleri Çizelge 4.3. ve Şekil 4.9'da verilmiştir. Uygulamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli olup (  $P < 0,01$ ), klf-b'de en yüksek değer olarak klf-a' da olduğu gibi 10 µM Mel+tuz (0.20 mg/g) ve 1 µM Mel (0.17 mg/g) uygulamasından elde edilmiştir. En düşük değerler ise birbirine çok yakın kontrol (0.11 mg/g), 10 µM Mel (0.11 mg/g), kontrol+tuz (0.11 mg/g) uygulamaları değere çok yakın bulunmuştur. Melatonin uygulamalarından 1 µM Mel kontrol grubuna göre klorofil miktarını arttırırken, 10 µM Mel uygulaması azaltmıştır. Tuz stresi uygulamalarında ise her iki konsantrasyondaki Mel uygulamaları klorofil b miktarını kontrole göre arttırmıştır. Mel 10 µM uygulamasının stresli gruplarda daha etkili olduğu görülmüştür. Sonuçlarımızda tuzlu koşullarda Mel uygulamalarının klorofil b değerini arttırdığı ve tuzun negatif etkisini giderdiği sonucuna varılmıştır.



Şekil 4.9. Melatoninin ve tuz stresi uygulanan fesleğenlerde klorofil b değerleri

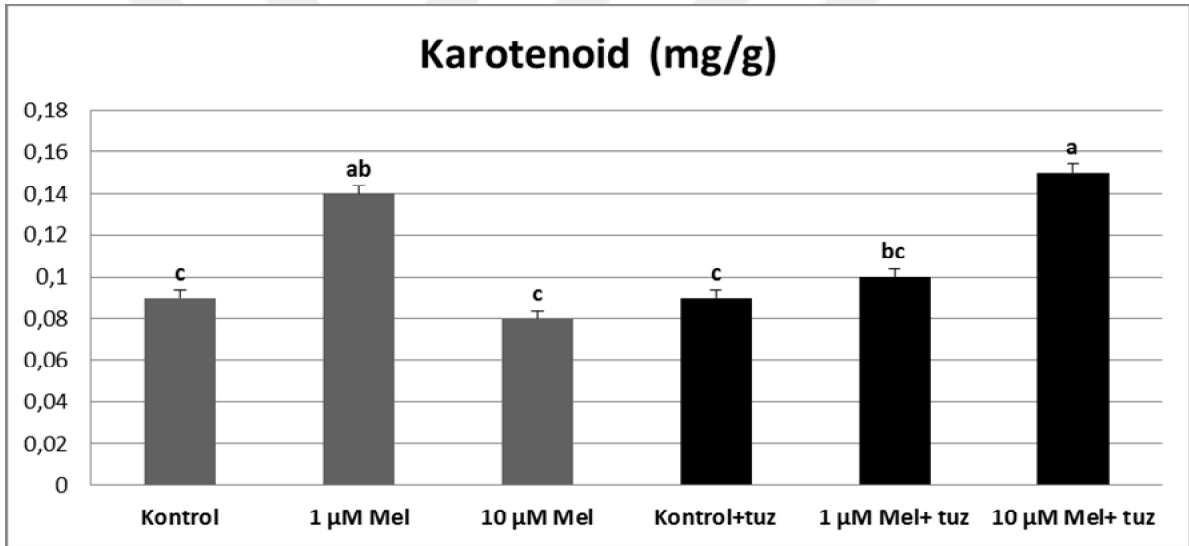
Literatürler incelendiğinde Tarchoune ve ark. (2012), artan tuz konsantrasyonlarında (0, 25 mM Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ve 50 mM NaCl) fesleğen kuru yapraklarında klorofil b miktarı sırasıyla 4.9, 5.1, 4.9 mg g<sup>-1</sup> olarak tespit etmiştir. 25 mM tuz uygulamasında klorofil b miktarında artış görülürken, 50 mM'da değişiklik görülmemiştir. Sera koşullarında yürütülen çalışmalarda; Fraj ve ark. (2016), üç farklı fesleğen genotipinde artan tuz konsantrasyonunda klorofil b miktarının (39.94-30.13, 51.91-37.64, 66.61-34.1 µg/ml) azaldığını, Elhindi ve ark. (2017) farklı tuz konsantrasyonlarında (0, 60, 120 mM NaCl) klorofil b miktarının (0.11, 0.06, 0.08 mg/g taze ağırlık) 60 mM tuzda azaldığını, 120 mM'da tekrar artış gösterdiğini tespit etmiştir. Delavari ve ark. (2014), artan tuz konsantrasyonunda (0, 200 mM NaCl) klorofil b miktarının (0.6-0.2 mg/g) azaldığını, Heidari (2012) artan tuz konsantrasyonunda klf-b değerinin tuzluluk seviyesi 3 ds/m'de kontrole göre ufak bir artış gösterdiğini, 6 ds/m'ye ulaştığında kontrole göre azaldığını bildirmiştir.

Bernstein ve ark. (2010), çalışmasında artan tuz konsantrasyonlarında klf-b miktarında genç yapraklarda 100 mM konsantrasyonda kontrole göre artış olduğunu, olgun yapraklarda ise azalış olduğunu bildirmiştir.

Melatoninin, klorofil miktarına etkisini araştıran literatürler incelendiğinde, Li ve ark. (2017), karpuz (*Citrullus lanatus* L.) 300 mM tuz stresi uygulayarak yaptıkları çalışmada stresli gruplarda klorofil b miktarının kontrole göre düştüğünü, farklı konsantrasyonlarda muamele edilen melatoninin (0, 50, 150, 500 µM) klorofil b miktarını arttırmada 150 µM'da en etkili olduğunu bildirmişlerdir.

#### 4.2.2.3. Karotenoid miktarı (mg/g taze ağırlık)

Fesleğen bitkisine uygulanan melatonin ve tuz stresi sonucunda elde edilen karotenoid miktarı Çizelge 4.3. ve Şekil 4.10'da gösterilmiştir. Uygulamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P<0,01$ ). Uygulamalar arasında karotenoid değeri en yüksek 0.15 mg/g taze ağırlık olarak 10  $\mu$ M Mel+tuz ve 0.14 mg/g taze ağırlık olarak 1  $\mu$ M Mel uygulamalarından elde edilmiştir. Normal şartlarda yetiştirilen 10  $\mu$ M Mel fesleğenden tuz stresi altında yetiştirilene göre daha düşük karotenoid miktarı elde edilmiştir. Kontrol uygulamasından en düşük karotenoid miktarı elde edilirken, tuz stresi uygulamalarında en düşük karotenoid miktarı kontrol tuz uygulamasından elde edilmiştir. Tuz stresi karşısında karotenoid miktarının yükseldiği ve uygulanan melatonin konsantrasyonlarının karotenoid miktarına önemli bir etkisinin olduğu görülmektedir.



Şekil 4.10. Melatoninin ve tuz stresi uygulanan fesleğenlerde karotenoid değerleri

Fesleğende karotenoid miktarına ait literatürler incelendiğinde Tarchoune ve ark. (2012), artan tuz konsantrasyonlarında (0, 25 mM  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ve 50 mM NaCl) karotenoid miktarını sırasıyla 1.4, 1.5, 1.2 mg  $\text{g}^{-1}$  olarak tespit etmiştir. 25 mM tuz uygulamasında karotenoid miktarında artış görülürken, 50 mM'da azalma tespit edilmiştir. Delavari ve ark. (2014), artan tuz konsantrasyonunda (0, 100, 200 mM NaCl) karotenoid miktarının tuzluluk seviyesi 100 mM'da kontrole göre artış gösterdiğini, 200 mM'da (0.2-0.1 mg/g) azaldığını, Heidari (2012), artan tuz konsantrasyonunda karotenoid değerinin tuzluluk seviyesi 3 ds/m'de kontrole göre ufak bir artış gösterdiğini, 6ds/m'ye ulaştığında kontrole göre azaldığını bildirmiştir. Bernstein ve ark. (2010), çalışmasında artan tuz



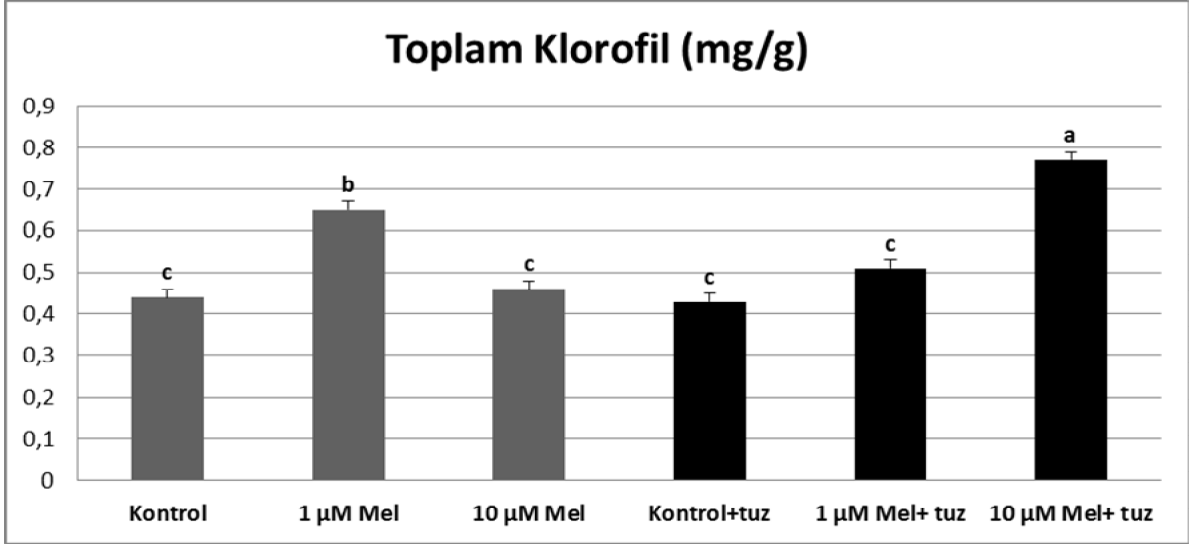
konsantrasyonlarında karotenoid miktarında genç yapraklarda 100 mM konsantrasyonda, olgun yapraklarda ise 120 mM konsantrasyonda kontrole göre artış olduğunu bildirmiştir. Kaya ve İnan (2017), tuz stres uygulamalarında (25 ve 50 mM) karotenoid değerinde kontrol uygulamalarına göre artışlar olduğunu bildirmiştir. Çalışmamız literatürlerle benzerlik göstermekte olup tuz stresi gruplarından kontrol gruplarına göre daha yüksek karotenoid miktarı elde edilmiştir.

Toplam karotenoid miktarına melatonin etkisini araştıran çalışmalar incelendiğinde Kostopoulou ve ark. (2015), *Citrus*'ta yaptıkları çalışmada melatonin uygulamasının tuz stresi altında karotenoid miktarını arttırdığını fakat kontrol grubundan daha fazla karotenoid elde edilmediğini bildirmiştir. Çalışmamızda da tuz stresi altında melatonin uygulamalarının karotenoid miktarını arttırdığı görülmüştür. Sonuçlar benzerlik göstermektedir.

#### **4.2.2.5. Toplam klorofil (mg/g taze ağırlık)**

Fesleğen bitkilerine uygulanan melatonin ve tuz stresi sonucu tespit edilen toplam klorofil miktarları Çizelge 4.3. ve Şekil 4.11'de verilmiştir. Uygulamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P<0,01$ ). Uygulamalar arasından en yüksek toplam klorofil değerleri 10  $\mu\text{M}$  Mel+tuz (0.77 mg /g taze ağırlık) ve 1  $\mu\text{M}$  Mel (0.65 mg/g taze ağırlık) uygulamalarından elde edilmiştir. Toplam klorofil miktarının tuz stresi altında kontrol grubuna göre azaldığı fakat 1  $\mu\text{M}$  ve 10  $\mu\text{M}$  Mel uygulamalarının stresin etkisini giderdiği ve stres uygulamayan gruplara göre daha fazla toplam klorofile sahip olduğu görülmektedir. Özellikle 10  $\mu\text{M}$  Mel uygulamasının fotosentetik pigmentlerde stresin etkisini giderdiği ve artışlara sebep olduğu görülmektedir.

Fesleğende tuz stresi altında toplam klorofil miktarındaki değişimleri araştıran literatürler incelendiğinde Tarchoune ve ark., (2012) artan tuz konsantrasyonlarında (0, 25 mM  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  ve 50 mM NaCl) toplam klorofil miktarının (21.3, 21.5, 22.4 mg  $\text{g}^{-1}$ ) arttığını tespit etmiştir. Kaya ve İnan (2017), toplam klorofil miktarının 25 mM tuz stresi altında arttığını, 50 mM stres altında ise kontrole göre azaldığını bildirmiştir. Çalışmamız sonucunda toplam klorofil miktarı tuz stresi altında kontrol grubuna göre küçük bir azalış göstermiştir.



Şekil 4.11. Melatoninin ve tuz stresi uygulanan fesleğenlerde toplam klorofil değerleri

Melatonin, toplam klorofil miktarına etkisini araştıran literatürler incelendiğinde Kostopoulou ve ark. (2015), *Citrus aurantium* L.'ta yaptıkları çalışmada melatonin uygulamasının tuz stresi altında toplam klorofil miktarını arttırdığını bildirmiştir. Li ve ark. (2012), *Malus hupehensis*'in tuz stresi altında toplam klorofil miktarını arttırdığını bildirmiştir. Wang ve ark. (2016), *Cucumis sativus* L.'da toplam klorofil miktarının tuz stresi altında % 27.7 azaldığını, Mel uygulaması yapılan gruplarda bu azalışın % 20.6 olduğunu bildirmiştir. Sonuçlarımız melatonin ile ilgili önceki çalışmaları destekler nitelikte olup, melatoninin stres altında klorofil miktarını arttırdığını ve stresin etkisini giderdiği yönündedir.

#### 4.2.3. Fesleğende uçucu bileşenlerin tayini

Fesleğenin uçucu bileşenlerinin analizi GC-MS cihazında SPME kullanılarak bulunmuş ve miktar tayini FID dedektörü kullanılarak yapılmıştır. Uçucu bileşenlerin tayini MS'de yer alan FLAVOUR, WILEY ve NIST kütüphaneleri kullanılarak yapılmıştır. Farklı melatonin konsantrasyonları uygulanarak tuz stresi altında yetiştirilen fesleğen bitkilerinden FID sonuçlarına göre 13 bileşen tespit edilmiştir. Fesleğende ana uçucu bileşenler olarak bulunan methyl eugenol, eugenol ve linalool için ayrıca istatistik analizi yapılmıştır. Melatonin ve tuz uygulamaları sonucu elde edilen uçucu bileşenler Çizelge 4.4.'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. Fesleğende melatonin ve tuz stresi sonucu elde edilen uçucu bileşen oranları

| Uygulamalar     | Kontrol | Mel<br>1 µM | Mel<br>10 µM | Kontrol<br>Tuz | Mel 1 µM<br>Tuz | Mel 10 µM<br>Tuz |
|-----------------|---------|-------------|--------------|----------------|-----------------|------------------|
| Eugenol         | 16.62   | 6.18        | 24.14        | 3.98           | 19.65           | 14.30            |
| Methyl Eugenol  | 16.54   | 50.32       | 34.03        | 79.17          | 28.07           | 51.63            |
| Linalool        | 38.78   | 23.17       | 20.1         | 5.71           | 31.07           | 15.99            |
| 1,8 cinelol     | 4.50    | 3.55        | 3.47         | 1.65           | 3.77            | 3.57             |
| β-farmanene     | -       | -           | 2.42         | 1.45           | 1.90            | 1.27             |
| e-caryophyllene | 1.75    | 1.94        | 1.79         | -              | 1.82            | 0.48             |
| γ-cadine        | 4.54    | 3.68        | 3.89         | 1.16           | 4.46            | 2.98             |
| α-terpineol     | 4.40    | 2.75        | 2.79         | 1.73           | 3.38            | 3.56             |
| Cis calemene    | 1.44    | 0.93        | 0.89         | 0.78           | 0.94            | 0.66             |
| Spathulenol     | 1.45    | 1.24        | 0.76         | 0.61           | 1.21            | 1.37             |
| β-cedrene       | -       | 1.38        | 0.98         | -              | 1.52            | -                |
| Viridiflorene   | 3.57    | -           | 1.95         | -              | 2.20            | -                |
| β-gurjunane     | -       | 2.02        | -            | -              | 0.92            | -                |

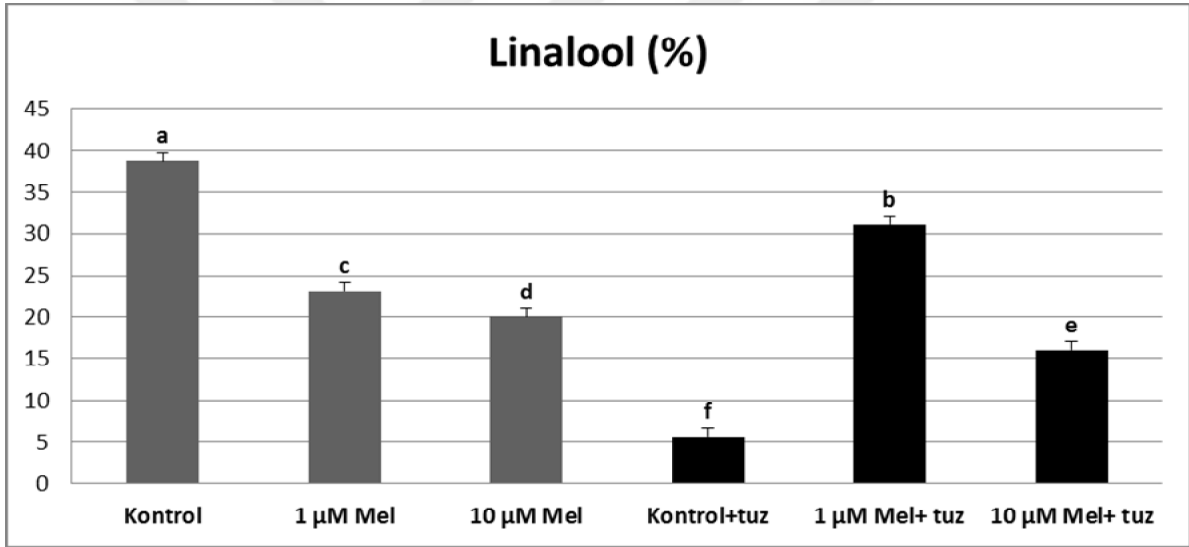
#### 4.2.3.1. Linalool (%)

Fesleğen bitkilerine uygulanan melatonin ve tuz stresi sonucu tespit edilen linalool değerleri Çizelge 4.4., 4.5. ve Şekil 4.12’de verilmiştir. Uygulamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P < 0,01$ ). Uygulamalar içerisinde linalool değeri en yüksek %38.78 olarak kontrol uygulamasından ve %31.07 olarak 1 µM Mel+tuz uygulamasından elde edilmiştir. 10 µM Mel uygulamasında (%20.1), kontrol grubuna göre düşüş gözlenmiştir. Melatonin konsantrasyonlarının kontrol grubunda linalool oranına etkisinin olumsuz düzeyde olduğu linalool miktarını düşürdüğü görülmektedir. Tuz stresinde melatonin uygulamasından, kontrol+tuz uygulamasına göre yüksek linalool değeri gözlenmiştir. 1 µM Mel+tuz stresinde melatoninin linalool miktarını (% 31.07) kontrol tuz uygulamasına göre (% 5.71) arttırdığı görülmüştür. Melatonin uygulamasının düşük konsantrasyonu bitkiye tuz stresinde yardımcı olmuştur. Linaool oranı kontrol grubunda % 38.78 iken, kontrol+tuz uygulamasında %5.71’e düşmüştür. Tuz stresi altında linalool bileşeni çok etkilenmiş, ana bileşen konumunda olan linalool oranında tuz stresi ile büyük oranda düşüşler gözlenmiştir.

Çizelge 4.5. Fesleğinde melatonin uygulamaları ve tuz stresi sonucu elde edilen ana bileşenlere ait % oranları

| Uygulamalar   | Eugenol                 | Methyl Eugenol          | Linalool                |
|---------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Kontrol       | 16,62±1,50 <sup>c</sup> | 16,54±1,15 <sup>c</sup> | 38,78±3,01 <sup>a</sup> |
| 1 µM Mel      | 6,18±0,46 <sup>c</sup>  | 50,32±1,78 <sup>b</sup> | 23,17±1,61 <sup>c</sup> |
| 10 µM Mel     | 24,14±1,28 <sup>a</sup> | 34,03±2,05 <sup>c</sup> | 20,10±1,38 <sup>d</sup> |
| Kontrol tuz   | 3,98±0,56 <sup>f</sup>  | 79,17±1,37 <sup>a</sup> | 5,71±0,61 <sup>f</sup>  |
| 1 µM Mel+tuz  | 19,65±0,39 <sup>b</sup> | 28,07±2,65 <sup>d</sup> | 31,07±1,19 <sup>b</sup> |
| 10 µM Mel+tuz | 14,30±0,48 <sup>d</sup> | 51,63±2,77 <sup>b</sup> | 15,99±1,07 <sup>e</sup> |
| Önem Seviyesi | **                      | **                      | **                      |

\*\* p<0.01 seviyesinde önemli



Şekil 4.12. Melatonin ve tuz stresi uygulanan fesleğenlerde linalool değerleri

SPME kullanılarak fesleğinde uçucu bileşenleri tespit edilen çalışmalar incelendiğinde Klimánková ve ark. (2008), kültüre aldığı mor yapraklı fesleğinde ana bileşenleri 1.8 cineol (%17.3), linalool (% 26.2) ve eugenol (% 17.1), Tarchoune ve ark. (2013), ana bileşenleri 1.8 cineol (% 19.2), *trans-α*-bergamotene (% 10), linalool (% 29.8) ve eugenol (% 7) Jirovetz ve ark. (2003), ana bileşenleri (E)-methyl cinnamate (34.49 %), linalool (28.44 %), camphor (13.08 %), (Z)-methyl cinnamate (6.90 %), Song ve ark. (2008), ana bileşenleri estragole, 3,7-dimethyl-1,6-octadien-3-ol, camphor, caryophyllene, Lu Zhan ve ark. (2011), iki farklı kolonla tespit ettiği ana bileşenleri estragole (% 48.100, 36.056), linalool (% 24.868, 5.774) ve 1.8 cineole (% 3.321, 8.189) olarak tespit etmiştir.

Literatürler incelendiğinde ana bileşenlerde farklılıklar olduğu görülmektedir. Yetiştirme koşulları ve genotip bitkinin ana bileşenlerinde değişikliğe sebep olmaktadır.

Fesleğen bitkisinin uçucu yağ bileşenlerinin tuz stresi altında değişimini inceleyen literatürlere bakıldığında Tarchoune ve ark. (2013), SPME yöntemi ile analizleri sonucunda 25 mM Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> uygulamasında ana bileşen linalool'un azaldığını (% 27,8), 50 mM NaCl (% 30,4) uyguladıktan sonra ise kontrol grubuna (% 29,8) göre arttığını bildirmiştir.

Al Ahl ve Mahmoud (2010), tuz stresi altında yetiştirdiği fesleğen bitkilerinde linalool seviyesinin kontrole (% 39.85) göre azaldığını (% 38.28) bildirmiştir. Al Ahl ve ark. (2010), artan tuz stresi altında yetiştirdiği 4 fesleğen varyetesinin üçünde linalool içeriğinin tuz stresi arttırıkça azaldığını bir varyetede tersi durumun oluştuğunu bildirmiştir. Sonuçlarımız Al Ahl ve Mahmoud, (2010) ve Al Ahl ve ark., (2010)'un sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

Kahveci (2017) melatonin öncülü olan triptofanı fesleğen bitkilerine tuz stresi altında uygulamış, stresli gruplarda kontrole göre düşüş gösteren linaloolün triptofan uygulamaları ile arttığını, kontrol grubuna uygulanan triptofanın ise linalool miktarında düşüşe sebep olduğunu bildirmiştir. Triptofan uygulamalarının etkisinin melatonin uygulaması ile benzerlik gösterdiği görülmektedir.

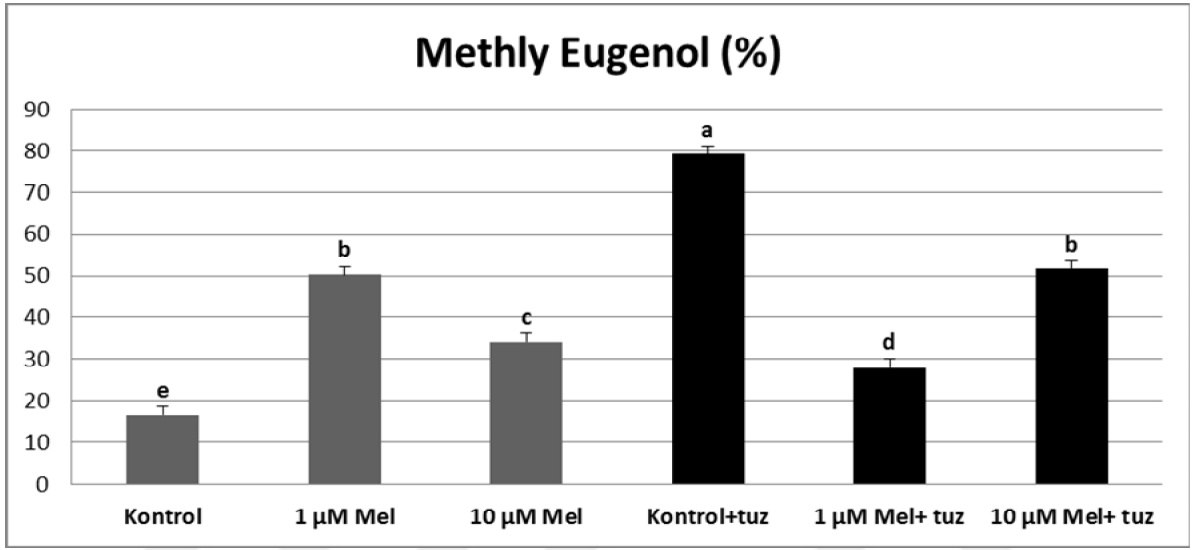
Melatonin uygulamasının uçucu bileşenler üzerine ait literatürler incelendiğinde Sarrou ve ark. (2015), melatonin uygulaması yaptıkları *Citrus aurantium*'da 1 µM Mel uygulamasının ana bileşenlerden birisi olan linalool miktarını kontrole göre azalttığını, 5 µM Mel uygulamasının ise kontrole göre arttırdığını bildirmiştir. Çalışmamızda kontrol grubuna uygulanan melatoninin linalool miktarını azaltması methyl eugenolun artmasına sebep olmuştur. Melatonin uygulamasının uçucu bileşenlerin yolağının değişmesine neden olabileceği düşünülmektedir.

#### **4.2.3.2. Methyl eugenol ( %)**

Fesleğen bitkilerine uygulanan melatonin konsantrasyonları ve tuz stresi sonucunda elde edilen methyl eugenol değerleri Çizelge 4.4., 4.5. ve Şekil 4.13.'de gösterilmiştir. Uygulamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0,01). Uygulamalar arasında methyl eugenol değeri en yüksek %79.17 kontrol tuz grubunda bulunurken en düşük değer ise %16.54 olarak kontrol uygulamasından elde edilmiştir. Melatonin uygulamalarında methyl eugenol içeriğinde, Mel 1 µM'a (%50.32) göre Mel 1

$\mu\text{M}$ +tuz (%28.07) uygulamasında düşüş görüldüğü, Mel 10  $\mu\text{M}$ 'da ise tam tersi tuz grubunda yükselme olduğu görülmüştür. Kontrol tuz grubundan sonra en yüksek methyl eugenol %51.6 olarak Mel 10  $\mu\text{M}$ +tuz konsantrasyonunda gözlemlenmiştir.

Normal şartlarda yetiştirilen fesleğende melatonin uygulamalarında yüksek konsantrasyonlarda daha düşük methyl eugenol içeriği saptanmıştır. Tuz uygulamalarında ise daha yüksek konsantrasyonlarda daha yüksek methyl eugenol oranı elde edilmiştir. Tuz stresi ile birlikte methyl eugenol içeriğinin artış gösterdiği görülmektedir.



Şekil 4.13. Melatonin ve tuz stresi uygulanan fesleğenlerde methyl eugenol değerleri

Normal şartlarda melatonin uygulanmış fesleğenlerde linalool ya da linalool+methyl eugenol ana bileşen durumunda iken tuz stresi durumunda bitkilerde artan yüzde değerinden dolayı methyl eugenol ana bileşen durumuna gelmiştir. Tuz stresinde uçucu yağ bileşenlerinin sentez yolunun değişmiş olma olasılığı yüksektir. Ayrıca normal şartlar altında yetişen fesleğen bitkilerine melatonin uygulamalarında, kontrol uygulamalarına göre methyl eugenol içeriğinin arttığı, en fazla artışın Mel 1  $\mu\text{M}$ 'da olduğu gözlenmektedir.

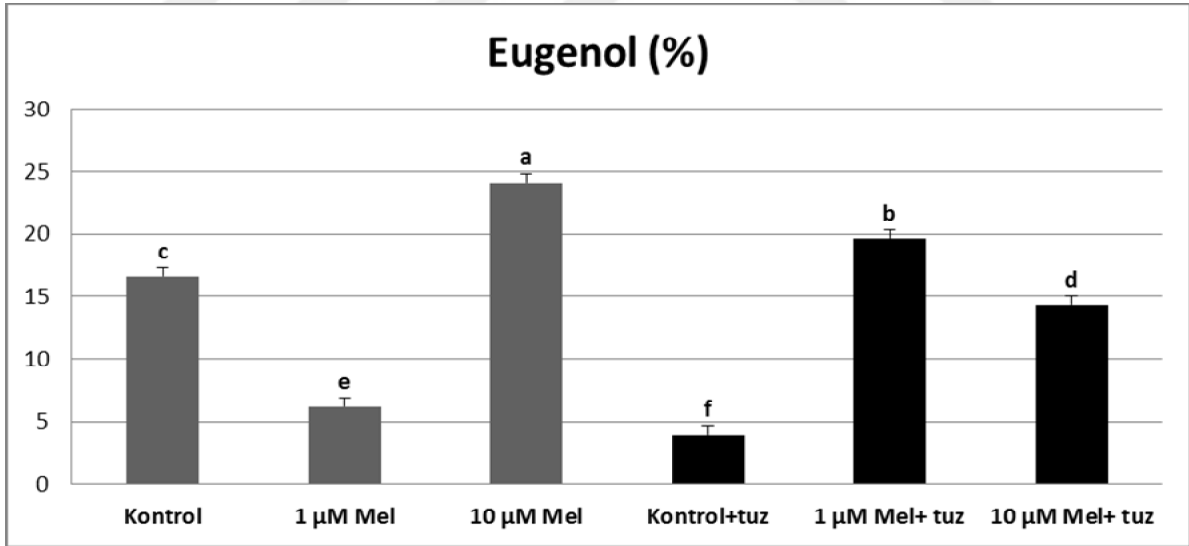
Literatürler incelendiğinde Tarchoune ve ark. (2013), SPME ile uçucu bileşen analizi yaptıkları fesleğenlerde methyl eugenol miktarının 25 mM tuz stresi altında (%1.4) kontrole göre (%1.3) arttığını, 50 mM tuz stresi altında ise methyl eugenol değerinin azaldığını (%0.4) bildirmişlerdir. Bu çalışma sonuçlarımızı kısmende olsa desteklemektedir.

Kahveci (2017) çalışmasında tuz stresi altında triptofan uyguladığı fesleğen bitkilerinde ana bileşenlerden biri olan methyl eugenolun stres altında kontrole göre

yaklaşık 10 kat arttığını, triptofan uygulamalarında bu artışın 4-5 kata kadar düştüğünü, stressiz gruplarda ise triptofan uygulamasının kontrole göre yine 4-5 kata kadar artış gösterdiğini bildirmiştir. Melatonin öncülü triptofan uygulaması ile yapılan bu çalışma sonuçlarımızı destekler niteliktedir.

#### 4.2.3.3. Eugenol (%)

Fesleğen bitkilerine uygulanan melatonin ve tuz stresi sonucu elde edilen eugenol miktarları Çizelge 4.4., 4.5. ve Şekil 4.14'de gösterilmiştir. Uygulamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P < 0,01$ ). Uygulamalar arasında eugenol oranı en yüksek kontrol grubu Mel 10  $\mu\text{M}$ 'da (%24.14), tuz stresi altında ise Mel 1  $\mu\text{M}$  (%19.65) konsantrasyonda bulunmuştur. En düşük eugenol oranı ise kontrol+tuz uygulamasından (%3.98) elde edilmiştir. Stres altındaki melatonin uygulamalarında Mel 1  $\mu\text{M}$  uygulamasında kontrol grubuna göre eugenol içeriğini azaltırken, Mel 10  $\mu\text{M}$  uygulamasında ise kontrol grubuna göre arttırmıştır. Kontrol gruplarında ise Mel 1  $\mu\text{M}$  (%6.18) uygulamasından oldukça düşük eugenol oranı elde edilmiştir. Tuz stresi; kontrol ve Mel 10  $\mu\text{M}$  uygulamasında eugenol miktarını düşürürken, Mel 1  $\mu\text{M}$  uygulamasında daha yüksek eugenol içeriği elde edilmiştir.



Şekil 4.13. Melatonin ve tuz stresi uygulanan fesleğenlerde eugenol değerleri

Tuz stresi altında yetiştirilen fesleğen bitkilerin uçucu yağ bileşenlerindeki değişimleri inceleyen çalışmalarda Tarchoune ve ark. (2013), eugenol değerinin 25 mM tuz stresinde (%4.1) kontrol grubuna göre (%10.3) azaldığını ve 50 mM tuz stresinde ise geri artış gösterdiğini (%8.0) fakat kontrol grubundan yinede düşük eugenol elde edildiğini bildirmiştir. Al Ahl ve ark. (2010), artan tuz stresi altında yetiştirdiği 4 fesleğen

varyetesinin üçünde eugenol içeriğinin tuz stresi arttıkça arttığını, birinde ise artan stresle azaldığını bildirmiştir. Bu sonuç ile fesleğende çalışan genotipin öneminin etkisi vurgulanmıştır.

Kahveci (2017) çalışmasında triptofan uygulamasının tuz stresi altındaki fesleğen bitkilerinin eugenol miktarını arttırmada etkili olduğunu, kontrol gruplarında triptofan uygulamasının eugenol oranını azalttığını rapor etmiştir. Bu çalışmanın bulguları sonuçlarımız ile benzerlik göstermektedir. Melatonin uygulaması ile çalışan literatürlerde eugenol içeriğinin araştırılmasına dair raporlara rastlanılmamıştır.





## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez kapsamındaki çalışmamızda fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) tohumlarına 1 ve 10  $\mu$ M melatonin 24 saat emdirme yöntemi uygulanarak, normal koşullarda ve artan tuz stresi koşullarında (25, 50, 75, 100 mM) yetiştirilerek fesleğenin tuza ve melatonin uygulamalarına tepkisi morfolojik ve fizyolojik parametreler incelenerek araştırılmıştır. Denemede büyüme ve verim parametreleri (bitki ağırlığı, kök ağırlığı, yaprak ağırlığı, yaprak sayısı, kök ve bitki boyu), fotosentetik pigmentlerdeki değişim ve uçucu yağ bileşenleri incelenmiş olup çalışma sonucu elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Melatonin uygulamalarında her iki konsantrasyonda da kontrole göre daha yüksek bitki boyu elde edilmiştir. Tuz stresi uygulanan 1  $\mu$ M melatonin uygulamasından (28.93 cm) diğer tuz uygulamalarının sonuçlarına göre (Kontrol+tuz 11.13 cm, Mel 10  $\mu$ M 25.33 cm) toprak üstü boyun daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır. Tuz stresi karşısında melatonin uygulamalarındaki bitkiler kontrol durumundaki bitkilere göre erken çiçeklenme evresi geçirmiş olup ortaya çıkan çiçek başakları da yükselmelere neden olduğu görülmüştür.

Kök uzunluğu değeri en yüksek 1  $\mu$ M Mel (9.46 cm) konsantrasyonundan elde edilmiştir. Melatonin uygulamalarından kontrol uygulamalarına kıyasla daha yüksek kök uzunlukları elde edilirken, tuz uygulamalarında daha düşük kök uzunlukları tespit edilmiştir. En düşük kök boyu kontrol tuz uygulamasından (5.46 cm) gözlenmiştir. Tuz stresi kök uzunluğunda düşüşe sebep olsa da melatonin uygulamaları stresi belirli bir kaidede bastırarak, kontrol tuz uygulamasına göre daha iyi sonuçlara ulaşılmıştır. Aynı zamanda melatonin konsantrasyonlarının gerek kontrol gruplarında, gerekse tuz uygulamalarında, kök uzunluğunda artışa sebep olduğu gözlenmiştir.

Taze kök ağırlığı yönünden kontrol gruplarında en yüksek değer 10  $\mu$ M Mel (0.49 g/bitki) uygulamasından, en düşük kök ağırlığı değerleri 1  $\mu$ M Mel (0.30 g/bitki) ve kontrol tuz uygulamasında (0.14 g/bitki) elde edilmiştir. Tuz stresi altında Mel uygulaması yapılan bitkiler değerlendirildiğinde, 1  $\mu$ M Mel uygulaması stresin etkisini gidermede ve kök ağırlığının artmasında daha etkili olmuştur.

En yüksek yaprak ağırlığı değerleri kontrol grubundan (2.53 g/bitki) ve 10  $\mu$ M Mel (2.32 g/bitki) uygulamasından, en düşük yaprak ağırlığı ise tuz stresi altındaki 10  $\mu$ M Mel (1.2 g/bitki) uygulamasından elde edilmiştir. Tuz stresi uygulamalarında 1  $\mu$ M Mel

uygulamasında (2.03 g/bitki) kontrol grubundan (1.86 g/bitki) daha yüksek yaprak ağırlığı değeri elde edilmiştir.

Bitki başına düşen yaprak sayısı değerleri tuz stresi altında düşüşler göstermiştir. En yüksek yaprak sayısı kontrol uygulamasından (23.67 adet/bitki), en düşük yaprak sayısı ise tuz stresi altındaki 1  $\mu$ M Mel uygulamasından (11.67 adet/bitki) elde edilmiştir. Tuz stresi uygulamalarında kontrol+tuz (13.33 adet/bitki) ve 10  $\mu$ M Mel+tuz (13 adet/bitki) uygulamaları birbirine çok yakın, 1  $\mu$ M Mel+tuz uygulaması (11.67 adet/bitki) ise en düşük değere sahip olmuştur.

En yüksek bitki ağırlığı değerleri kontrol (4.30 g/bitki) ve 1  $\mu$ M Mel (4.15 g/bitki) uygulamasından, en düşük değer ise tuz stresi altındaki kontrol grubundan (2.23 g/bitki) elde edilmiştir. Tuz stresi uygulamalarında, 1  $\mu$ M Mel uygulamasından (3.06 g/bitki) diğer uygulamalara göre en yüksek bitki ağırlığı elde edilmiştir.

Çalışmamız sonucunda elde ettiğimiz morfolojik parametreler incelendiğinde melatonin uygulamalarının tuz stresinin büyüme üzerine olan negatif etkisini gidermede etkili olduğu, melatonin konsantrasyonunun belirleyici rol oynadığı görülmüştür. Melatonin uygulamaları yaprak ağırlığı ve yaprak sayısı gibi parametrelerde etkili olmamıştır. Bitkiler iklim odası koşullarında yetiştirilmiş olup, odanın havalandırmasından gelen rüzgarın eşit olarak dağılmaması ve yapraklarda dökülmelere yol açması yaprak sayısı ve yaprak ağırlığının uygulamalarda homojen olmayan tespitine sebep olmuştur. Tarla veya sera denemelerinin bu parametrelerin tespiti için daha uygun olabileceği düşünülmektedir.

Uygulamalar arasında en yüksek Yosi değeri (%98.70) 10  $\mu$ M Mel uygulamasından, en düşük yosi değeri ise (%76.23) kontrol tuz uygulamasından elde edilmiştir. Aynı şekilde çalışmamızda 1  $\mu$ M Mel (%98.02) uygulamasında tuz stresi altında fesleğende yosi değerinin korunmasına yardımcı olmuştur. Mel uygulamaları normal koşullarda ve tuz stresi altında yosi oranını arttırmış, tuz stresinden kaynaklı su emiliminin engelini gidermede oldukça etkili olmuştur.

Uygulamalar arasında en yüksek klf-a değeri (0.56 mg/g) 10  $\mu$ M Mel+tuz uygulamasından en düşük klf-a değeri (0.31 mg/g) ise tuz stresi altındaki kontrol uygulamasından elde edilmiştir. Tuz uygulanan gruplar arasında klf-a değeri 10  $\mu$ M Mel uygulamasında artarken kontrol grubunda 10  $\mu$ M Mel uygulaması ise kontrol grubuna yakın değere sahip olmuştur (10  $\mu$ M Mel+tuz 0.56 mg/g, 10  $\mu$ M Mel 0.35 mg/g). 1  $\mu$ M

Mel uygulamasında ise tam tersi durum gözlemlenmiştir (1  $\mu$ M Mel 0.51 mg/g, 1  $\mu$ M Mel+tuz 0.39 mg/g).

Uygulamalar arasındaki en yüksek klf- b değeri 10  $\mu$ M Mel+tuz (0.20 mg/g), 1  $\mu$ M Mel (0.17 mg/g) uygulamalarından elde edilmiştir. En düşük klf-b değeri 10  $\mu$ M Mel (0.11 mg/g) ile kontrol+tuz (0.11 mg/g) uygulamasından elde edilmiştir. Tuz stresi uygulanan gruplarla kontrolleri kıyaslandığında klf-b içeriğinde, 10  $\mu$ M Mel de artış (0.1104>0.20 mg/g), 1  $\mu$ M Mel'de azalış (0.17>0.13 mg/g) meydana gelmiştir.

Uygulamalar arasında en yüksek karotenoid değeri 10  $\mu$ M Mel+tuz (0.15 mg/g) ve 1  $\mu$ M Mel (0.14 mg/g) uygulamalarından elde edilmiştir. Tuz stresi ile kontrolleri kıyaslandığında 1  $\mu$ M Mel+tuz uygulamasında (0.14>0.10 mg/g) düşüş, 10  $\mu$ M Mel+tuz uygulamasında ise (0.08>0.15 mg/g) artış görülmüştür. Aralarındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Uygulamalar arasında en yüksek toplam klorofil değeri (0.77 mg/g) 10  $\mu$ M Mel+tuz ve en düşük değer ise tuz stresi altındaki kontrol uygulamasından (0.43 mg/g) elde edilmiştir. Kontrol uygulamalarında 10  $\mu$ M Mel uygulaması tuz stresinde artış gösterirken 1  $\mu$ M Mel'de ise tuz stresinde düşüş saptanmıştır.

Çalışmamız sonucuna göre tuz stresi altında yetiştirilen grupların fotosentetik pigmentlerindeki değişimleri değerlendirildiğinde klorofil a, klorofil b, karotenoid ve toplam klorofil miktarlarını arttırmada melatonin uygulamalarının tuz stresi altında oldukça etkili olduğu, melatonin konsantrasyonu arttıkça klorofil miktarının arttığı gözlenmiştir. Tuz stresinin etkisi kontrol grupları kıyaslanarak incelendiğinde karoten dışındaki pigmentlerin miktarında stres durumunda azalmalar görülmüştür. Literatürlerde stresli koşullar altında melatoninin eksojen uygulamasının, pirinç, üzüm, kiraz ve çimde klorofil içeriğinin korunmasına yardımcı olduğu bildirilmiştir. Fesleğen için yürütülen bu çalışmada melatoninin fotosentetik pigmentleri koruyucu etkisinin olduğunu desteklemektedir.

SPME yöntemi ile elde edilen uçucu bileşenler incelendiğinde ana bileşenler olarak linalool, eugenol ve methyl eugenol tespit edilmiştir. En yüksek linalool değeri (%38.78) kontrol grubunda gözlenmiştir. En düşük linalool oranı (%5.71) ise tuz stresindeki kontrol uygulamasında bulunmuştur. Tuz stresi altındaki uygulamalarda en yüksek linalool değeri (%31.07) 1  $\mu$ M Mel konsantrasyonundan elde edilmiştir. Kontrol gruplarıyla

kıyaslandığında tuz uygulaması Mel 1  $\mu\text{M}$  uygulamasında yükselişe, diğer uygulamalarda ise linalool değerinde düşüşe sebep olmuştur.

Uygulamalar arasında methyl eugenol değeri en yüksek (%79.17) tuz stresi uygulanan kontrol grubunda görülmüştür. En düşük methyl eugenol değeri ise tuz uygulanmayan kontrol grubundan elde edilmiştir. Tuz stresine maruz bırakılan bitkilerde Mel 1  $\mu\text{M}$  uygulamasında düşüşe neden olurken, diğer uygulamalarda methyl eugenol oranının arttığı gözlenmiştir.

Uygulamalar arasında en yüksek eugenol değeri (%24.14) kontrol grubu Mel 10  $\mu\text{M}$  uygulamasından elde edilmiştir. En düşük eugenol değeri (%3.98) ise tuz stresi uygulanmış kontrol grubundan elde edilmiştir. Tuz stresine maruz bırakılan bitkilerde Mel 1  $\mu\text{M}$  uygulamasında eugenol içeriği artarken diğer uygulamalarda düşüşe sebep olmuştur.

Tuz stresi altında bitkilerin uçucu bileşenlerinin oranlarının değiştiği görülmektedir. Stres durumunda bitkilerin terpen yolaklarında değişimler olduğu literatürlerde bildirilmiştir. Adaçayının (*Salvia officinalis* L.) uçucu bileşenlerinden 1,8-cineole ve  $\alpha$ -thujone'un 75 mM tuz stresine kadar artan konsantrasyonlarda arttığı, 100 mM'da ise kontrole göre düştüğü, nanede (*Mentha piperita*) ana bileşen mentolün tuz stresi altında arttığı, menton ve mentofuranın düştüğü, kalendula (*Calendula officinalis* L) bitkisinin tuz stresi altında ana bileşenlerinden olan delta-cadinene ve  $\alpha$ -cadinol miktarının arttığını,  $\alpha$ -eudesmol miktarının ise azaldığı bildirilmiştir. Melatoninin uçucu bileşenlere etkisini araştıran çalışmalar incelendiğinde bir tek literatüre rastlanılmış ve çalışmada uygulanan melatonin konsantrasyonunun uçucu bileşenlerin miktarını değiştirmede etkili olduğu bildirilmiştir. Çalışmamızda da benzer durum söz konusudur.

Gün geçtikçe artan toprak tuzluluğu stres altında yetişen veya adapte olan bitkilerin araştırılmasına önem kazandırmaktadır. Tuz yoğunlu artan toprakların kullanılabilir hale getirilmesi için tuza toleranslı bitkilerin yetiştirilmesi veya bitkilerin tuza direncinin artırılması gereklidir. Ticari ve tıbbi bakımdan önemli yere sahip olan mor yapraklı fesleğenin üretimi ve tuzlu topraklarda yetişebilmesi için farklı bitki büyüme düzenleyiciler ile çalışmalar yapılmaktadır. Bir bitki büyüme düzenleyicisi olan melatoninin bitkilerin stres toleransı üzerinde etkisi olduğu bilinmektedir. Çalışmamızda tuz stresine karşı toleransı arttırmak için melatonin uygulamasının etkisi araştırılmış ve tuz stresi durumunda verimli ürün elde edilmesi hedeflenmiştir. Tuz stresine karşı orta derecede toleranslı olan fesleğenin 100 mM tuz stresi altında veriminin düştüğü görülmüş

ancak bu durumun melatonin uygulamaları ile kısmen tolere edilebileceği konusunda öngörüler oluşmuştur. Melatonin daha önce fesleğen bitkisine doku kültürü alışmasında kallus oluşumu aşamasında denenmiştir. Bu çalışma ile melatonin ekzojen olarak ilk kez tuz stresi altında fesleğene denenmiştir. Melatonin uygulamalarının olası stres durumlarında bitkiyi o strese karşı koruyacağı ve sürekliliğini sağlayabileceği düşünölmektedir. Böylelikle daha dayanıklı bitkiler ortaya çıkarak olumsuz çevre koşullarına adaptasyonu kolaylaşacaktır. Çalışmamızdan ve literatürlerden anlaşılacağı üzere melatonin uygulamalarında konsantrasyon seçimi oldukça önemlidir. Gelecek çalışmalarda farklı konsantrasyonlarda melatonin uygulamaları denenebilir. Çalışmalar moleküler çalışmalarla desteklenerek stres durumunda aktifleşen genler veya proteinlerin tanımı yapılarak, değişim gösteren yolaklar açığa çıkarılabilir.



## KAYNAKLAR

- Anonim 2018. <http://cenblog.org/the-haystack/files/2011/06/melatonin.png>
- Arnao MB 2014. Phytomelatonin: Discovery, Content, and Role in Plants. *Advances in Botany*, Article ID 815769, 11.
- Arnao, M. B., Hernández-Ruiz, J. 2007. Melatonin promotes adventitious-and lateral root regeneration in etiolated hypocotyls of *Lupinus albus* L. *Journal of Pineal Research*, 42 (2): 147-152.
- Arnao, M. B., Hernández-Ruiz, J. 2013. Growth conditions determine different melatonin levels in *Lupinus albus* L. *Journal of Pineal Research*, 55 (2): 149-155.
- Arora D., Bhatla S. C. 2017. Melatonin and nitric oxide regulate sunflower seedling growth under salt stress accompanying differential expression of Cu/Zn SOD and Mn SOD. *Free Radical Biology Medicine* 106, 315–328.
- Ashraf M. 2004. Some Important Physiological Selection Criteria For salt tolerance in plants. *Flora*, 199: 361–376.
- 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.
- Barbieri, G., Vallone, S., Orsini, F., Paradiso, R., De Pascale, S., Negre-Zakharov, F., Maggio, A. 2012. Stomatal density and metabolic determinants mediate salt stress adaptation and water use efficiency in basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Plant Physiology*, 169 (17): 1737-1746.
- Baydar, H. 2013. Tıbbı, Aromatik ve Keyf Bitkileri: Bilimi Ve Teknolojisi. Süleyman Demirel Üniversitesi.
- Bernstein, N., Kravchik, M., Dudai, N. 2010. Salinity-induced changes in essential oil, pigments and salts accumulation in sweet basil (*Ocimum basilicum*) in relation to alterations of morphological development. *Annals of Applied Biology*, 156: 167-177.
- Bernstein, N., Sela, S., Dudai, N., Gorbatshevich, E. 2017. Salinity Stress Does Not Affect Root Uptake, Dissemination and Persistence of Salmonella in Sweet-basil (*Ocimum basilicum*). *Frontiers in plant science*, 8: 675.
- Bowman, W. D. 1989. The relationship between leaf water status, gas exchange, and spectral reflectance in cotton leaves. *Remote Sensing of Environment*, 30 (3): 249-255.
- Bressan, R. A., 2008. ‘Stres Fizyolojisi, Editörler: Taiz, L., Zeiger, E., Çeviri Editörü: Türkan Đ., Bitki Fizyolojisi, Palme Yayıncılık, Ankara, 591-620.

- Byeon, Y., Back, K. 2014. Melatonin Synthesis in Rice Seedlings In-vivo is Enhanced at High Temperatures and under Dark Conditions due to Increased Serotonin N-acetyltransferase and N-acetylserotonin Methyltransferase Activities. *Journal of Pineal Research*, 56: 189–195.
- Caliskan, O., Kurt, D., Temizel, K. E., Odabas, M. S. 2017. Effect of Salt Stress and Irrigation Water on Growth and Development of Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.). *Open Agriculture*, 2 (1): 589-594.
- Ceylan, A. 1997. Tıbbi bitkiler II (uçucu yağ bitkileri). Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi.
- Chen Z., Xie Y., Gu Q., Zhao G., Zhang Y., Cui W., Xu S., Wang R., Shen W. 2017. The AtrobH-dependent regulation of ROS signaling is required for melatonin-induced salinity tolerance in Arabidopsis. *Free Radical Biology Medicine* 108, 465–477.
- Chen, G., Huo, Y., Tan, DX., Liang, Z., Zhang, W., Zhang, Y. 2003. Melatonin in Chinese Medicinal Herbs. *Life Sciences*, 73: 19–26.
- Chen, Q., Qi, W. B., Reiter, R. J., Wei, W., Wang, B. M. 2009. Exogenously applied melatonin stimulates root growth and raises endogenous indoleacetic acid in roots of etiolated seedlings of Brassica juncea. *Journal of plant physiology*, 166 (3): 324-328.
- 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.
- Davis, P. H. 1982. Labiatae. Flora of Turkey and The East Aegean Islands. University Press, Edinburg, 7: 462-463.
- De La Puerta, C., Carrascosa-Salmoral, MP., Garcia-Luna, PP. Lardone, PJ. Herrera, JL., Fernandez-Montesinos, R. 2007. Melatonin is a Phytochemical in Olive Oil. *Food Chemistry*, 104: 609–612.
- Delavari, M., S. H., Enteshari, K. H., Manoochehri K. 2014. Effects of Response of *Ocimum basilicum* to the interactive effect of salicylic acid and salinity stress. *Iranian Journal of Plant Physiology*, 4 (2): 983-990.
- Dubbels, R., Reiter, RJ., Klenke, E., Goebel, A., Schnakenberg, E., Ehlers, C. 1995. Melatonin in Edible Plants Identified by Radioimmunoassay and by High Performance Liquid Chromatography-Mass Spectrometry. *Journal of Pineal Research*, 18: 28–31.
- Ekmekçi, E., Apan, M., ve Kara, T. 2005. Tuzluluğun bitki gelişimine etkisi, *OMÜ, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20 (3): 118-125.
- Ekren, S., Sönmez, Ç., Sancaktaroğlu, S., Bayram, E. 2009. Effects of different plant densities on yield and quality characteristics of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 46 (3): 165-173.
- Elhindi, K. M., Al-Amri, S. M., Abdel-Salam, E. M., Al-Suhaibani, N. A. 2017. Effectiveness of salicylic acid in mitigating salt-induced adverse effects on different

- physio-biochemical attributes in sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Plant Nutrition*, 40 (6): 908-919.
- Fatemi, R., Aboutalebi, A. 2012. Evaluation of the interaction of salinity and salicylic acid on sweet basil (*Ocimum basilicum*) properties. *Annals of Biological Research*, 3 (11): 5106-5109.
- Feng, X., Wang, M., Zhaob, Y., Hana, P. Ying, D. 2014. Melatonin from Different Fruit Sources, Functional Roles, and Analytical Methods. *Trends in Food Science and Technology*, 37 (1): 21–3.
- Fraj, H., Souguir, M., Werbrouck, S., Hannachi, C. 2016. Effect of salt stress (NaCl) on germination and plant parameters of three varieties of basil (*Ocimum basilicum* L.). In VII International Scientific Agriculture Symposium, Agrosym 2016, 6-9 October 2016, Jahorina, Bosnia and Herzegovina. Proceedings University of East Sarajevo, Faculty of Agriculture, 750-756.
- Ghanbari, A., Najafi, M. A., Al-Athar, M., Mohajeri, F. 2013. Effect of priming on morphological characteristics, proline, carbohydrate and essential oil contents of basil seed (*Ocimum basilicum*) under salt stress. *International Journal of AgriScience*, 3 (4): 308-315.
- Glenn, E. P., Brown, J. J., Khan, M. J. 1997. Mechanisms of Salt Tolerance in Higher Plants, Edited by Basra, A.S., and Basra, R.K., Mechanisms of Environmental Stress Resistance in Plants. Harwood Academic Publishers, 83-110.
- Gürel, A., ve Avcıoğlu, R. 2001. Bitkilerde Strese Dayanıklılık Fizyolojisi, 21. bölüm, Editörler: Özcan, S., Gürel, E., Babaoğlu, M., Bitki Biyoteknolojisi II, Genetik Mühendisliği ve Uygulamaları. Selçuk Üniversitesi Vakfı Yayınları, 308-313.
- Hardeland, R., Backhaus, C., Fadav, A. 2007. Reactions of the NO redox forms NO<sup>+</sup>, NO and HNO (protonated NO<sup>-</sup>) with the Melatonin Metabolite N1-acetyl-5-methoxykynuramine. *Journal of Pineal Research*, 43 (4): 382–388.
- Hardeland, R., Madrid, J. A., Tan, D. X., Reiter, R. J. 2012. Melatonin, the circadian multioscillator system and health: the need for detailed analyses of peripheral melatonin signaling. *Journal of pineal research*, 52 (2): 139-166.
- Hardeland, R., Pandi-Perumal, S. R., Poeggeler, B. 2000. Melatonin in Plants: Focus on a Vertebrate Night Hormone with Cytoprotective Properties. *Functional Plant Science and Biotechnology*, 1: 32-45.
- Hattori, A., Migitaka, H., Masayaki, I., Itoh, M., Yamamoto, K., Ohtani-Kaneko, R., Hara, M., Suzuki, T., Reiter, R. J. 1995. Identification of Melatonin in Plant Seed its Effects on Plasma Melatonin Levels and Binding to Melatonin Receptors in Vertebrates. *International Journal of Biochemistry and Molecular Biology*, 35: 627–634.
- Heidari, M. 2012. Effects of salinity stress on growth, chlorophyll content and osmotic components of two basil (*Ocimum basilicum* L.) genotypes. *African Journal of Biotechnology*, 11 (2): 379.



- Janas, K. M., Posmyk, M. M. 2013. Melatonin, an underestimated natural substance with great potential for agricultural application. *Acta physiologiae plantarum*, 35 (12): 3285-3292.
- 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.
- Jiang, X., Li, H., Song, X. 2016. Seed priming with melatonin effects on seed germination and seedling growth in maize under salinity stress. *Pak J Bot*, 48 (4): 1345-1352.
- Jirovetz, L., Buchbauer, G., Shafi, M. P., Kaniampady, M. M. 2003. Chemotaxonomical analysis of the essential oil aroma compounds of four different *Ocimum* species from southern India. *European Food Research and Technology*, 217 (2): 120-124.
- Kahveci, H., 2018. Fesleğen (*Ocimum basilicum* L.)' de tuz stresine karşı toleransın farklı bitki büyüme düzenleyiciler ile kontrolü ve fizyolojik parametrelerinin incelenmesi Yüksek Lisans Tezi, Ksü, Kahramanmaraş. 67s.
- Kang, K., Lee, K., Park, S., Byeon, Y., Back, K. W. 2013. Molecular Cloning of Rice Serotonin N-acetyltransferase, The Penultimate Gene in Plant Melatonin Biosynthesis. *Journal of Pineal Research*, 55: 7-13.
- Karaman, S., Kirecci, O.A, Ilcim, A. 2008. Influence of polyamines (spermine, spermidine and putrescine) on The Essential Oil Composition of Basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Essential Oil Research*, 20 (4): 288-292.
- Kaya, A., İnan, M. 2017. Effect of salicylic acid on some morphological, physiological and biochemical parameters of basil plant (*Ocimum basilicum* L.) which was subjected to salt (NaCl) stress. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi/Harran Journal of Agricultural and Food Science*, 21 (3): 332-342.
- Khaliq, R., Tita, O., Zafar, Z. U. 2017. Possible assessment of salt tolerance in *Ocimum basilicum* by chlorophyll fluorescence. *Scientific Papers: Management, Economic Engineering in Agriculture Rural Development*, 17 (3).
- Khan, T., Abbasi, B. H., Afridi, M. S., Tanveer, F., Ullah, I., Bashir, S., Hano, C. 2017. Melatonin-enhanced biosynthesis of antimicrobial AgNPs by improving the phytochemical reducing potential of a callus culture of *Ocimum basilicum* L. var. *thrysiflora*. *RSC Advances*, 7 (61): 38699-38713.
- Kireççi, O. A. 2006. Bazı Sentetik Hormonların (giberelik asit, spermin, spermidin, putresin) Fesleğen (*Ocimum basilicum*) Bitkisinde Morfolojik Yapı ve Uçucu Yağ Kalitesine Etkisi. Kahramanmaraş Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş. 68s.
- Klimankova, E., Holadová, K., Hajšlová, J., Čajka, T., Poustka, J., Koudela, M. 2008. Aroma profiles of five basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivars grown under conventional and organic conditions. *Food Chemistry*, 107 (1): 464-472.

- Koca, N. 2013. Ekzojen bitki büyüme düzenleyicilerinin ve fenilalaninin fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) bitkisinde sekonder metabolitlere ve fenilalanin amonyum liyaz (pal) enzim aktivitesine etkisi Doktora Tezi, Ksü, Kahramanmaraş. 136s.
- Korkmaz, A., Değer, Ö., Cuci, Y. 2014. Profiling the Melatonin Content in Organs of the Pepper Plant during Different Growth Stages. *Scientia Horticulturae*, 172: 242–247.
- Korkmaz, A., Şirikçi, R. 2011. Improving salinity tolerance of germinating seeds by exogenous application of glycinebetaine in pepper. *Seed Science and Technology*, 39 (2), 377-388.
- Korkmaz, A., Yakupoğlu, G., Köklü, Ş., Cuci, Y., Kocaçınar, F. 2017. Determining Diurnal and Seasonal Changes in Tryptophan and Melatonin Content of Eggplant (*Solanum melongena* L.). *Turkish Journal of Botany*, 41: 356-366.
- Kostopoulou, Z., Therios, I., Roumeliotis, E., Kanellis, A. K., Molassiotis, A. 2015. Melatonin combined with ascorbic acid provides salt adaptation in *Citrus aurantium* L. seedlings. *Plant Physiology and Biochemistry*, 86: 155-165.
- Kulak, M. 2016. Su stresi ve salisilik asit ön uygulamalarının fesleğen (*Ocimum basilicum* L.)'in fizyolojik parametreleri ve protein içeriğine etkileri. Doktora Tezi, Ksü, Kahramanmaraş. 198s.
- Lerner, A. B., Case, J. D., Takahashi, Y., Lee, T. H., Mori, W. 1958. Isolation of Melatonin, the Pineal Factor that Lightness Melanocytes. *Journal of American Chemical Society*, 80: 2587-2592.
- Lichtenthaler, H. K., Wellburn, A. R. 1983. Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents. 591-592.
- Li C., Liang B., Chang C., Wei Z., Zhou S., Ma F. 2016. Exogenous melatonin improved potassium content in *Malus* under different stress conditions. *Journal of Pineal Research* 61: 218–229.
- Li X., Yu B., Cui Y., Yin Y. 2017. Melatonin application confers enhanced salt tolerance by regulating Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> accumulation in rice. *Plant Growth Regulation* 83: 441–454.
- 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.
- Li, H., Chang, J., Chen, H., Wang, Z., Gu, X., Wei, C., Zhang, X. 2017. Exogenous melatonin confers salt stress tolerance to watermelon by improving photosynthesis and redox homeostasis. *Frontiers in plant science*, 8: 295.
- Liang, C., Zheng, G., Li, W., Wang, Y., Hu, B., Wang, H., Chen, S. Y. 2015. Melatonin delays leaf senescence and enhances salt stress tolerance in rice. *Journal of Pineal Research*, 59 (1): 91-101.

- Lu, Z. G., Wang, L., Li, W., Lin, B. X. 2011. Study on aroma components of basil leaves by HS-SPME-GC-MS [J]. *China Food Additives*, 4: 19.
- Mahajan, S., and Tuteja, N. 2005. Cold, salinity and drought stress: an overview, *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 444: 139-158.
- Mancarella, S., Orsini, F., Van Oosten, M. J., Sanoubar, R., Stanghellini, C., Kondo, S., Maggio, A. 2016. Leaf sodium accumulation facilitates salt stress adaptation and preserves photosystem functionality in salt stressed *Ocimum basilicum*. *Environmental and Experimental Botany*, 130: 162-173.
- Meng, J. F., Xu, T. F., Wang, Z. Z., Fang, Y. L., Xi, Z. M., Zhang, Z. W. 2014. The ameliorative effects of exogenous melatonin on grape cuttings under water-deficient stress: antioxidant metabolites, leaf anatomy, and chloroplast morphology. *Journal of pineal research*, 57 (2): 200-212.
- Mukherjee, S., David, A., Yadav, S., Baluška, F., Bhatla, S. C. 2014. Salt stress-induced seedling growth inhibition coincides with differential distribution of serotonin and melatonin in sunflower seedling roots and cotyledons. *Physiologia plantarum*, 152 (4): 714-728.
- Munns, R., 2002. Comparative physiology of salt and water stress, *Plant, Cell and Environment*, 25: 239-250.
- Nacar, Ş. 1997. Farklı yörelerden sağlanan fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) bitkilerinde değişik dikim sıklıklarının verim ve kaliteye etkisi. CU Fen Bilimleri Enst. Doktora Tezi, 159s.
- Paredes, S. D., Korkmaz, A., Manchester, L. C., Tan, D. X. and Reiter, R. J. 2009. Phytomelatonin: a Review. *Journal of Pineal Research*, 60: 57-69.
- Poeggeler, B, Hardeland, R. 1994. Detection and Quantification of Melatonin in a Dinoflagellate, *Gonyaulax polyedra*: Solutions to the Problem of Methoxyindole Destruction in Non-Vertebrate Material. *Journal of Pineal Research*, 17 (1): 1-10.
- Posmyk, M. M., Bałabusta, M., Wiczorek, M., Sliwinska, E., Janas, K. M. 2009. Melatonin applied to cucumber (*Cucumis sativus* L.) seeds improves germination during chilling stress. *Journal of Pineal Research*, 46 (2): 214-223.
- Posmyk, M. M., Janas, K. M. 2009. Melatonin in Plants. *Acta Physiologiae Plantarum*, 31: 1-11.
- Reiter, R. J. 1999. Phytochemicals: Melatonin. In: Frances FJ, ed. *Encyclopedia of Food Science and Technology*, New York: John Wiley, 1918-1922.
- Reiter, R. J., Tan, D. X., Manchester, L. C., Simopoulos, A. P., Maldonado, M. D., Flores, L. J., Terron, M. P. 2007. Melatonin in Edible Plants (phytomelatonin); Identification, Concentrations, Bioavailability and Proposed Functions. *World Review of Nutrition and Dietetics*, 97: 211-230.

- Said-Al Ahl, H. A. H., Mahmoud, A. A. 2010. Effect of zinc and/or iron foliar application on growth and essential oil of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) under salt stress. *Ozean Journal of Applied Sciences*, 3 (1): 97-111.
- Said-Al Ahl, H. A. H., Meawad, A. A., Abou-Zeid, E. N., Ali, M. S. 2010. Response of different basil varieties to soil salinity. *Int. Agrophysics*, 24: 183-188.
- Salisbury, F. R., Ross, C. W. 1992. Plant Physiology, 4th Edn. Wadsworth, Belmont.
- Sarrou, E., Chatzopoulou, P., Dimassi-Theriou, K., Therios, I., Koularmani, A. 2015. Effect of melatonin, salicylic acid and gibberellic acid on leaf essential oil and other secondary metabolites of bitter orange young seedlings. *Journal of Essential Oil Research*, 27 (6): 487-496.
- Scagel, C. F., Bryla, D. R., 2017. Salt Exclusion and Mycorrhizal Symbiosis Increase Tolerance to NaCl and CaCl<sub>2</sub> Salinity in 'Siam Queen' Basil, *HortScience* February, 52: 278-287
- Singh, A. S., Ramteke, P. W., Paul, A., David, A. A., Shukla, P. K., Lal, E. P. 2018. Influence of Jeevamrutha on Seed Germination of *Ocimum basilicum* L. under NaCl salinity stress. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7 (2): 705-707.
- Song, S. Q., Gu, M., Chen, F. P., Xu, B. Q. 2008. Analysis of Volatile Compounds from Flowers and Leaves of *Ocimum basilicum* L. with Solid Phase Microextraction by GC/MS. *Journal of Chinese Mass Spectrometry Society*, 29 (2): 110-114.
- Tarchoune, I., Baâtour, O., Harrathi, J., Hamdaoui, G., Lachaâl, M., Ouerghi, Z., Marzouk, B. 2013. Effects of two sodium salts on fatty acid and essential oil composition of basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves. *Acta physiologiae plantarum*, 35 (8): 2365-2372.
- Tarchoune, I., Degl'Innocenti, E., Kaddour, R., Guidi, L., Lachaâl, M., Navari-Izzo, F., Ouerghi, Z. 2012. Effects of NaCl or Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> salinity on plant growth, ion content and photosynthetic activity in *Ocimum basilicum* L. *Acta physiologiae plantarum*, 34 (2): 607-615.
- Tas, I. 2017. Effects Of Salt And Water Stress On Yield And Vegetative Growth Parameters Of Basil (*Ocimum basilicum* L.). *Feb-Fresenius Environmental Bulletin*, 9: 7172.
- Tettamanti, C., Cerabolini, B., Gerola, P., Conti, A. 2000. Melatonin Identification in Medicinal Plants. *Acta Phytotherapeutica*, 3: 137-144.
- Tuteja, N. 2007. Mechanisms of High Salinity Tolerance in Plants, *Methods in Enzymology*, 428: 419-438
- Ünlükara, A., Öztürk, Y. Ç. A. 2008. Farklı Yıkama Oranlarında Sulama Uygulamalarının Fasulyenin (*Phaseolus vulgaris*) Gelişimine ve Besin Maddesi İçeriğine Etkisi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*.

- Van Tassel, D. L., Roberts, N., Lewy, A., O'Neill, S. D. 2001. Melatonin in Plant Organs. *Journal of Pineal Research*, 31: 8–15.
- Viña, A., Murillo, E. 2003. Essential oil composition from twelve varieties of basil (*Ocimum spp*) grown in Colombia. *Journal of the Brazilian chemical society*, 14 (5): 744-749.
- 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.
- Wang, P., Sun, X., Li, C., Wei, Z., Liang, D., Ma, F. 2013. Long-term exogenous application of melatonin delays drought-induced leaf senescence in apple. *Journal of Pineal Research*, 54 (3): 292-302.
- Wei, J. Y., Li, W. M., Zhou, L. L., Lu, Q. N., He, W. 2015. Melatonin induces apoptosis of colorectal cancer cells through HDAC4 nuclear import mediated by Ca MKII inactivation. *Journal of pineal research*, 58 (4): 429-438.
- Yediyıldız, A. G., 2008. Kuraklık ve tuz stresi uygulanan buğday (*Triticum aestivum L.*) çeşitlerinde antioksidant enzim aktivitesindeki değişimlerin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Erciyes Üniversitesi, Kayseri. 85s.
- Yu S, Wang W, Wang B. 2012. Recent progress of salinity tolerance research in plants. *Russian Journal of Genetics*. 48: 497–505.
- Yu, H. S., Reiter, R. J. 1993. Melatonin: Biosynthesis, Physiological Effects And Clinical Applications. *CRC Press, Boca Raton*.
- Zhang N., Zhang H. J., Sun Q. Q., Cao Y. Y., Li X., Zhao B., Wu P., Guo Y. D. 2017. Proteomic analysis reveals a role of melatonin in promoting cucumber seed germination under high salinity by regulating energy production. *Scientific Reports* 7: 503
- Zhang, H. J., Zhang, N. A., Yang, R. C., Wang, L., Sun, Q. Q., Li, D. B., Guo, Y. D. 2014. Melatonin promotes seed germination under high salinity by regulating antioxidant systems, ABA and GA 4 interaction in cucumber (*Cucumis sativus L.*). *Journal of Pineal Research*, 57 (3): 269-279.
- Zhao, Y., Tan, D. X., Lei, Q., Chen, H., Wang, H., Li, Q., Gao, Y., Kong, J. 2012. Melatonin and Its Potential Biological Functions in the Fruits of Sweet Cherry. *Journal of Pineal Research*, 55: 79–88.
- Zhu, J. K. 2001. Plant salt tolerance. *Trends in plant science*, 6 (2): 66-71.

## ÖZ GEÇMİŞ

### **Kişisel Bilgiler**

Adı, soyadı : Burak BAHÇESULAR

Uyruğu :TC

Doğum tarihi ve yeri :24.07.1992-DULKADİROĞLU/KAHRAMANMARAŞ

Medeni hali :Bekar

Telefon :+90(544) 208 25 06

e-posta :burakbhcslr@gmail.com

### **Eğitim**

| <b>Derece</b> | <b>Eğitim Birimi</b>            | <b>Mezuniyet tarihi</b> |
|---------------|---------------------------------|-------------------------|
| Yüksek Lisans | K.S.Ü / Fen Bilimleri Enstitüsü | 2018                    |
| Lisans        | K.S.Ü / Fen Edebiyat Fakültesi  | 2014                    |
| Lise          | G.Ş.A. Lisesi                   | 2010                    |

### **Yabancı Dil**

İngilizce

### **Yayınlar**

1. Yıldırım, E., Kahveci, H., Karaman., Ş., Bahçesular, B., Determination Of Volatile Components Of Basıl (*Ocimum basilicum* L.) By Using Different Gc-Ms/Spme Methods. International Symposium On Medicinal, Aromatic And Dye Plants 5-7 October 2017 Malatya/Turkey.
2. Yıldırım, E., Karaman., Ş., Bahçesular, B., Melatonin Effect on *Ocimum basilicum* L. Morphology and Chlorophyll Content. 1.International Gap Agriculture & Livestock Congress 25-27 April 2018 Şanlıurfa/Turkey.

## EKLER



EK Şekil 1: *Ocimum basilicum*'un yetiştirildiği iklimlendirme odası



EK Şekil 2: *Ocimum basilicum* üzerine melatonin ve tuz stresi uygulaması





EK Şekil 3: 1 µM melatonin uygulaması yapılan *Ocimum basilicum* 'un hasatı

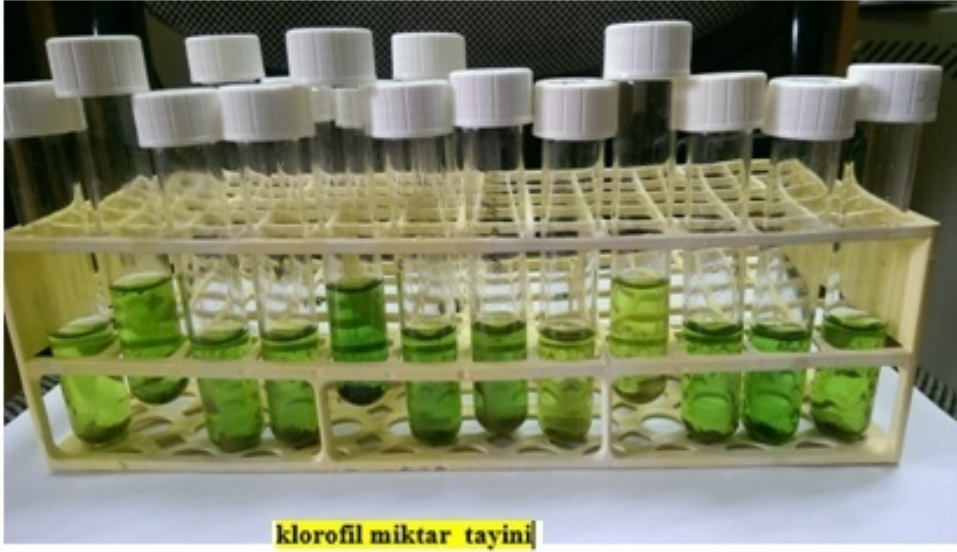


EK Şekil 4: 10 µM melatonin uygulaması yapılan *Ocimum basilicum* 'un hasatı

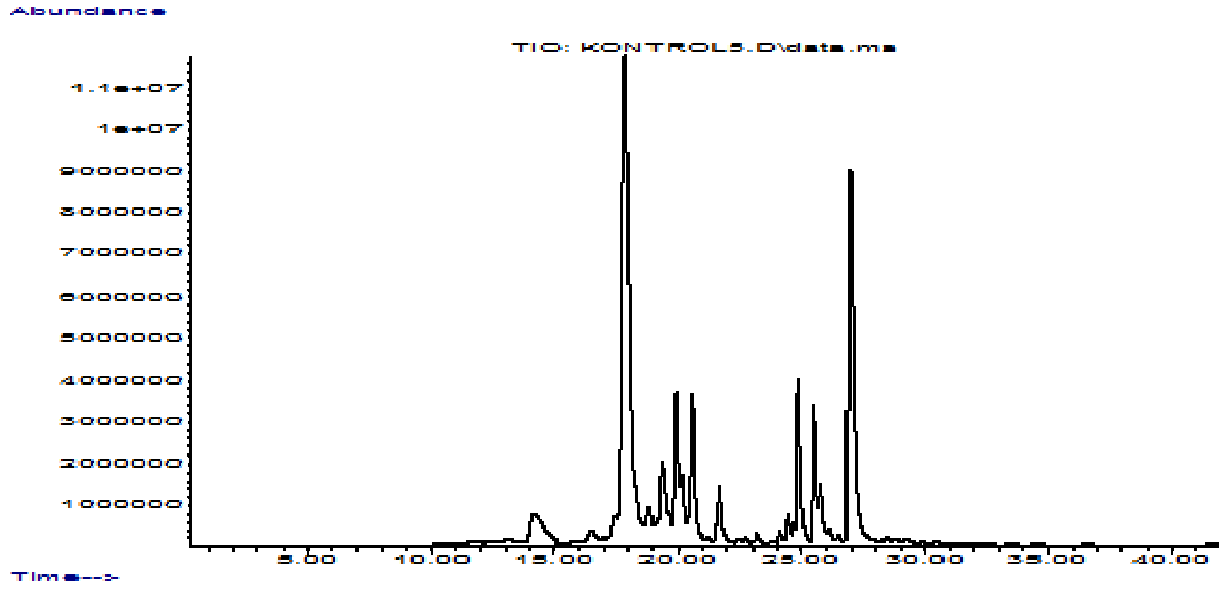




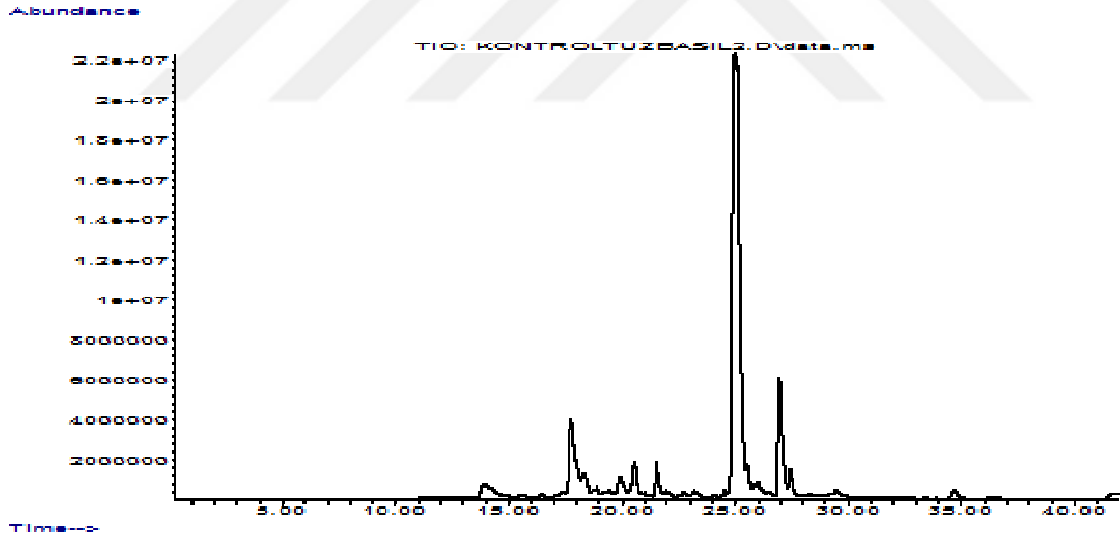
EK Şekil 5: Kurumaya bırakılan *Ocimum basilicum* hasatı



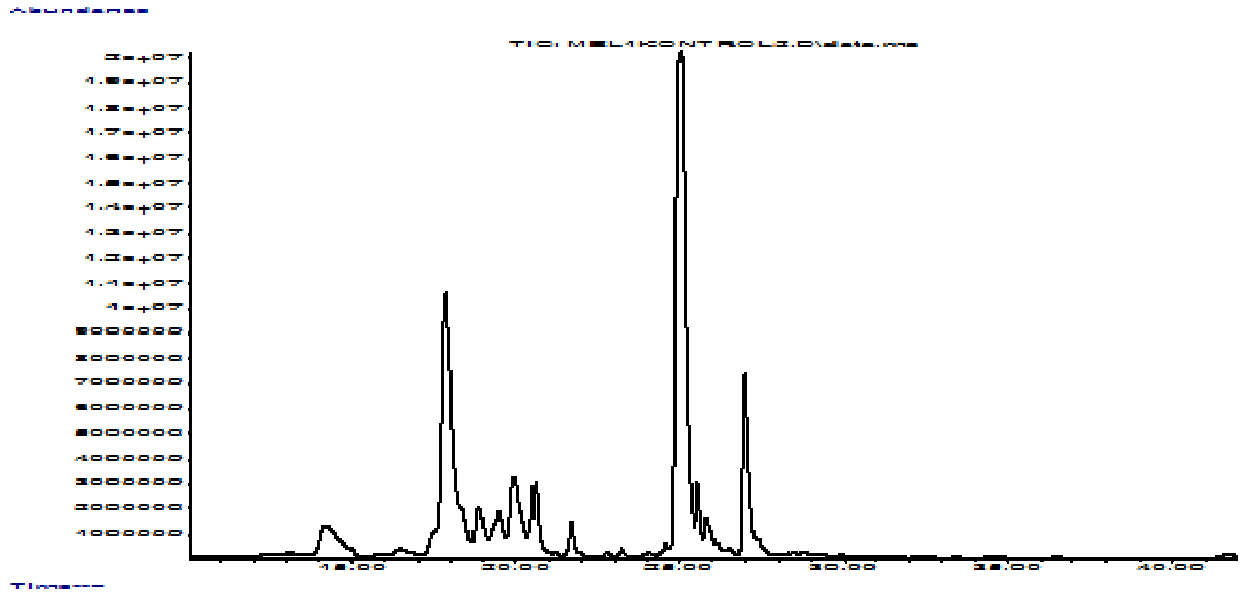
EK Şekil 6: *Ocimum basilicum* ekstraktları



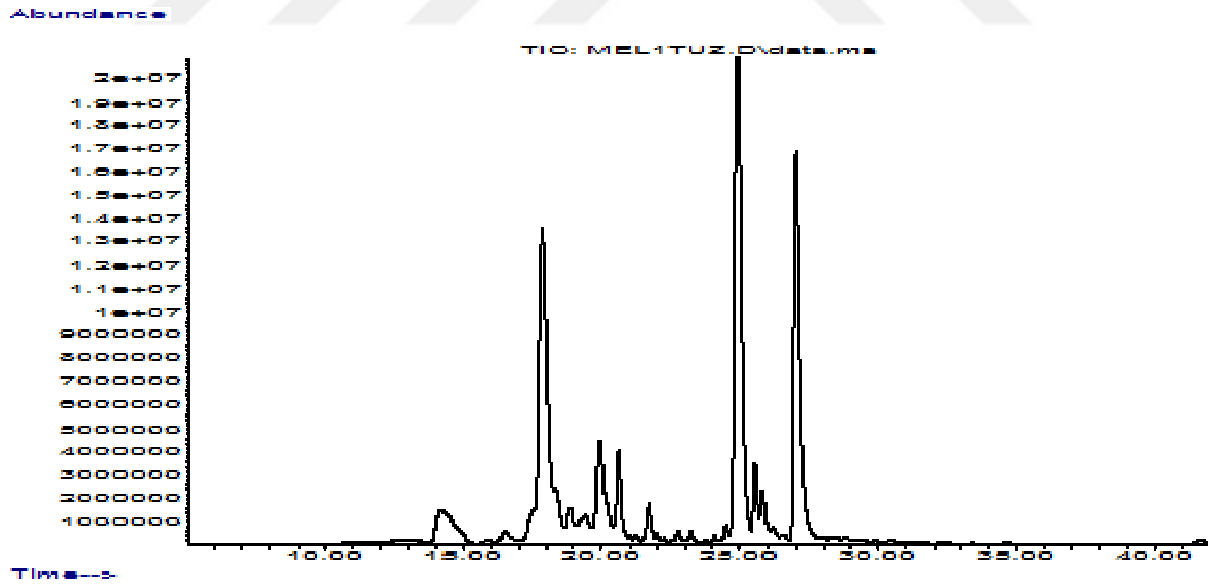
EK Şekil 7: Kontrol uygulamasına ait *Ocimum basilicum*'un GC/MS kromatogramı



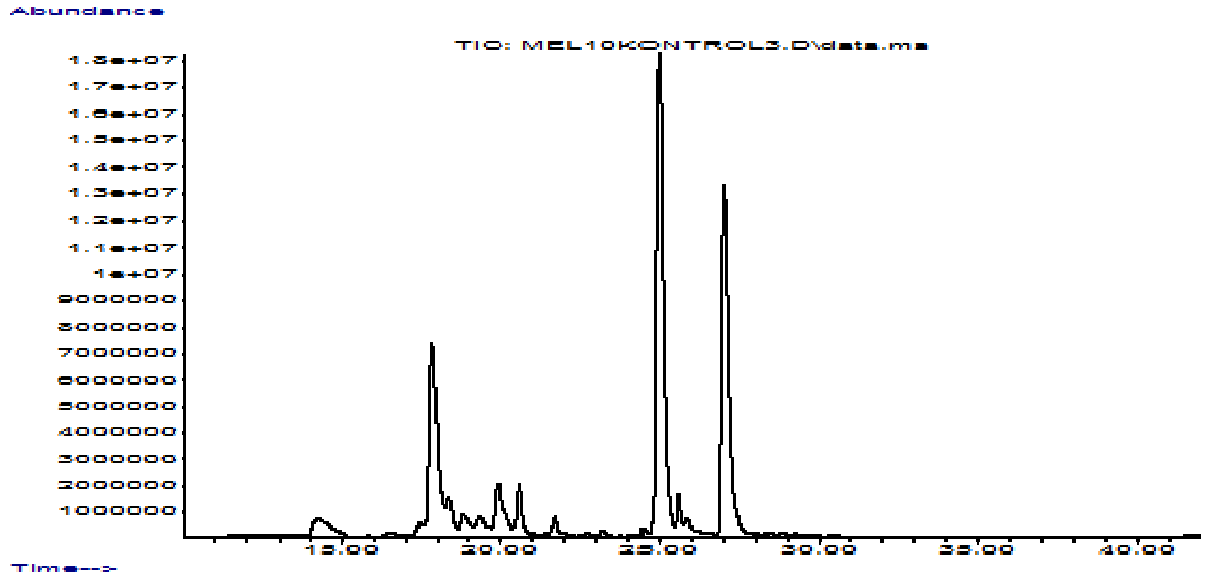
EK Şekil 8: Kontrol+tuz uygulamasına ait *Ocimum basilicum*'un GC/MS kromatogramı



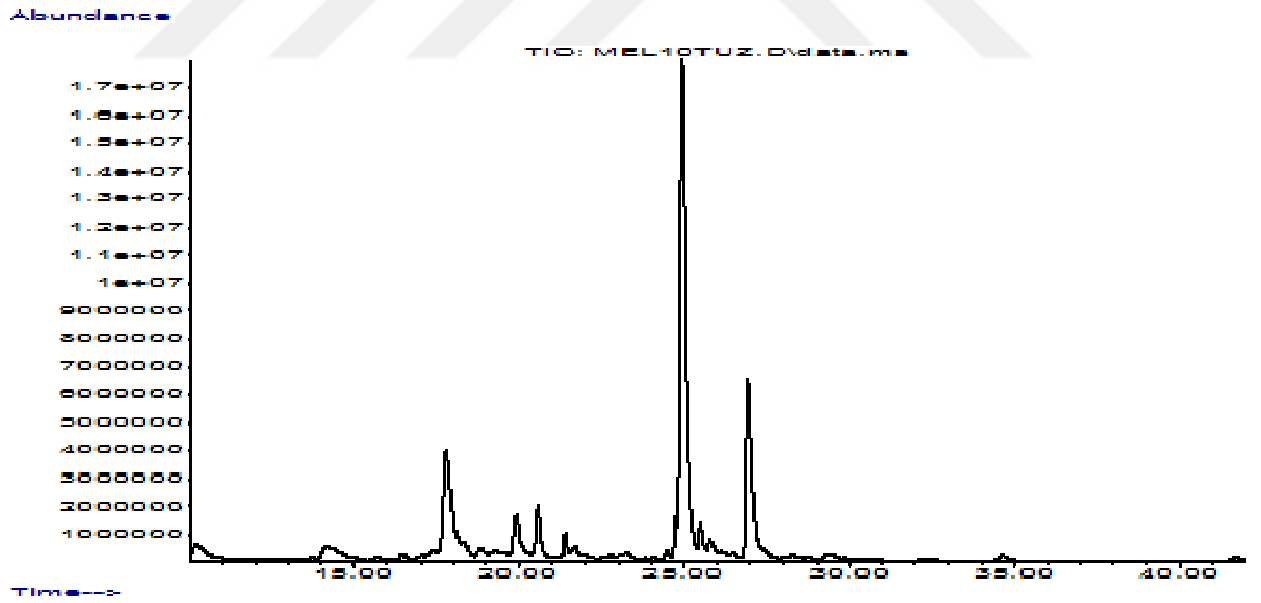
EK Şekil 9: 1  $\mu$ M melatonin uygulamasına ait *Ocimum basilicum*'un GC/MS kromatogramı



EK Şekil 10: 1  $\mu$ M melatonin+tuz uygulamasına ait *Ocimum basilicum*'un GC/MS kromatogramı



EK Şekil 11: 10 µM melatonin uygulamasına ait *Ocimum basilicum*'un GC/MS kromatogramı



EK Şekil 12: 10 µM melatonin+tuz uygulamasına ait *Ocimum basilicum*'un GC/MS kromatogramı