

T.C.  
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

**HIYAR (*Cucumis sativus* L.) FİDELERİNE DIŞARIDAN YAPILAN MELATONİN  
UYGULAMALARININ ÜŞÜME STRESİ ÜZERİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Lütfullah BAŞLAK  
DANIŞMAN: Doç. Öğr. Üyesi: Özlem ÜZAL

VAN-2020



T.C.  
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

**HIYAR (*Cucumis sativus* L.) FİDELERİNE DIŞARIDAN YAPILAN MELATONİN  
UYGULAMALARININ ÜŞÜME STRESİ ÜZERİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Lütfullah BAŞLAK

Bu çalışma YYÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından **FYL-2019-7945**  
No'lu proje olarak desteklenmiştir.

VAN-2020



## KABUL ve ONAY SAYFASI

Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı'nda Doç. Öğr. Üyesi Özlem ÜZAL danışmanlığında, Lütfullah BAŞLAK tarafından hazırlanan "Hıyar (*Cucumis Sativus* L.) Fidelerine Dışarıdan Yapılan Melatonin Uygulamalarının Üşüme Stresi Üzerine Etkisinin Belirlenmesi" isimli bu çalışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince ...../...../..... tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile başarılı bulunmuş ve Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: .....İmza:

Üye: .....İmza:

Üye: .....İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun.... /.... / .....tarih ve .....sayılı kararı ile onaylanmıştır.

İmza

.....  
**Enstitü 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 bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Lütfullah BAŞLAK





## ÖZET

### **HIYAR (*Cucumis sativus* L.) FİDELERİNE DIŞARIDAN YAPILAN MELATONİN UYGULAMALARININ ÜŞÜME STRESİ ÜZERİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ**

BAŞLAK, Lütfullah  
Yüksek Lisans Tezi, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı  
Tez Danışmanı: Doç. Dr. Özlem ÜZAL  
Ağustos 2020, 90 Sayfa

Beith F1 hıyar çeşidinin kullanıldığı araştırmada; üşümenin metabolik olayları nasıl etkilediğini açıklığa kavuşturmak, bitkilerin üşüme stresine karşı hangi tepkiler verdiğini ve melatonin uygulamaları ile bitkilerin üşümeye karşı hangi uyum mekanizmaları geliştirdiğini anlamak amaçlanmıştır. 3-4 gerçek yapraklı iken üşüme uygulanan fidelere 0, 1, 10, 20, 30 ve 40 µM melatonin içeren saf (distile) su bitkilerin yapraklarına püskürtülmüştür. Melatonin uygulamasından 1 tam gün sonra bitkilerin yarısı iklim dolabında 15 gün süre ile üşüme stresine maruz bırakılmış, diğer yarısı ise iklim odasında normal koşullarda (25/20 °C aydınlık/karanlık) tutulmuştur. Üşüme stresine maruz kalan bitkiler 15 gün süreyle 5±1/10±1 °C karanlık/ aydınlık (12 saat)'da inkibatörde tutulduktan sonra örnekler alınmıştır. Bitki gelişim parametreleri değerlendirildiğinde, üşüme stresi uygulanan bitkilerden 30 ve 40 µM melatonin uygulanan bitkilerin bitki büyümesini sınırladığı belirlenmiştir. Ayrıca hiç melatonin uygulanmamış bitkiler en yüksek skala değerine sahip olurken, buna karşılık yapılan melatonin uygulamalarının görsel hasarın azaltılmasında etkili olduğu ve en az görsel hasarın 40 µM melatonin uygulamasında olduğu gözlemlenmiştir. Üşüme stresine karşı özellikle melatonin dozlarının oksidatif strese karşı klorofilin korunmasında, lipid peroksidasyonu ile mücadelede etkili olduğu ve melatonin uygulamalarının stres altındaki bitkilerde bazı enzim aktivitelerini teşvik ettiği belirlenmiştir. Sonuç olarak, melatonin uygulamalarının üşüme stresinin yol açtığı zararlı etkilerin azaltılmasında olumlu etki yapabilecek fizyolojik etkili bir yardımcı uygulama olabileceği düşünülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** *Cucumis sativus*, Hıyar, Melatonin, Tolerans, Üşüme stresi.



## ABSTRACT

### **Determination of Effect on Chilling Stress of Exogenous Melatonin Applications to Cucumber Seedlings**

BAŞLAK, Lütfullah  
M.Sc.,Thesis, Department of Horticulture  
Supervisor: Asst. Doç. Dr. Özlem ÜZAL  
August 2020, 90 Pages

In the research using Beith F1 cucumber variety; The purpose of this study is to clarify how cold affects metabolic events, to understand how plants react to cold stress and what adaptation mechanisms that plants develop with melatonin applications. Seedlings with 3-4 true leaves were chilled. For seedlings applied to the cold, distilled water containing 0, 1, 10, 20, 30 and 40  $\mu\text{M}$  melatonin was sprayed onto the leaves of the plants. One full day after melatonin application, half of the plants were exposed to cold stress in the climate cabinet for 15 days, and the other half were kept in the climate room under normal conditions (25/20°C light / dark). Samples were taken after the plants exposed to cold stress were kept in the incubator for 15 days at  $5 \pm 1/10 \pm 1^\circ\text{C}$  dark/ light (for 12 hours). When the plant growth parameters were evaluated, it was determined that 30 and 40  $\mu\text{M}$  melatonin treated plants limited the plant growth. In addition, plants with no melatonin applied had the highest scale value, whereas melatonin applications from the leaf were observed to be effective in reducing visual damage, and the least visual damage was observed in the application of 40  $\mu\text{M}$  melatonin. It has been determined that melatonin doses, especially against chilling stress, are effective in protecting chlorophyll against oxidative stress, in the fight against lipid peroxidation, and melatonin applications stimulate ascorbate peroxidase (APX), superoxide dismutase (SOD) and catalase (CAT) enzyme activities in plants under stress. As a result, it is thought that melatonin applications may be a physiologically effective adjuvant that can have a positive effect in reducing harmful effects caused by chilling stress.

**Keywords:** Chilling stres, Cucumber, *Cucumis sativus*, Melatonin, Tolerance



## ÖN SÖZ

Beith F1 hıyar çeşidinin kullanıldığı araştırmada; üşümenin metabolik olayları nasıl etkilediğini açıklığa kavuşturmak, bitkilerin üşüme stresine karşı hangi tepkiler verdiğini ve melatonin uygulamaları ile bitkilerin üşümeye karşı hangi uyum mekanizmaları geliştirdiğini anlamak amaçlanmıştır. Böylece hıyar bitkisinin üşüme stresinde melatoninin bitkide geliştirdiği tepkilerin açıklanması sağlanarak, bitki gelişim performansında ne gibi değişikliklerin olup olmayacağını belirlenmesi amaçlanmıştır. Yine aynı şekilde Cucurbitaceae familyasına ait olan ve ülkemizde önemli ölçüde turfanda ve yazlık olarak yetiştirilen hıyar bitkisinin üşüme stresi koşullarında geliştirdiği mekanizmanın açıklanması sağlanarak (üşüme stresi altında melatoninin hıyar bitkisindeki metabolik olayları nasıl etkilediğini açıklığa kavuşturmak, bitkilerin üşüme stresine karşı hangi tepkiler verdiğini ve hangi uyum mekanizmaları geliştirdiğini anlamak), üretimi kısıtlayan ve verim kaybına yol açan üşüme stresi sorununu giderecek ıslah materyallerinin sağlanması, yeni üretim şekillerinin geliştirilmesi hedeflenmiştir.

Araştırma konusunun belirlenmesinde, araştırmanın yürütülebilmesi için her türlü teknik altyapı olanaklarını sağlayan, verilerin toplanması, düzenlenmesi, değerlendirilmesi aşamalarında yardımlarını aldığım, engin bilgi, deneyim ve öngörüsü ile çalışmalarına yön veren gerek davranışlarıyla gerekse çalışmalarıyla bana örnek olan her zaman desteğini hissettiğim tez danışmanım, Doç. Dr. Özlem ÜZAL'a,

Çalışmanın her aşamasında ve sosyal yaşamda engin bilgi ve deneyimlerini bizimle paylaşan, bizleri evladı gibi gören maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen varlığıyla bizlere güç veren sayın hocamız Prof. Dr. Fikret YAŞAR'a,

Araştırma verilerinin toplanması, laboratuvar analizlerinin yapılması, değerlendirilmesi ve istatistiksel analizi ve tezimin yazım aşamasında yardımlarını aldığım, engin bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan, moral ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, çok değerli arkadaşım ve meslektaşım Öğretim Görevlisi Halide TUĞA'ya

Denemenin kurulmasından örneklerin analizlerin yapılmasına kadar benden yardımlarını esirgemeyen beraber çalışırken bir an bile neşesini samimiyetini ve

dostluğunu benden esirgemeyen her anı neşeyle geçiren çok değerli arkadaşlarım Ziraat Yüksek Mühendisi Nurullah BAYRAM ve Ziraat Mühendisi Melih UÇAR'a,

Tezimi **FYL-2019-7945** numaralı proje ile destekleyen Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu'na, denemenin kurulması için bana tohum tedarigi sağlayan UNITED GENETICS firmasına,

Son olarak sevgili aileme her zaman yanımda oldukları ve sonsuz güvenleri için sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Lütfullah BAŞLAK



## İÇİNDEKİLER

|   |     |
|---|-----|
| ÖZET .....  | i   |
| ABSTRACT .....  | iii |
| ÖN SÖZ.....   | v   |
| İÇİNDEKİLER .....   | vii |
| SİMGELER VE KISALTMALAR .....                                   | ix  |
| ÇİZELGELER LİSTESİ.....   | xii |
| ŞEKİLLER LİSTESİ .....  | xiv |
| 1. GİRİŞ .....  | 1   |
| 2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ .....                                    | 7   |
| 3. MATERYAL ve YÖNTEM .....                                     | 13  |
| 3.1. Materyal.....  | 13  |
| 3.1.1. Araştırma Yerinin Tanımı .....                           | 13  |
| 3.1.2. Deneme Materyali.....                                    | 13  |
| 3.2. Yöntem .....   | 14  |
| 3.2.1. Bitki Örneklerindeki Fiziksel Ölçümler .....             | 16  |
| 3.2.2. Bitki Örneklerinin Besin Maddesi İçeriği .....           | 21  |
| 3.2.3. Klorofil Analizi ve SPAD (klorofilmetre) Değerleri ..... | 21  |
| 3.2.4. Renk Değeri .....  | 23  |
| 3.2.5. Lipid peroksidasyonu .....                               | 23  |
| 3.2.6. Antioksidant Enzim Aktiviteleri .....                    | 24  |
| 3.2.7. İstatiksel Analizler .....                               | 25  |
| 4. BULGULAR.....  | 27  |
| 4.1. Bitki Gelişim Kriterleri.....                              | 27  |
| 4.1.1. Bitki yaş kök ağırlığı.....                              | 27  |
| 4.1.2. Bitki gövde ağırlığı .....                               | 28  |
| 4.1.3. Bitki yaprak ağırlığı .....                              | 30  |
| 4.1.4. Bitki gövde boyu .....                                   | 30  |
| 4.1.5. Bitki gövde çapı .....                                   | 31  |
| 4.1.6. Bitki yaprak sayısı.....                                 | 32  |

|   |    |
|---|----|
| 4.1.7. 1-5 Skalası ile Değerlendirme.....   | 33 |
| 4.2. İyon miktarlarının ölçülmesi .....   | 34 |
| 4.2.1. Kök, gövde ve yapraklarda Ca iyonu oranında meydana gelen değişimler ...                           | 34 |
| 4.2.2. Kök, gövde ve yapraklarda K iyonu miktarında meydana gelen değişimler .                            | 36 |
| 4.2.3. Kök, gövde ve yapraklarda Mg iyonu miktarında meydana gelen değişimler .....                       | 37 |
| 4.2.4. Kök, gövde ve yapraklarda Cu iyonu miktarında meydana gelen değişimler.....                        | 40 |
| 4.2.5. Kök, gövde ve yapraklarda Fe iyonu miktarında meydana gelen değişimler ....                        | 42 |
| 4.2.6. Kök, gövde ve yapraklarda Mn iyonu miktarında meydana gelen değişimler .....                       | 44 |
| 4.2.7. Kök, gövde ve yapraklarda Zn iyonu miktarında meydana gelen değişimler ...                         | 46 |
| 4.3. Klorofil miktarı, SPAD değerleri, Lipid peroksidasyonu (MDA )içerikleri ortaya çıkan değişimler..... | 49 |
| 4.4. Bitki yaprak renk analizi .....  | 52 |
| 4.5. Antioksidan Enzim Aktviteleri (SOD, CAT, APX) .....  | 53 |
| 5. TARTIŞMA VE SONUÇ .....  | 57 |
| KAYNAKLAR .....   | 63 |
| ÖZ GEÇMİŞ .....   | 70 |



## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı kısaltmalar ve simgeler açıklamaları ile birlikte aşağıda verilmiştir.

| <b>Simgeler</b> | <b>Açıklama</b>        |
|-----------------|------------------------|
| <b>%</b>        | Yüzde                  |
| <b>°C</b>       | Santigrat derece       |
| <b>cm</b>       | Santimetre             |
| <b>mm</b>       | Millimetre             |
| <b>g</b>        | Gram                   |
| <b>m</b>        | Metre                  |
| <b>mg</b>       | Miligram               |
| <b>ml</b>       | Mililitre              |
| <b>l</b>        | Litre                  |
| <b>kg/da</b>    | Dekardaki kilogram     |
| <b>EC</b>       | Elektriksel İletkenlik |
| <b>Ca</b>       | Kalsiyum               |
| <b>Cl</b>       | Klor                   |
| <b>Cu</b>       | Bakır                  |
| <b>Fe</b>       | Demir                  |
| <b>Mg</b>       | Magnezyum              |
| <b>Mn</b>       | Mangan                 |
| <b>Mo</b>       | Molibden               |
| <b>Na</b>       | Sodyum                 |
| <b>Zn</b>       | Çinko                  |
| <b>N</b>        | Azot                   |

|                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| <b>P</b>        | Fosfor          |
| <b>K</b>        | Potasyum        |
| <b>B</b>        | Bor             |
| <b>S</b>        | Kükürt          |
| <b>Simgeler</b> | <b>Açıklama</b> |

|             |   |
|-------------|---|
| <b>ppm</b>  | Milyonda 1 birimlik                               |
| <b>pH</b>   | Hidrojen iyonu konsantrasyonunun eksi logaritması |
| <b>µg</b>   | Mikrogram   |
| <b>ark.</b> | Arkadaşlar  |
| <b>µM</b>   | Mikromolar  |

#### **Kısaltmalar**

#### **Açıklama**

|   |                                     |
|---|-------------------------------------|
| <b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>               | Nitrat Azotu                        |
| <b>HNO<sub>3</sub></b>                          | Nitrik asit                         |
| <b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>               | Amonyum Azotu                       |
| <b>SO<sub>4</sub></b>                           | Sülfat                              |
| <b>SO<sub>2</sub></b>                           | Sülfürdioksit                       |
| <b>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-4</sup></b> | Hidrofosforik asit                  |
| <b>SÇKM</b>                                     | Suda Çözünebilir Kuru Madde Miktarı |
| <b>O<sub>2</sub></b>                            | Oksijen                             |
| <b>TUİK</b>                                     | Türkiye İstatistik Kurumu           |
| <b>PAR</b>                                      | Fotosentetik Aktif Radyasyon        |
| <b>SOD</b>                                      | Askorbat peroksidaz                 |
| <b>CAT</b>                                      | Katalaz                             |
| <b>APX</b>                                      | Süperoksit dismutaz                 |
| <b>MEL</b>                                      | Melatonin                           |
| <b>ROS</b>                                      | Reaktif Oksijen Türleri             |
| <b>RNS</b>                                      | Reaktif azot türleri                |



## ÇİZELGELER LİSTESİ

| Çizelgeler   | Sayfa |
|--|-------|
| Çizelge 4.1. Farklı dozlarda uygulanan melatoninin optimal koşullar altında ve üşüme stresi altındaki hıyar fidelerinin gelişim parametreleri üzerine etkileri ...   | 29    |
| Çizelge 4.2. Hıyar fidelerine yapılan melatonin uygulamalarının görsel hasar indeksi olan skala değerleri üzerine etkileri .....   | 33    |
| Çizelge 4.3. Hıyar fidelerine yapılan melatonin uygulamalarının kök, gövde, yapraklarda ve toplam Ca iyonu miktarında meydana gelen değişimler .....   | 34    |
| Çizelge 4.4. Hıyar fidelerine yapılan melatonin uygulamalarının kök, gövde, yapraklarda ve toplam K iyonu miktarında meydana gelen değişimler. ....  | 36    |
| Çizelge 4.5. Hıyar fidelerine yapılan melatonin uygulamalarının kök, gövde, yapraklarda ve toplam Mg iyonu miktarında meydana gelen değişimler .....   | 38    |
| Çizelge 4.6. Hıyar fidelerine yapılan melatonin uygulamalarının kök, gövde, yapraklarda ve toplam Cu iyonu miktarında meydana gelen değişimler .....   | 40    |
| Çizelge 4.7. Hıyar fidelerine yapılan melatonin uygulamalarının kök, gövde, yapraklarda ve toplam Fe iyonu miktarında meydana gelen değişimler .....   | 42    |
| Çizelge 4.8. Hıyar fidelerine yapılan melatonin uygulamalarının kök, gövde, yapraklarda ve toplam Mn iyonu miktarında meydana gelen değişimler .....   | 44    |
| Çizelge 4.9. Hıyar fidelerine yapılan melatonin uygulamalarının kök, gövde, yapraklarda ve toplam Zn iyonu miktarında meydana gelen değişimler .....   | 47    |
| Çizelge 4.10. Hıyar fidelerine yapılan melatonin uygulamalarının Klorofil, SPAD değerleri ve MDA içeriklerleri üzerine etkileri .....  | 49    |
| Çizelge 4.11. Hıyar fidelerine yapılan melatonin uygulamalarının bitki yaprak renk değişimleri üzerine etkileri .....  | 52    |
| Çizelge 4.12. Her bir uygulamadan alınan yaprak örneklerindeki askorbat peroksidaz (APX) enzim aktivitesi ( $\mu\text{mol/dak/mg T.A.}$ ), Katalaz (CAT) enzim aktivitesi ( $\mu\text{mol/dak/mg T.A.}$ ) ve süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktiviteleri ( $\text{U/dak/mg/ T.A.}$ )..... | 53    |



## ŞEKİLLER LİSTESİ

| Şekil   | Sayfa |
|---|-------|
| Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan tohumların ekiminden bir görünüm .....  | 13    |
| Şekil 3.2. Çalışmanın kurulma aşamasından genel görünüm .....   | 14    |
| Şekil 3.3. Melatoninin hazırlanması ve püskürtülerek fidelere uygulanması .....   | 15    |
| Şekil 3.4. Melatonin uygulaması yapılan hıyar fidelerinin üşüme uygulaması için inkübatör cihazına yerleştirilmesi .....  | 15    |
| Şekil 3.5. Bitki yaş kök ağırlığının tartılması .....   | 16    |
| Şekil 3.6. Gövde ağırlığı ölçümü. ....  | 17    |
| Şekil 3.7. Yaprak ağırlığı ölçümü. ....   | 17    |
| Şekil 3.8. Bitki boyunun ölçümü .....   | 18    |
| Şekil 3.9. Gövde çapının ölçümü .....   | 18    |
| Şekil 3.10. Bitki yapraklarının sayımı. ....  | 19    |
| Şekil 3.11. Bitkilerde morfolojik olarak ortaya çıkan zararlanmanın derecesini ortaya koyabilmek için skalaya tabi tutulan bitkilerden bir görünüm .....  | 20    |
| Şekil 3.12. Mineral elementi analizi için süzük hazırlama aşaması .....   | 21    |
| Şekil 3.13. Klorofil analizi a. dondurulmuş örneklerin tartılarak etil alkol ile karıştırılması, b. örneklerin su banyosunda bekletilmesi, c. örneklerin cihaza yerleştirilmesi, d. sonuçların okunması .....   | 22    |
| Şekil 3. 14. SPAD ölçümünün yapılması.....  | 22    |
| Şekil 3.15. Bitkilerin renk ölçer yardımıyla renk analizlerinin yapılması .....   | 23    |
| Şekil 3.16. MDA analizlerinin yapılması aşaması .....   | 24    |
| Şekil 3.17. Spektrofotometrik Enzim Aktiviteleri analizlerinin yapılması (a: örneğin sıvı azotta öğütülmesi, b: buffer eklenen örneklerin vortexte bir dakika boyunca karıştırılması c: örneğin süzülme ve kar içinde bekletilmesi, d: süzölmüş örneklerin santrifüj edilmesi, e: spektrofotometrede okumanın yapılması )...... | 25    |

| <b>Şekil</b>   | <b>Sayfa</b> |
|--|--------------|
| Şekil 4.1. Hıyar fidelerine yapılan melatonin uygulamalarının bitki kök ağırlığı üzerine etkileri .....    | 27           |
| Şekil 4.2. Hıyar fidelerine yapılan melatonin uygulamalarının bitki gövde ağırlığı üzerine etkileri .....  | 28           |
| Şekil 4.3. Hıyar fidelerine yapılan melatonin uygulamalarının bitki yaprak ağırlığı üzerine etkileri ..... | 30           |
| Şekil 4.4. Hıyar fidelerine yapılan melatonin uygulamalarının bitki gövde boyu üzerine etkileri .....      | 31           |
| Şekil 4.5. Hıyar fidelerine yapılan melatonin uygulamalarının bitki gövde çapı üzerine etkileri .....      | 32           |
| Şekil 4.6. Hıyar fidelerine yapılan melatonin uygulamalarının bitki yaprak sayısı üzerine etkileri .....   | 33           |
| Şekil 4.7. Kök, gövde ve yapraklarda Ca iyonu oranında meydana gelen değişimler .....                      | 35           |
| Şekil 4.8. Kök, gövde ve yapraklarda K iyonu miktarında meydana gelen değişimler .....                     | 36           |
| Şekil 4.9. Kök, gövde ve yapraklarda Mg iyonu miktarında meydana gelen değişimler .....                    | 38           |
| Şekil 4.10. Kök, gövde ve yapraklarda Cu iyonu miktarında meydana gelen değişimler .....                   | 40           |
| Şekil 4.11. Kök, gövde ve yapraklarda Fe iyonu miktarında meydana gelen değişimler .....                   | 43           |
| Şekil 4.12. Kök, gövde ve yapraklarda Mn iyonu miktarında meydana gelen değişimler .....                   | 45           |
| Şekil 4.13. Kök, gövde ve yapraklarda Zn iyonu miktarında meydana gelen değişimler .....                   | 47           |
| Şekil 4.14. Hıyar fidelerine yapılan melatonin uygulamalarının klorofil miktarı üzerine etkileri.....      | 50           |
| Şekil 4.15. Hıyar fidelerine yapılan melatonin uygulamalarının SPAD değerleri üzerine etkileri .....       | 50           |
| Şekil 4.16. Hıyar fidelerine yapılan melatonin uygulamalarının MDA içerikler üzerine etkileri .....        | 51           |
| Şekil 4.17. Uygulamaların APX enzimi üzerine etkisi.....   | 55           |

**Şekil****Sayfa**

Şekil 4.18. Uygulamaların CAT enzimi üzerine etkisi .....55

Şekil 4.19. Uygulamaların SOD enzimi üzerine etkisi .....55







## 1. GİRİŞ

Hıyar (*Cucumis sativus* L.), başka bir deyişle 'salatalık', kabakgiller familyasından bir bitki türü ve meyvesine verilen addır. Anayurdunun Kuzey Hindistan olduğu sanılan bitkinin tarımı çok eski dönemlerden beri yaygın olarak yapılmaktadır. M.Ö. 3000 yıllarında Hindistan 'da M.Ö. 2000 yıllarında Mısır 'da hıyar yetiştiriciliğini ortaya koyan kazılar vardır. M.Ö. 600 yıllarında Anadolu'dan Yunanistan'a geçmiştir. Diğer Avrupa ülkelerinden Fransa ve Almanya'da 9. yüzyılda, İngiltere'de 14. yüzyılda tanınmaya başlanmıştır. Amerika'ya Avrupalılar tarafından götürüldüğü bilinmektedir. Pek çok bilim adamı hıyarın Hindistan'ın Himalaya dağları ile Benyal körfezinin kuzey kısmı arasındaki bölge ile Çin, İran ve Anadolu'yu da içine alan bölgeden dünyaya yayıldığını kabul etmektedir.

Dünya'da 2018 verilerine göre 2.144.672 ha alandan 80.616.692 ton hıyar ve turşuluk hıyar üretimi yapılmaktadır (FAO 2018). Hıyarın ülkemizde yetiştirilmesi çok eskilere dayanır. Her yörede üretimi yapılmakla birlikte toplam üretimin % 44'ü Akdeniz bölgesinden elde edilir. Bu bölgeyi sırasıyla % 11 Ege, % 9,8 Marmara, % 9 Orta kuzey bölgesi izler. Toplam sebze üretimimiz içerisinde %5 'lik bir paya sahiptir. Özellikle seralarda turfanda olarak yetiştirilen hıyar, pazarda oldukça yüksek fiyat bulabilmektedir. Hıyar (*Cucumis sativus* L.) Türkiye'de 60.000 ha alan ve 1.799.613.00 ton üretimi ile Dünya'da Çin ve Rusya'dan sonra 3. sırada yer alır (Özalp, 2008). Hıyar bitkisi fazla soğuk ve sıcaklarda hastalanmayan bir yapısı vardır. Aşırı soğuklarda verim kaybı ve donma belirtileri ortaya çıkar. Yüksek sıcaklıklarda bitkilerde mantarsal hastalıkların artması ve terlemenin artması görülür. Bitki gelişmesini 15 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda sürdürmektedir. Yetiştirme sıcaklığı gece optimum 15-18 °C olmakla beraber gündüz ise 20- 25 °C dir. 25 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda bitki boyu hızla uzar, boğum araları uzar ve birim alana alınan verim azalır. Bunun nedeni meyvelerin boğumlardan alınmasıdır. Sıcaklık 30 °C'nin üzerine çıkınca bitkilerde geçici solgunluklar başlar, 40 °C'nin üzerinde ise yanıklar şeklinde bitki elden çıkar. Işık isteği kavun, karpuzla göre daha azdır. 6000-8000'lük ışık şiddeti hıyar için yeterlidir. Optimum ışık gereksinimi 15.000 lüks'tür. Nem bakımından pek seçici değildir. % 90'a kadar olan nem koşullarında rahatlıkla gelişir. Nedenide hıyarın kökleri

yüzlek, geniş yapraklı olduğundan, topraktan alınan su terleme ile kaybolan suya eşit olmamasıdır. Taze meyvesi tüketildiğinden meyvesi gevrek olabilmesi için % 90'nın üzerindeki ortam nemini istemez. Yüksek nemde başta mildiyö, botrytis gibi fungal hastalıklar çok iyi gelişir. % 50'nin altındaki nem hıyar için istenmez. Nem düşüklüğünde bitkide solgunluklar başlar, meyveler kartlaşır ve yeme değerini kaybeder. Toprak bakımından seçicidir. Nemli topraklarda iyi yetişir. Toprak yapısının tınlı-kumlu, kumlu-tınlı bünyeye sahip olması, tuz içeriğinin çok yüksek olmaması, PH nında hafif asidik (5.5-7.5) olması istenir. Toprak derin (40-50 cm), gevşek bünyeli, fazla kireç içermeyen, organik madde içeriği en az %5 olan topraklardan hoşlanır (Anonim, 2020a).

Bitkilerde stres; büyüme, gelişme ve metabolizmayı etkileyen ya da engelleyen durumları ifade etmektedir. Stres faktörleri orijinlerine göre biyotik ve abiyotik olmak üzere ikiye ayrılır. Biyotik stres faktörleri virüs, bakteri ve fungusları içeren patojenler ile bitki, hayvan ve insan etkilerini kapsamaktadır. Abiyotik stres faktörleri ise soğuk, sıcak, kuraklık, tuzluluk, su fazlalığı, radyasyon, çeşitli kimyasallar, oksidatif stres, rüzgar ve toprakta besin yetersizliği gibi çevresel faktörlerdir (Çulha ve Çakırlar, 2011; Yılmaz ve ark., 2011). Dünya üzerindeki kullanılabilir alanlar stres faktörlerine göre sınıflandırıldığında kuraklık stresinin %26, tuz ve mineral maddeler stresinin %20, soğuk ve don stresinin %15, diğer tüm streslerin %29'luk bir paya sahip olduğu bildirilmektedir. Sadece %10'luk bir alan her hangi bir stres faktörüne maruz kalmamaktadır (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005).

Yüksek sıcaklığa bağlı olarak oluşan kuraklık, düşük sıcaklığa bağlı olarak oluşan donlar bitkilerin canlı kalmaları ve gelişimlerini etkileyen ana stres faktörlerindedir. Bitkilerde stres şartlarına dayanım iki şekilde sağlanmaktadır. Bunlar; 1. Kaçınma (mevcut stres faktörünü azaltma veya engelleme özelliği), 2. Tolerans (zarar görmeden veya hafif zarar ile strese karşı canlı kalabilme). İlman iklim bölgelerindeki pek çok bitki türü belirli bir süre donma derecelerinde olmayan düşük sıcaklıklara maruz kalarak don zararına karşı dayanım kazanabilmektedir. Bu karmaşık adaptasyon süreci, soğuk aklımasyonu veya soğuğa dayanım süreci olarak adlandırılmaktadır. Soğuk aklımasyon süresince, bitkiler don stresinden korunmak veya tolerans sağlamak için farklı mekanizmalar geliştirmektedir. Bunlar lipit bileşiminde, enzim aktivitelerinde değişimler, şeker ve aminoasit içeriklerinde artışlar, bazı proteinlerin seviyelerinde ve

gen ekspresyonunda değişiklikler şeklinde ifade edilmektedir (Howarth ve Ougham, 1993; Burke, 1995).

Düşük sıcaklığa tolerans, üşüme yani 0 °C'nin üzerindeki düşük sıcaklıklara gösterilen toleransa üşüme toleransı ve 0 °C'nin altındaki sıcaklıklara gösterilen toleransa olan donmaya tolerans diye ikiye ayrılır. Ancak her iki sıcaklık durumunda da zararın başlangıç noktası hücre membrandır. Üşüme stresi bitkilerin özellikle çimlenme, sürgün verme gibi gelişimin ilk başlangıç döneminde en yoğun olarak karşılaştıkları çevresel stres etmenidir. Bitkilerin üşümeden etkilendikleri dönem sadece gelişmeye ilk başladıkları sürgün dönemi değil, aynı zamanda gelişimin ileri aşamalarında bile düşük sıcaklığın olması halinde bitkinin türüne, yaşına ve genetik yapıdan kaynaklanan tepkisine bağlı olarak, üşümeyle farklı oranlarda hasarlar oluşur. Üşüme, diğer stres faktörlerinden tuz ve kuraklıkta olduğu gibi çiçeklenme döneminde, bitkinin meyve bağlamasında ve tohum oluşturmasında direk verimi ve bitkinin neslinin devamını etkileyecek olumsuz sonuçlar bırakabilir (Mock ve Eberhart, 1972). Genetik varyasyon içinde bitkiler üşümeye karşı tohum bağlama, sürgün verme ve gelişim faaliyetlerinde olduğu gibi plazma membran fonksiyonunda ve fotosentez gibi fizyolojik olaylar bakımından da farklı tepkiler gösterirler. Buradan hareketle, duyarlı tür düzeyinde bile olsa üşüme tuz ve kuraklık gibi stres etmenlerine karşı bitkileri daha toleraslı duruma getirecek uygulamaların yapılması ve araştırılmasının gerekli olduğu belirtilmiştir (Yasar ve ark., 2010, 2011, 2013, 2014, 2016.)

Tarımsal üretimde beklenen verimin alınmasını engelleyen en önemli abiyotik stres faktörlerinden birisi de üşüme stresidir. Üşüme; sorun olduğu yörelerde veya seralarda ortaya çıktığı durumda bitkisel üretimi olumsuz etkileyen, hatta bazen olanaksız kılan önemli stres kaynağıdır. Üşüme stresi, bitkilerin yeryüzündeki dağılımını belirleyen ve gelişimini etkileyerek verim kayıplarına neden olan önemli çevre faktörlerinden biridir. Üşüme stresi; stresin şiddetine ve süresine, strese maruz kalan bitkinin genotipine ve gelişme dönemine bağlı olarak büyüme ve gelişmeyi olumsuz etkileyebilmektedir. Ancak çeşitli bitkiler, donma derecesinin üzerindeki düşük sıcaklıklara belirli bir süre maruz kaldıklarında oluşan fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler değişikler sonucu üşümeye karşı tolerans kazanmaktadırlar. Turunçgillerde, kışlık tahıllarda, patatesten, yaprağını döken meyve ağaçlarında ve bazı sebzelerde 2 °C'lik bir üşümeye dayanıklılık sağlanabilirse, bunların toplam veriminde

önemli artışlar olacaktır. Tersine durumda da önemli kayıplar söz konusu olabilir. Mesela, Dünyanın ortalama sıcaklığındaki 1 °C azalma, pirinç üretiminde %40'lık azalmaya neden olabilir (Pearce, 1999). Ülkemizde açıkta ya da örtü altında yapılan hıyar yetiştiriciliğinde üşüme streslerinden dolayı ciddi ürün kayıpları yaşanmaktadır.

Örtü altında turfanda hıyar yetiştiriciliğinde seralar ısıtmasız olduğundan yada yetersiz ısıldığından dolayı özellikle kış aylarında sıcaklığın yetersiz olması döllenme problemlerinin yaşanmasının yanında, bitkilerde de üşümelerin olduğu görülebilmektedir. Ayrıca, açıkta yapılan yetiştiriciliklerde özellikle iç ve doğu bölgelerinde sıcaklık yetersiz olduğundan erken ilkbaharda fide dikim esnasında ve sonbahar verim döneminde bitkiler çabuk üşüdüğünden ciddi ürün kayıpları meydana gelmektedir. Bu dönemlerde meydana gelen ürün kayıplarını minimuma indirebilmek için bitkilerde üşümeye karşı toleransı geliştirecek uygulamalar araştırılarak çözüm bulunması gerekmektedir.

Hıyar bitkisi açıkta ve örtüaltı yetiştiricilikte önemli payı olan bir bitki olmasından dolayı, üşüme stresinden de olumsuz etkilenmektedir. Bu olumsuz şartlardan dolayı ürün kayıpları da ciddi boyutlara ulaşabilmektedir. Ancak, bu olumsuzlukları ortadan kaldırmanın en önemli ve en kesin yolu da üşümeye toleranslı bitki tür ve çeşitleri geliştirmek ve üşümenin olumsuz etkilerini giderici uygulamalar yapmaktır.

Hem biyotik hem de abiyotik stres faktörlerinin bitkilerde melatonin sentezini teşvik ettiği fikri bitkilerde melatoninin var olduğunun belirlenmesiyle ortaya atılmıştır. Abiyotik stres koşulları altında yaşayan bitkilerde melatonin içeriğinin normale göre daha fazla olması yeterli içsel melatonin üretmeyen bitkilerde dışarıdan yapılan uygulamalar yoluyla da stres faktörlerine karşı toleransın artırılabilceği fikrini doğurmuştur. Melatonin uygulamalarının bitkinin abiyotik stres faktörlerinin olumsuz etkilerini iyileştirme yönünde etkisinin olduğuna dair bilgiler değişik araştırmacılar tarafından belirtilmiştir (Korkmaz ve ark. 2014; Korkmaz ve ark. 2016; Liu ve ark. (2015), Xu ve ark. (2010); Li ve ark. (2012)).

Bugün varlığı hemen hemen tüm canlı organizmalarda kanıtlanan bir molekül olan melatonin (N-acetyl-5-methoxytryptamine), ilk olarak 1958 yılında sığır beyin üstü bezinden izole edilen bir indol amindir (Lerner ve ark., 1958). İlk olarak omurgalı hayvanlarda keşfedildiği için melatonin yıllarca sadece hayvanlara özgü bir düzenleyici

veya hormon olarak kabul edilmiştir (Reiter, 1991). Bu görüş, 1995 yılında iki araştırmacı grubunun birbirlerinden bağımsız olarak melatoninin bitkilerde özellikle tahıllarda, meyvelerde ve sebzelerde varlığını keşfetmeleriyle değişmiştir (Dubbels ve ark., 1995; Hattori ve ark., 1995). Daha sonra bu molekül hakkındaki araştırmalar artarak sürmüş ve melatoninin bakterilerde, alglerde, bazı yüksek bitki, omurgasız ve omurgalı birçok hayvan türlerinde de varlığı kanıtlanmıştır (Arnao, 2014; Posmyk ve Janas, 2009; Reiter ve ark., 2015).

Bitkilerde bulunan melatonin miktarı sadece türden türe farklılık göstermekle kalmaz, aynı zamanda aynı türün içerisindeki genotipler veya çeşitler arasında veya aynı genotip bireylerinin farklı büyüme evreleri içinde de farklılık gösterir (Dubbels ve ark., 1995; Hattori ve ark., 1995; Posmyk ve Janas, 2009). Örneğin, yeşil domates meyvelerinde melatonin içeriği en düşük seviyede bulunduğu halde, olgun ve kırmızı renkli meyvelerde ise en yüksek seviyede bulunmuştur (Van Tessel ve ark., 2001). Patates yumrusunda hiç melatonine rastlanmazken (Badria, 2002), en yüksek melatonin (>3700 ng g<sup>-1</sup>) Çin kökenli tıbbi bitkilerde ölçülmüştür (Chen ve ark., 2003). Bu bitkilerin yaşlanmayı geciktirici ve özellikle sinir sistemi bozuklukları gibi hastalıkları tedavi etmede kullanılması, melatoninin antioksidan özelliklerinden kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

Melatonin uygulamalarının bitkinin abiyotik stres faktörlerinin olumsuz etkilerini iyileştirme yönünde etkisinin olduğuna dair çalışmalar bulunmaktadır. Üşümenin bu denli bitkilerde verimi etkilemesi ve bu stres koşullarına bitkilerin dayanımını etkileyen faktörlerin belirlenmesi için yeni çalışmaların yapılmasını da beraberinde getirmektedir. Mevcut veriler ve gözlemlere dayanarak, tarımsal üretimde melatoninin yadsınamaz bir öneminin olduğu görülmektedir. Bu bilgilerden hareketle Cucurbitaceae familyasına ait olan ve ülkemizde önemli ölçüde turfanda ve yazlık olarak yetiştirilen F1 hibrit hıyar çeşidinin soğuğa dayanım durumlarını belirlemek, üşümenin metabolik olayları nasıl etkilediğini açıklığa kavuşturmak, bitkilerin üşüme stresine karşı hangi tepkiler verdiğini ve melatonin uygulamaları ile bitkilerin üşüme karşı hangi uyum mekanizmaları geliştirdiğini anlamak amaçlarıyla yapılmıştır.



## 2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Yüksek sıcaklığa bağlı olarak oluşan kuraklık, düşük sıcaklığa bağlı olarak oluşan donlar bitkilerin canlı kalmaları ve gelişimlerini etkileyen ana stres faktörlerindedir. Bitkilerde stres şartlarına dayanım iki şekilde sağlanmaktadır. Bunlar; 1. Kaçınma (mevcut stres faktörünü azaltma veya engelleme özelliği), 2. Tolerans (zarar görmeden veya hafif zarar ile strese karşı canlı kalabilme). Ilıman iklim bölgelerindeki pek çok bitki türü belirli bir süre donma derecelerinde olmayan düşük sıcaklıklara maruz kalarak don zararına karşı dayanım kazanabilmektedir. Bu karmaşık adaptasyon süreci, soğuk aklimasyonu veya soğuğa dayanım süreci olarak adlandırılmaktadır. Soğuk aklimasyon süresince, bitkiler don stresinden korunmak veya tolerans sağlamak için farklı mekanizmalar geliştirmektedir. Bunlar lipid bileşiminde, enzim aktivitelerinde değişimler, şeker ve aminoasit içeriklerinde artışlar, bazı proteinlerin seviyelerinde ve gen ekspresyonunda değişiklikler şeklinde ifade edilmektedir (Howarth ve Ougham, 1993; Burke, 1995).

Düşük sıcaklığa tolerans, üşümeye yani 0 °C' nin üzerindeki düşük sıcaklıklara gösterilen toleransa üşüme toleransı ve 0 °C' nin altındaki sıcaklıklara gösterilen toleransa olan donmaya tolerans diye ikiye ayrılır. Ancak her iki sıcaklık durumunda da zararın başlangıç noktası hücre membrandır. Üşüme stresi bitkilerin özellikle çimlenme, sürgün verme gibi gelişimin ilk başlangıç döneminde en yoğun olarak karşılaştıkları çevresel stres etmenidir. Bitkilerin üşümeden etkilendikleri dönem sadece gelişmeye ilk başladıkları sürgün dönemi değil, aynı zamanda gelişimin ileri aşamalarında bile düşük sıcaklığın olması halinde bitkinin türüne, yaşına ve genetik yapıdan kaynaklanan tepkisine bağlı olarak, üşümeyle farklı oranlarda hasarlar oluşur. Üşüme, diğer stres faktörlerinden tuz ve kuraklıkta olduğu gibi çiçeklenme döneminde, bitkinin meyve bağlamasında ve tohum oluşturmada direk verimi ve bitkinin neslinin devamını etkileyecek olumsuz sonuçlar bırakabilir (Mock and Eberhart, 1972). Genetik varyasyon içinde bitkiler üşümeye karşı tohum bağlama, sürgün verme ve gelişim faaliyetlerinde olduğu gibi plazma membran fonksiyonunda ve fotosentez gibi fizyolojik olaylar bakımından da farklı tepkiler gösterirler. Buradan hareketle, duyarlı tür düzeyinde bile olsa üşüme tuz ve kuraklık gibi stres etmenlerine karşı bitkileri daha toleraslı duruma



getirecek uygulamaların yapılması ve araştırılmasının gerekli olduğu belirtilmiştir (Yasar ve ark 2010, 2011, 2013, 2014, 2016).

Orijini tropikal ve subtropikal bölgeler olan çoğu bitkilerin gelişimi üşümeyle büyük oranda engelleniyor (Allen ve Ort, 2001). Dolayısıyla kökeni sıcak bölgelere dayanan bitkilerde üşümeye karşı soğuk toleransının geliştirilmesi oldukça önemli bir özellik olarak görülmektedir. Berry ve Brajkman, (1980), yüksek bitkilerin soğuk stresinden etkilenme mekanizmasının tam olarak bilinmemesine rağmen, bitkide ilk etkilenen olayın fotosentez olayı olduğunu bildirmişlerdir. Düşük sıcaklığın fotosentez üzerine olumsuz etkisi ışık yoğunluğuna bağlıdır. Bunun önemi de mekanizmanın zarar görme derecesi ile ortaya çıkar. Yüksek ışık yoğunluğu üşüme ile eş zamanlı olarak denendiğinde, Fotosistem II(PS II) şiddetli bir zarar görür ve bu şekilde bir stres, fotosentez de geri dönüşümü olmayan inhibisyona neden olur (Aro ve ark., 1993, Melis, 1999, Allen ve Ort, 2001, Yu ve ark., 2002). Termoflik bitkilerde fotosentetik performans çoğu zaman düşük sıcaklık ve düşük ışık intensitesi uygulamasıyla uyuma gösterir (Brüggemann ve Linger, 1994). Bu şartlar altında bitkinin yaşamsal faaliyetini etkileyen asıl konunun stomalarını kapatması ve karbon indirgeme döngüsünde rol oynayan belli başlı enzimlerden ribuloz 1,5- bifosfat carboksilaz aktivitelerinin azalmasıdır (Kingston-Smith ve ark., 1999, Allen ve ark., 2000). Bitkinin üşümeye karşı gösterdiği tepki genotipe ve yetiştirme şartlarına göre değişir (Dolstra ve ark., 1994; Smeets ve Wethner, 1997). Optimum sıcaklığın altında gelişen bitkiler doğal olarak üşümeye karşı daha toleranslı olurlar ve soğuktan dolayı oluşacak zararı daha hızlı telafi ederler (Venema ve ark., 2000). İklimsel değişikliğin etkisi soğuğa dayanıklı domates genotiplerinde Venema ve ark., (2000)'nın yaptıkları çalışmada çok daha iyi yansıtılmıştır. Brüggmann ve ark., (1999) nın belirttiğine göre düşük sıcaklıkta soğuğa dayanıklı domates genotiplerinin fotokimyasal oranları, soğuğa hassas genotiplerinkinden daha yüksek olduğunu bulmuşlar bunun sebebini ise daha geniş fotosentetik alıcılara sahip genotipler daha az elektron açığa çıkarırlar ve buna bağlı olarak reaktif oksijen türlerinin oluşumunu en aza indirirler. İşte bu durum soğuğa dayanıklı genotiplerin dayanıklı olmasının muhtemel bir sebebi olabilir. Yine yapılan çalışmalara göre, soğuğa karşı savunma sistemlerini hızlı harekete geçiren bitkiler üşümeden kaynaklanan fotooksidasyona karşı daha toleranttır. ve antioksidant miktarları daha fazla olur (Shen ve ark 1999b). Bir başka çalışmada, antioksidant

miktarları bakımından hassas ve tolerant genotipler arasındaki farklılıklar sadece üşümüş yapraklarda gözlenmiş (Brüggmann, ve ark., 1999, Shen ve ark 1999a, Shen, ve ark., 1999b). Bu sonuçlar gösteriyor ki, genotipik farklılıklardan kaynaklanan düşük sıcaklıklara olan tolerans farklılıkları üşüme olduktan sonra sadece yapraklarda gözlenebilir.

Günümüzde özellikle örtü altı yetiştiriciliği için kültür bitkilerinin üşümeye karşı toleranslı çeşitlerini geliştirme gereksinimi her geçen gün artmasına karşılık, bu konuda yapılan çalışmalar da ağırlık kazanmaktadır. Domates, hıyar ve biber gibi örtü altında turfanda yetiştiriciliği yapılan soğuğa karşı duyarlı olan türlerde bu durum çok büyük önem kazanmıştır.

Düşük sıcaklığa maruz kalma, dokuda Ca 'da geçici bir artışa neden olmaktadır (Puhakainen, 2004). Bu süreçte apoplasttan sitoplazma sıvısına Ca akışı meydana gelmektedir. Plasma membranlarında bulunan Ca kanalları sıcaklık düşüşüne karşı sensor görevi yaparlar. Düşük sıcaklığa maruz kalan bitkilerde hücre membran akışkanlığında bir azalma meydana geldiği ve bu durum soğuk uyarımlı genlerin çalışması için bir sinyal özelliği taşıdığı yapılan çalışmalarda saptanmıştır. Hücreler arası Ca artışının yoncada, düşük sıcaklığa tepki gösteren genlerin çalışmasını uyarmada gerekli olduğu belirlenmiştir (Smallwood ve Bowles, 2002).

Yiğit ve Gülerüz (1995), Kütahya vişnesinde potasyum sülfat gübrelemesinin soğuğa dayanım üzerindeki etkilerini incelediği çalışmada, potasyumun bitkilerdeki dayanıklılığı karbonhidrat metabolizmasını etkileyerek arttırdığı, uygun dozlarda uygulanan K'lu gübrelerin bitki dokusunda şeker birikimini ve osmotik basıncı artırmak suretiyle donma noktasını daha düşük sıcaklıklara çektiğini belirlemiştir.

Guy et al. (1992) ıspanakta 5°C'de sakaroz sintaz aktivitesindeki artışın soğuk uygulanan dokulardaki sakaroz içeriğindeki artışla uyumlu olduğunu belirlemiştir. Bu enzimlerin birikimi düşük sıcaklıklara tepki ve/veya adaptasyonunun sonucu olmakta fakat, dona dayanım için gerekli olmamaktadır.

Chaplin ve Scott, (1980) Avakado meyvelerine düşük sıcaklıklarda depolamadan önce Ca uygulayarak avakado meyvelerinin üşüme zararına karşı olan hassasiyetlerini azalttığını göstermişlerdir. Bitkiler tarafından geri dönüşümlü (reversible=elastik) veya geri dönüşümsüz (irreversible=plastik) cevaplar oluşturan stres etkenleri, suyun yaşama ortamında kıt olması (fiziksel kuraklık) veya donma ve mineral eksikliği ya da fazlalığı

nedeniyle (Greenway ve Munns, 1980) bitki tarafından yeteri kadar alınmamasından (fizyolojik kuraklık) kaynaklanabilir.

Rylski (1973)'nin biberde yaptığı çalışmada, çıkış ve çiçeklenme arasındaki sürenin hava ve toprak sıcaklığının düşmesiyle arttığını, düşük sıcaklıkta büyüyen bitkilerin ilk çiçeklenmeden önceki yaprak sayısının yüksek sıcaklıklarda büyüyen bitkilerden daha fazla veya ona yakın olduğunu bildirmektedir. Araştırmacı 17 °C'lik bir toprak sıcaklığının normal büyüme sağlarken, 10 °C'lik toprak sıcaklığının büyüme hızını yavaşlattığını, yine toprak sıcaklığının artmasıyla büyüme oranının ve toplam bitki ağırlığının arttığını, ancak kök gelişiminin 30 °C ve daha yüksek toprak sıcaklığında engellendiğini vurgulamaktadır.

Fide döneminde en fazla büyümenin (bitki kuru ağırlığı ve yaprak alanı olarak) 28 °C ve 33.5 klx'te olduğu ancak düşük gece sıcaklığında (13 ve 18 °C) ise kök ve yaprak kuru ağırlığının toplam bitki kuru ağırlığına katkısının ve bitki N, P ve K içeriğinin en fazla olduğunu belirlemişlerdir.

Bugün varlığı hemen hemen tüm canlı organizmalarda kanıtlanan bir molekül olan melatonin (N-acetyl-5-methoxytryptamine), ilk olarak 1958 yılında sığır beyin üstü bezinden izole edilen bir indol amindir (Lerner ve ark., 1958).

İlk olarak omurgalı hayvanlarda keşfedildiği için melatonin yıllarca sadece hayvanlara özgü bir düzenleyici veya hormon olarak kabul edilmiştir (Reiter, 1991). Bu görüş, 1995 yılında iki araştırmacı grubunun birbirlerinden bağımsız olarak melatoninin bitkilerde özellikle tahıllarda, meyvelerde ve sebzelerde varlığını keşfetmeleriyle değişmiştir (Dubbels ve ark., 1995; Hattori ve ark., 1995)

Daha sonra bu molekül hakkındaki araştırmalar artarak sürmüş ve melatoninin bakterilerde, alglerde, bazı yüksek bitki, omurgasız ve omurgalı birçok hayvan türlerinde de varlığı kanıtlanmıştır (Arnao, 2014; Posmyk ve Janas, 2009; Reiter ve ark., 2015).

Bitkilerde bulunan melatonin miktarı sadece türden türe farklılık göstermekle kalmaz, aynı zamanda aynı türün içerisindeki genotipler veya çeşitler arasında veya aynı genotip bireylerinin farklı büyüme evreleri içinde de farklılık gösterir (Dubbels ve ark., 1995; Hattori ve ark., 1995; Posmyk ve Janas, 2009). Örneğin, yeşil domates meyvelerinde melatonin içeriği en düşük seviyede bulunduğu halde, olgun ve kırmızı renkli meyvelerde ise en yüksek seviyede bulunmuştur (Van Tessel ve ark., 2001).

Patates yumrusunda hiç melatonine rastlanmazken (Badria, 2002), en yüksek melatonin (>3700 ng g-1) Çin kökenli tıbbi bitkilerde ölçülmüştür (Chen ve ark., 2003). Bu bitkilerin yaşlanmayı geciktirici ve özellikle sinir sistemi bozuklukları gibi hastalıkları tedavi etmede kullanılması, melatoninin antioksidan özelliklerinden kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

Abiyotik stres koşulları altında yaşayan bitkilerde melatonin içeriğinin normale göre daha fazla olması yeterli içsel melatonin üretmeyen bitkilerde dışarıdan yapılan uygulamalar yoluyla da stres faktörlerine karşı toleransın artırılabilceği fikrini doğurmuştur. Örneğin, Li ve ark. (2012), köklere yapılan 0.1 µM melatonin uygulamasının tuz stresi altında yetiştirilen *Malus hupehensis* bitkisinde başta peroksidaz (POX) olmak üzere antioksidan enzimlerin aktivitelerinde artışlara neden olduğu ve bunun da hücre zarındaki hasarın azalmasına ve dolayısıyla da tuza karşı toleransın artmasında etkili olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde Xu (2010) yüksek sıcaklık stresi altında yetiştirilen hıyar fidelerine dışarıdan yaptığı melatonin uygulamaları sonrasında serbest radikallerin miktarında ve doku elektrik iletkenliğinde önemli düşüşler olduğunu buna karşılık süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT) ve POX gibi enzimatik ve askorbat ve glutathion gibi enzimatik olmayan antioksidanların aktivitelerinde önemli yükselişler olduğunu belirtmiştir.

Shi ve ark. (2015) dışarıdan yapılan melatonin uygulamaları sonrası düşük sıcaklık, kuraklık ve tuzluluk gibi çeşitli stres faktörlerine maruz kalmış bermuda çimi (*Cynodon dactylon*) bitkilerinde çok daha düşük miktarlarda serbest oksijen türevlerinin oluştuğunu ve dolayısıyla daha az hücre hasarının gerçekleştiği; ancak bitki ağırlığının, dokulardaki organik asit, şeker ve aminoasit miktarlarının arttığını ortaya koymuşlardır.

İki biber çeşidinin farklı organlarında ve farklı bitki büyüme evrelerinde melatoninin seviyesindeki değişimleri ortaya konmuş (Korkmaz ve ark., 2014) ve melatonin uygulamalarının biber tohumlarının düşük sıcaklıkta çimlenme ve fide çıkışlarını arttırmada etkili olduğu belirlenmiştir (Korkmaz ve ark., 2016).



### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Araştırma Yerinin Tanımı

Bu çalışma, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bitki Fizyoloji Laboratuvarında yer alan normal atmosferin sağlandığı split klimalı iklim odasında gerçekleştirilmiştir.

##### 3.1.2. Deneme Materyali

Çalışmada bitkisel materyal olarak, United Genetics firmasından temin edilen ve üretimde ticari olarak tercih edilen Beith F1 hibrit hıyar tohum çeşidi kullanılmıştır.

Firma kataloğundan elde edilen bilgilere göre bu çeşit; Erkenci Hibrit Sofralık hıyar çeşitidir. Meyve silindirik 16-17 cm uzunluğundadır. Meyve rengi koyu yeşil, meyve kalitesi yüksektir. Nakliye ve depolamaya dayanıklıdır. Güçlü bitki yapısına sahiptir (Anonim,2019).



Şekil 3.1. Çalışmada kullanılan tohumların ekiminden bir görünüm.

### 3.2. Yöntem

Deneme, normal atmosferin sağlandığı split klimalı iklim odasında yapılmıştır. Hıyar tohumları, 3:1 oranında torf+perlit doldurulmuş viyol kaplarına (alt yüzeyleri fazla suyun süzülmesi için 0.5 cm çapında toplam 1 adet deliğe sahip) ekilip sulanmıştır. Torf+perlit iyice ıslandıktan ve sulama suyunun fazlası süzülükten sonra viyoller,  $25\pm 1^{\circ}\text{C}$  sıcaklık %70 neme sahip iklim odasına yerleştirilerek, üzerleri nemli bez parçasıyla örtülüp kaplar düzenli olarak kontrol edilmiş ve yetiştirme harcı kurumayacak şekilde azar azar saf su ile sulanmaya devam edilmiştir.



Şekil.3.2. Çalışmanın kurulma aşamasından ve bitkilerin gelişim aşamalarından genel görünüm.



Hıyar fideleri iki gerçek yaprağa sahip olduklarında 100 ppm (N'a göre) dozunda olacak şekilde NPK (20+20+20+İZ) gübresi uygulanmıştır. 3-4 gerçek yaprağa sahip olan fidelere üşüme uygulamaları yapılmıştır. Üşüme uygulanan fideler için 0, 1, 10, 20, 30 ve 40  $\mu\text{M}$  melatonin içeren saf (distile) su bitkilerin yapraklarına püskürtülmüştür. Püskürtme suyuna 0.5 mL L<sup>-1</sup> oranında Tween-20 olarak ilave edilmiştir. Melatonin uygulaması iklim odasının gece (karanlık) zamanına denk gelecek şekilde yapılmıştır. Melatonin uygulamasından 1 tam gün sonra bitkilerin yarısı iklim dolabında 15 gün süre ile üşüme stresine maruz bırakılarak, diğer yarısı ise iklim odasında normal koşullarda (25/20 °C) tutulmuştur. Stresten önce ve sonra bitkiler sulanmıştır. Üşüme stresine maruz kalan bitkiler 15 gün süreyle 12 saat boyunca  $5 \pm 1$  °C (karanlık) ve 12 saat boyunca da  $10 \pm 1$  °C'ye (şiddeti:  $225 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) inkübatörde tutulduktan sonra örnekler alınmıştır.



Şekil 3.3. Melatoninin hazırlanması ve püskürtülerek fidelere uygulanması.



Şekil 3.4. Melatonin uygulaması yapılan hıyar fidelerinin üşüme uygulaması için inkübatör cihazına yerleştirilmesi.



### 3.2.1. Bitki Örneklerindeki Fiziksel Ölçümler

#### 3.2.1.1. Bitki yaş kök ağırlığı (g)

Her bitkinin yaş kök ağırlığı kök boğazından kesilip kökler hassas bir şekilde yetiştirme ortamından ayrılmıştır. Çıkarılan kökler musluk suyunda yıkanarak temizlenmiştir. Köklerin fazla suyu süzildükten sonra hassas terazide tartılıp kaydedilmiştir(Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Bitki yaş kök ağırlığının tartılması.

#### 3.2.1.2. Bitki gövde ağırlığı

Bitkilerden alınan gövdeler 0.1 g hassasiyetteki terazide tartılarak belirlenmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Gövde ağırlığının ölçümü.

### 3.2.1.3. Bitki yaprak ağırlığı (g)

Bitkilerin yaprakları 0.1 g hassasiyetteki terazide tartılarak belirlenmiştir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Yaprak ağırlığının ölçümü

### 3.2.1.4. Bitki gövde boyu (cm)

Bitki boyu cetvel ile ölçülüp cm olarak belirtilmiştir. (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Bitki boyu ölçümü.

### 3.2.1.5. Bitki gövde çapı (cm)

Bitkinin toprak üstü aksamının çapı kumpas ile ölçülmüştür (Şekil 3.9.).



Şekil 3.9. Gövde çapının ölçümü.

### 3.2.1.6. Yaprak sayısı (adet)

Hasat edilen bitkilerin yaprakları teker teker sayılarak adet olarak belirlenmiştir (Şekil.3.10)



Şekil 3.10. Bitki yapraklarının sayımı.

### 3.2.1.7. 1-5 Skalası ile Değerlendirme

Bitkilerde morfolojik olarak ortaya çıkan zararlanmanın derecesini ortaya koyabilmek için bir skala oluşturulmuştur. Bunun için Korkmaz (2002)'in belirttiği zararlanma derecesine göre bitkilere 1-5 arasında puana göre verilmiştir.

Üşüme stresi denemesinde hıyar bitkilerine aşağıda belirtilen semptomlara göre 1'den 5'e kadar puan verilmiştir.

- 1: Bitkilerin üşüme stresinden hiç etkilenmemesi (kontrol bitkileri)
- 2: Yapraklarda lokal sararma ve kıvrılma ve %5 den daha az nekrotik lekelenmeler
- 3: Yapraklarda sararma ve % 25 oranında nekrotik lekelenmeler
- 4: Yapraklarda % 50-75 oranında nekrotik leke göstermesi (fakat bitkinin canlılığı sürdürmesi)
- 5: Yapraklarda % 90-100 oranında şiddetli nekrozlar bitkinin tümünde görülmesi, tümüyle ölmesi.



Şekil 3.11. Bitkilerde morfolojik olarak ortaya çıkan zararlanmanın derecesini ortaya koyabilmek için skalaya tabi tutulan bitkilerden bir görünüm.



### 3.2.2. Bitki Örneklerinin Besin Maddesi İçeriği

#### 3.2.2.1. Mineral Element Analizi

Bitkilerin kök ve yaprak kısımlarından alınan bitki örnekleri  $-84^{\circ}\text{C}$ 'deki derin dondurucuda saklanmıştır. İyon analizleri için derin dondurucuda saklanan her bir kök, gövde ve yaprak örneğinden yaş yakma metoduna göre 200 mg tartılıp, üzerine 10 ml 0,1 N  $\text{HNO}_3$  (Nitrik asit) ilave edilerek bir hafta süreyle kapaklı plastik kutularda oda sıcaklığında karanlık ortamda bekletilen örnekler, bu sürenin sonunda çalkalayıcıda 24 saat süreyle çalkalanmıştır. K, Ca, Fe, Zn, Cu, Mn ve Mg içerikleri ise, Kacar (1994)'e göre Atomik Absorbsiyon cihazında okunmuştur. Bu ölçümler sonunda, yaş kök ve yaprak örneğindeki iyon miktarı  $\mu\text{g}/\text{mg}$  taze ağırlık olarak belirlenmiştir (Taleisnik ve ark., 1997).



Şekil 3.12. Mineral elementi analizi için süzük hazırlama aşaması.

#### 3.2.3. Klorofil Analizi ve SPAD (klorofilmetre) Değerleri

Bitkilerin dış kısımlarından içeriye doğru olan yapraklarından ikinci yaprak analiz için alınarak,  $-84^{\circ}\text{C}$ 'deki derin dondurucuda analiz yapılncaya kadar saklanmıştır. Dondurulmuş olan kök ve yaprak örneklerinden 200 mg alınarak, % 80'lik etanol içerisine, yaş yaprak örneğindeki toplam klorofil miktarı aşağıdaki formül kullanılarak  $\mu\text{g}/\text{mg}$  taze konularak  $80^{\circ}\text{C}$ 'deki su banyosunda 20 dakika süreyle bekletildikten sonra 654 nm'de absorbans değerleri spektrofotometrik olarak okunmuştur (Şekil 3.13) (Luna ve ark., 2000). Bu ölçümler sonunda ağırlık olarak belirtilmiştir.

Toplam klorofil=Absorbans değerleri x 1000/39.8 x örnek miktarı.

Çalışmada bitkilerin dış yapraklarının üst yüzeyindeki farklı noktalardan, damar bölgelerine gelmeyecek şekilde SPAD metre ile (Minolta SPAD 502) her bir bitkiye üçer okuma yapılmış ve değerlerin ortalaması alınarak tek bir değer olarak kaydedilmiştir.



Şekil 3.13.Klorofil analizi a. dondurulmuş örneklerin tartılarak etil alkol ile karıştırılması, b.örneklerin su banyosunda bekletilmesi, c.örneklerin cihaza yerleştirilmesi, d.sonuçların okunması.



Şekil 3. 14. SPAD ölçümünün yapılması.

### 3.2.4. Renk Değeri

Çalışmada bitkilerin dış yapraklarının üst yüzeyindeki farklı noktalardan, yaprak renginde meydana gelen değişimler Minolta CR-400 (Minolta Camera Co, LTD Ramsey, NJ) marka renk ölçer kromametre ile tespit edilmiştir(Şekil 3.15), (Batu ve ark. 1997).  $L^*$  değeri; rengin parlaklığında meydana gelen değişimleri,  $a^*$  değeri; yeşilden kırmızıya,  $b^*$  değeri ise; maviden sarıya renk değişimini göstermektedir.  $b^*$ 'nin negative değerleri mavi rengi, pozitif değerleri sarı rengi;  $a^*$ 'nın pozitif değerleri kırmızı rengi, negative değerleri ise yeşil rengi göstermektedir (Şekil 3.15). Rengin temel bileşenlerini belirleyen hue değeri ise aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Zorlugenç ve Fenercioğlu, 2012).  $Hue = H = \arctan ( b/a)$



Şekil 3.15. Bitkilerin renk ölçer yardımıyla renk analizlerinin yapılması.

### 3.2.5. Lipid peroksidasyonu

Hücre zarlarının hasar görmesi olarak adlandırılabilen lipid peroksidasyonunun bir ürünü olan malonedialdehit (MDA) miktarının belirlenmesi için Lutts ve ark. (1996), tarafından bildirilen yöntem izlenmiştir. Bu yöntemde göre; bir önceki bölümde klorofil analizi için bitki örneği alınması ve derin dondurucuda saklanmasına kadar yapılan tüm işlemler aynen kullanılarak hazırlanmış yaprak örneklerinden, 200 mg tartılarak alınmıştır. Bunun üzerine 5 ml % 0.1'lik trikloroasetik asit (TCA) ilave edilip, bu karışım 12500 rpm devir hızında 20 dakika süreyle santrifüj edilmiştir. 5 ml'lik ekstraktan 3 ml süpernatant alınıp; bunun üzerine içinde % 20 tiobarbitirik asit (TBA) bulunan 3 ml % 0.1'lik TCA ilave edilmiştir. Karışım 95 °C'deki sıcak su banyosunda 30 dakika bekletilip, bunun ardından spektrofotometrede A532 ve A600 nm'de absorbans değerleri okunmuştur.





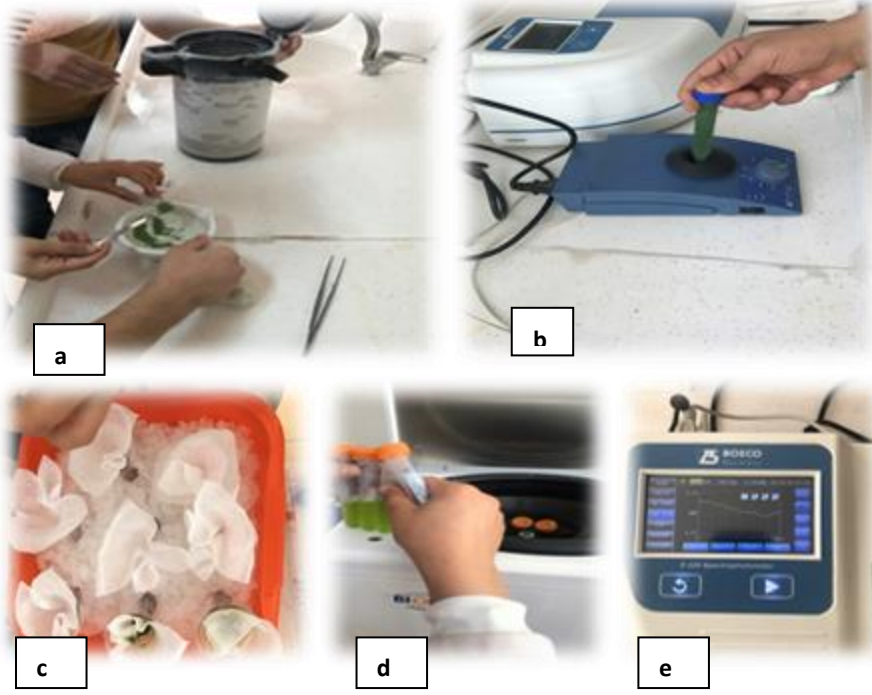
Şekil 3.16. MDA analizlerinin yapılması aşaması.

### 3.2.6. Antioksidant Enzim Aktiviteleri

Üşüme stresi ile bitkilerde oluşan enzim aktivitelerindeki değişimi incelemek için 1 gr taze ezilmemiş yaprak örneği sıvı azot içerisinde porselen havanlarda ezildikten sonra, içine 0.1 mM Na-EDTA bulunan 50 mM, 10 ml. lik fosfat tampon çözeltisi (pH:7.6) ile homojenize edilmiştir. Homojenize edilen örnekler 15 dk 15000 g'da santrifüj edildikten sonra elde edilen santrifügantlar enzim analizlerinde kullanılmıştır.

Enzim aktivitelerinin belirleneceği örnekler, ölçüm yapılıncaya kadar +4°C sıcaklıkta tutulması amacıyla kar içinde tutulmuştur. Ölçümler spektrofotometrede gerçekleştirilmiştir. Superoksit dismutaz (SOD) aktivitesi, NBT'nin (nitro blue tetrazolium kloridin) ışık altında  $O_2^-$  tarafından indirgenmesi yöntemine göre, askorbat peroksidaz (APX) aktivitesi, 290 nm'de ( $E=2.8 \text{ mM cm}^{-1}$ ) askorbatın oksidasyonu,

katalaz aktivitesi (CAT),  $H_2O_2$  nin 240 nm'de ( $E=39.4mM\text{ cm}^{-1}$ ) parçalanma oranı esas alınarak yapılmıştır (Çakmak ve Marschner,1992; Çakmak,1994).



Şekil 3.17. Spektrofotometrik Enzim Aktiviteleri analizlerinin yapılması (a: örneğin sıvı azotta öğütülmesi, b:buffer eklenen örneklerin vortexte bir dakika boyunca karıştırılması c: örneğin süzülme ve kar içinde bekletilmesi, d: süzölmüş örneklerin santrifüj edilmesi, e: spektrofotometrede okumanın yapılması ).

### 3.2.7. İstatiksel Analizler

Çalışmanın sonucunda elde edilen verilerin değerlendirilmesi için Statgraphics istatistik analiz paket programında varyans analizine tabi tutulmuştur. İstatistiksel olarak önemli bulunan deneme konuları %5 önem seviyesinde Duncan testi ile gruplandırılmıştır.



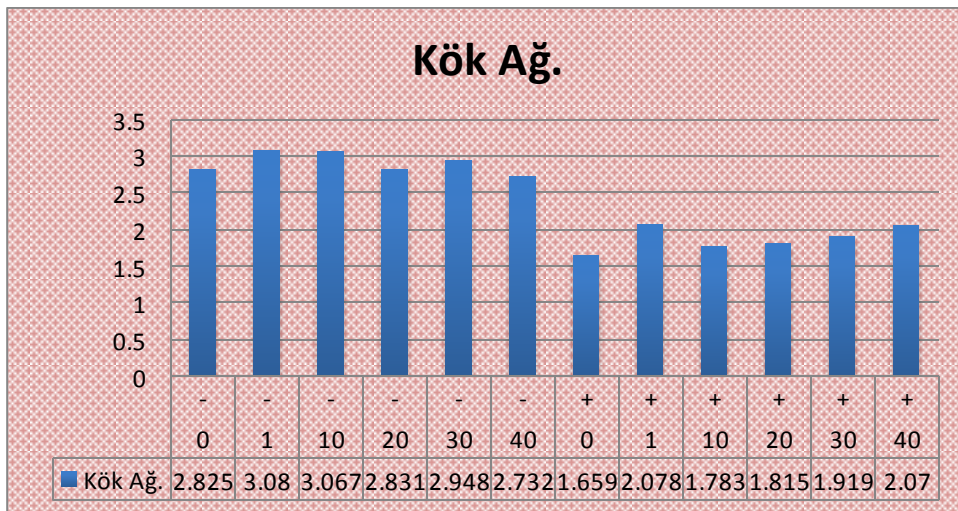
## 4. BULGULAR

### 4.1. Bitki Gelişim Kriterleri

Farklı dozlarda yapraktan yapılan melatonin uygulamalarının optimum koşullar ve üşüme stresi altındaki hıyar fidelerinin gelişme parametreleri üzerine etkileri Çizelge 4.1 de verilmiştir. Her bir kriter için yapılan ölçümlerden elde edilen verilerin sunulmasının devamında tartışma ve sonuçları verilmiştir.

#### 4.1.1. Bitki yaş kök ağırlığı

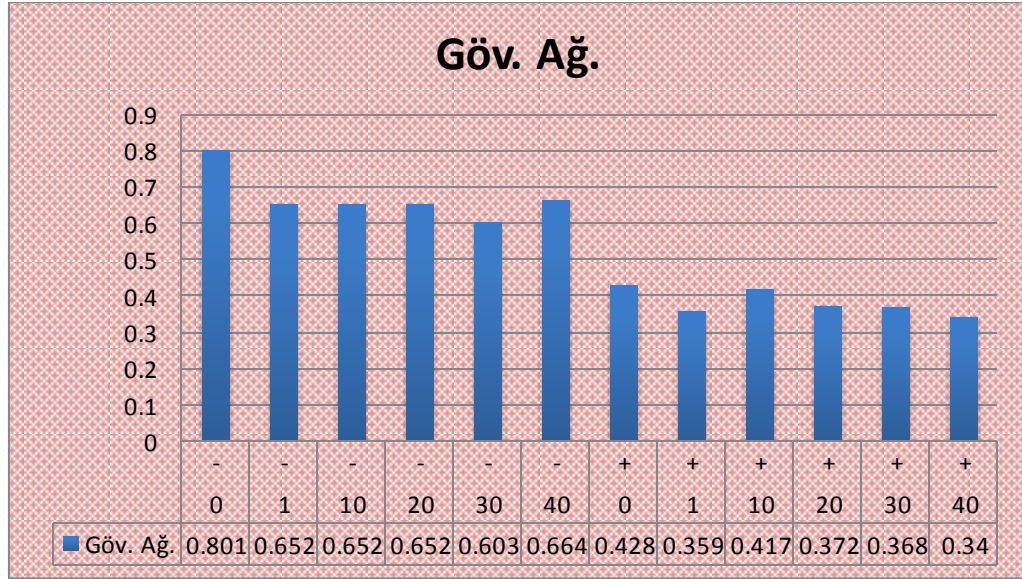
Üşüme stresi uygulanmayan kontrol bitkilerine artan dozlarda uygulanan melatonin fidelerin kök ağırlıklarında istatistiki bir farklılık yaratmamıştır. Yine üşüme stresine maruz bırakılan fidelede artan konsantrasyonlarda uygulanan melatonin bitkilerin kök gelişimine önemli bir etkisi olmamıştır. Fakat optimal koşullar altında yetiştirilen fideler ile üşüme stresine maruz bırakılan fidelerin kök ağırlıkları karşılaştırıldığında istatistiki olarak önemli farklılıkların olduğu gözlenmiştir. Melatonin uygulamalarının kök gelişimi üzerine önemli bir etkisi olmamıştır (Çizelge 4.1, Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Hıyar fidelerine yapılan melatonin uygulamalarının bitki kök ağırlığı üzerine etkileri

#### 4.1.2. Bitki gövde ağırlığı

Üşüme stresi uygulanmayan kontrol bitkilerine artan dozlarda uygulanan melatonin fidelerin gövde ağırlıklarında istatistiki bir farklılık yaratmamıştır. En yüksek gövde ağırlığı üşüme uygulanmayan fidelerde ölçülmüştür. Yine üşüme stresine maruz bırakılan fidelerde artan konsantrasyonlarda uygulanan melatonin bitkilerin gövde gelişimine önemli bir etkisi olmadığı gibi en düşük gövde ağırlığı 30  $\mu\text{M}$  ve 40  $\mu\text{M}$  melatonin uygulaması yapılmış bitkilerde ölçülmüştür. Fakat optimal koşullar altında yetiştirilen fideler ile üşüme stresine maruz bırakılan fidelerin gövde ağırlıkları karşılaştırıldığında istatistiki olarak önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Melatonin uygulamalarının gövde gelişimi üzerine önemli bir etkisi olmamıştır (Çizelge 4.1, Şekil 4.2).



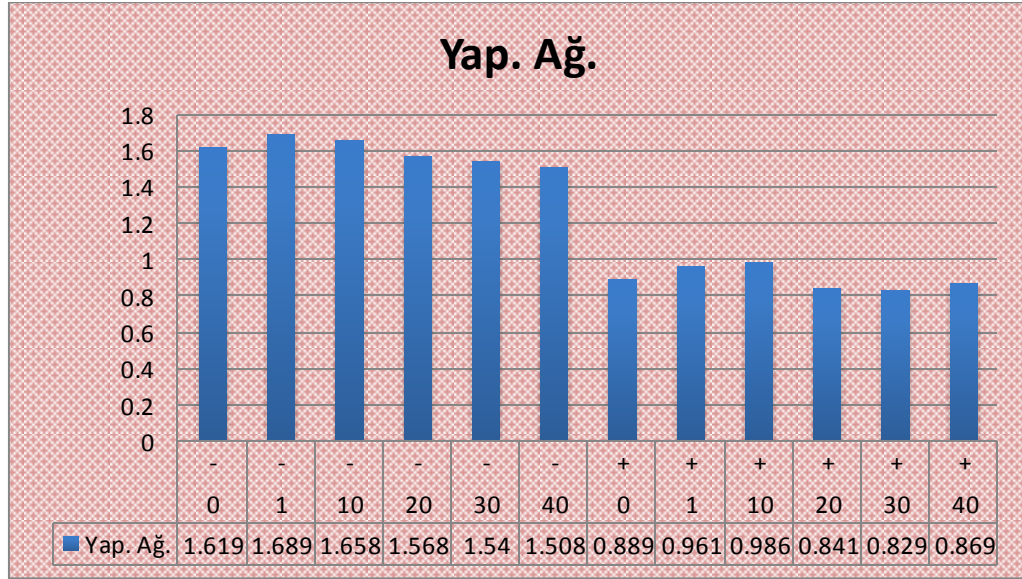
Şekil 4.2. Hıyar fidelerine yapılan melatonin uygulamalarının bitki gövde ağırlığı üzerine etkileri.

Çizelge 4.1. Farklı dozlarda uygulanan melatoninin optimal koşullar altında ve üşüme stresi altındaki hıyar fidelerinin gelişim parametreleri üzerine etkileri.

| Uygulama                 | Üşüme Stresi | Kök Ağ.       | Göv. Ağ.       | Yap. Ağ.        | Göv. Boy.      | Göv. Çapı     | Yap.Say      |
|--------------------------|--------------|---------------|----------------|-----------------|----------------|---------------|--------------|
| 0                        | -            | 2,825±0,577 A | 0,801±0,118 A  | 1,619±0,118 A-C | 5,686±0,781 A  | 3,434±0,419 A | 3,1±0,316 A  |
| 1                        | -            | 3,080±0,307 A | 0,652±0,101 B  | 1,689±0,159 A   | 4,615±0,414 C  | 3,468±0,305 A | 3,2±0,421 A  |
| 10                       | -            | 3,067±0,721 A | 0,655±0,065 B  | 1,658±0,131 AB  | 4,900±0,520 BC | 3,314±0,310 A | 3,0±0,0 A    |
| 20                       | -            | 2,831±0,459 A | 0,652±0,063 B  | 1,568±0,164 BD  | 4,619±0,501 C  | 3,464±0,316 A | 3,1±0,316 A  |
| 30                       | -            | 2,948±0,429 A | 0,603±0,035 B  | 1,540±0,074 CD  | 4,240±0,309 CD | 3,012±0,263 A | 3,0±0,0 A    |
| 40                       | -            | 2,732±0,567 A | 0,664±0,058 B  | 1,508±0,095 D   | 4,700±0,402 BC | 2,914±0,246 A | 3,0±0,0 A    |
| 0                        | +            | 1,659±0,349 B | 0,428±0,073 C  | 0,889±0,106 EF  | 5,082±0,292 B  | 2,891±0,254 B | 2,4±0,516 B  |
| 1                        | +            | 2,078±0,384 B | 0,359±0,044 CD | 0,961±0,081 E   | 4,316±0,489 CD | 3,032±0,217 B | 2,3±0,483 BC |
| 10                       | +            | 1,783±0,321 B | 0,417±0,156 CD | 0,986±0,093 E   | 4,385±0,403 CD | 2,870±0,255 B | 2,3±0,483 BC |
| 20                       | +            | 1,815±0,395 B | 0,372±0,058 CD | 0,841±0,062 F   | 4,109±0,488 DE | 2,811±0,257 B | 2,1±316 BC   |
| 30                       | +            | 1,919±0,253 B | 0,368±0,037 CD | 0,829±0,063 F   | 3,708±0,460 EF | 3,012±0,263B  | 2,0±0,0 C    |
| 40                       | +            | 2,070±0,487 B | 0,340±0,045 D  | 0,869±0,084 EF  | 3,631±0,397 F  | 2,914±0,246 B | 2,0±0,0 C    |
| P değ. <sub>(0,05)</sub> |              | 0,0000        | 0,0000         | 0,0000          | 0,0000         | 0,0000        | 0,0000       |

#### 4.1.3. Bitki yaprak ağırlığı

Üşüme stresi uygulanmayan kontrol bitkilerine artan dozlarda uygulanan melatonin fidelerin yaprak ağırlıklarında istatistiki bir farklılık yaratmamıştır. En yüksek yaprak ağırlığı üşüme uygulanmayan fidelerde ölçülmüştür. Yine üşüme stresine maruz bırakılan fidelerde sırasıyla 30  $\mu\text{M}$  ve 20  $\mu\text{M}$  melatonin uygulaması yapılan bitkilerin en düşük yaprak ağırlığına sahip olduğu bunlarda 40  $\mu\text{M}$  melatonin uygulamasının takip ettiği belirlenmiştir. Fakat optimal koşullar altında yetiştirilen fideler ile üşüme stresine maruz bırakılan fidelerin yaprak ağırlıkları karşılaştırıldığında istatistiki olarak önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Melatonin uygulamalarının yaprak gelişimi üzerine önemli bir etkisi olmamıştır (Çizelge 4.1, Şekil 4.3).

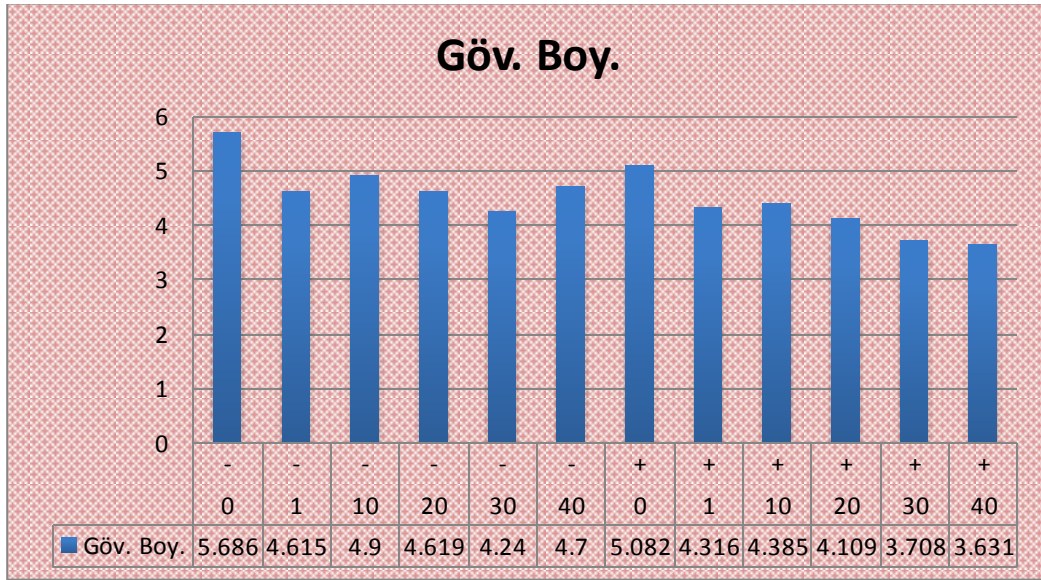


Şekil 4.3. Hıyar fidelerine yapılan melatonin uygulamalarının bitki yaprak ağırlığı üzerine etkileri

#### 4.1.4. Bitki gövde boyu

Şekil 4.4' de görüldüğü gibi üşüme stresi uygulanmayan kontrol bitkilerine artan dozlarda uygulanan melatonin fidelerin gövde boyunda istatistiki bir farklılık yaratmıştır. Üşüme uygulanmayan fidelerde en yüksek gövde boyu melatonin uygulanmayan (0  $\mu\text{M}$ ) bitkilerde ölçülmüştür. Aynı şekilde üşüme stresine maruz

bırakılan fidelerde en yüksek gövde boyu melatonin uygulanmayan (0  $\mu\text{M}$ ) bitkilerde ölçülmüştür. Üşüme stresine maruz bırakılan fidelerde sırasıyla 40  $\mu\text{M}$  ve 30  $\mu\text{M}$  melatonin uygulaması yapılan bitkilerin en düşük gövde boyuna sahip olduğu belirlenmiştir. Optimal koşullar altında yetiştirilen fideler ile üşüme stresine maruz bırakılan fidelerin gövde boyunda karşılaştırıldığında istatistiki olarak önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Melatonin uygulamalarının gövde boyu üzerine 0.dozlarda önemli etkisi olmuştur (Çizelge 4.1).



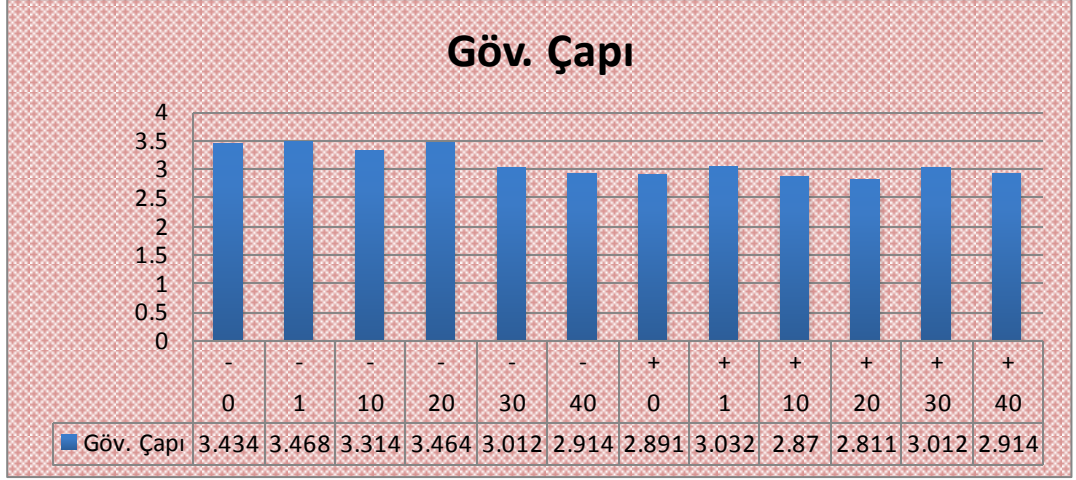
Şekil 4.4. Hıyar fidelerine yapılan melatonin uygulamalarının bitki gövde boyu üzerine etkileri

#### 4.1.5. Bitki gövde çapı

Üşüme stresi uygulanmayan kontrol bitkilerine artan dozlarda uygulanan melatonin fidelerin gövde çapına etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Yine üşüme stresine maruz bırakılan fidelerde artan konsantrasyonlarda uygulanan melatonin bitkilerin gövde çapının gelişimine önemli bir etkisi olmamıştır. Ayrıca optimal koşullar altında yetiştirilen fideler ile üşüme stresine maruz bırakılan fidelerin gövde çapları karşılaştırıldığında farklılıkların istatistiki olarak önemli olduğu belirlenmiştir.



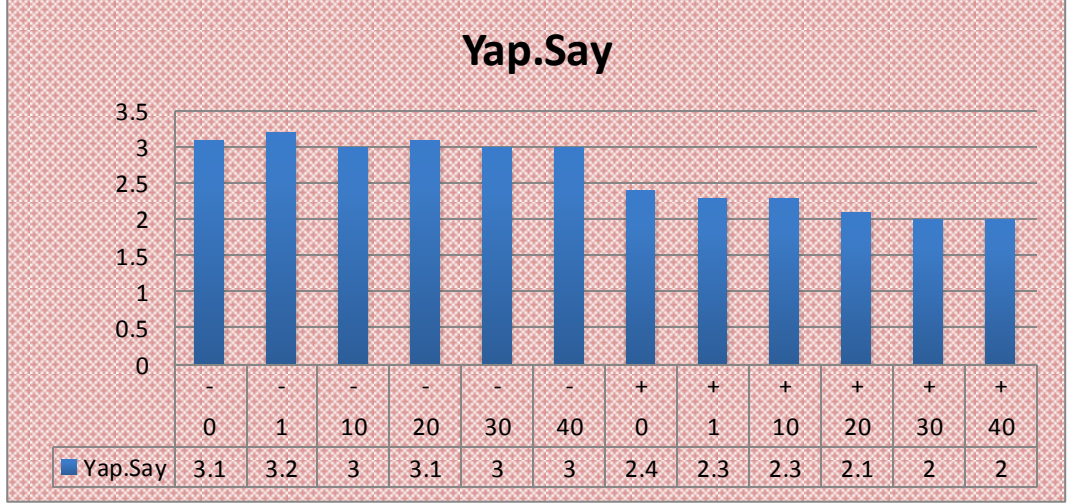
Melatonin uygulamalarının fidelerin gövde çapı üzerine önemli bir etkisi olmamıştır (Çizelge 4.1, Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Hıyar fidelerine yapılan melatonin uygulamalarının bitki gövde çapı üzerine etkileri.

#### 4.1.6. Bitki yaprak sayısı

Üşüme stresi uygulanmayan kontrol bitkilerine artan dozlarda uygulanan melatonin fidelerin yaprak sayısında istatistiki bir farklılık yaratmamıştır. En fazla yaprak sayısı üşüme uygulanmayan fidelerde ölçülmüştür. Yine üşüme stresine maruz bırakılan fidelerde artan konsantrasyonlarda uygulanan melatonin bu grup içindeki bitkilerin yaprak sayısına önemli bir etkisi olmamıştır. Üşüme stresine maruz bırakılan fidelerde 30  $\mu$ M ve 40  $\mu$ M melatonin uygulaması yapılan bitkilerin en düşük yaprak sayısına sahip olduğu belirlenmiştir. Optimal koşullar altında yetiştirilen fideler ile üşüme stresine maruz bırakılan fidelerin yaprak sayısı karşılaştırıldığında ise istatistiki olarak önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Melatonin uygulamalarının yaprak sayısı üzerine önemli bir etkisi olmamıştır (Çizelge 4.1, Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Hıyar fidelerine yapılan melatonin uygulamalarının bitki yaprak sayısı üzerine etkileri

#### 4.1.7. 1-5 Skalası ile Değerlendirme

Bitkilerde morfolojik olarak ortaya çıkan zararlanmanın derecesini ortaya koymak amacıyla yapılan skala oluşturma yönteminde belirtildiği şekilde fidelere 1 ile 5'e kadar puan verilmiştir.

Çizelge 4.2. Hıyar fidelere yapılan melatonin uygulamalarının görsel hasar indeksi olan skala değerleri üzerine etkileri

| Uygulama                 | Üşüme Stresi | skala değeri* |
|--------------------------|--------------|---------------|
| 0                        | -            | 1.0 g         |
| 1                        | -            | 1.0 g         |
| 10                       | -            | 1.0 g         |
| 20                       | -            | 1.0 g         |
| 30                       | -            | 1.0 g         |
| 40                       | -            | 1.0 g         |
| 0                        | +            | 3.25 a        |
| 1                        | +            | 3.16 b        |
| 10                       | +            | 2.97 c        |
| 20                       | +            | 2.95 d        |
| 30                       | +            | 2.83 e        |
| 40                       | +            | 2.75 f        |
| P değ. <sub>(0,05)</sub> |              | 0.000         |

\*Skala değeri, 1: etkilenmemiş, 2:hafif, 3: orta, 4:şiddetli, 5:ölü

Skala değerlerine bakıldığında üşüme stresinden en az etkilenen bitkilerin üşüme+40 uygulamasında olduğu görülmektedir. Bunu sırasıyla üşüme+30, üşüme+20, üşüme+10 uygulamaları izlemektedir. Morfolojik olarak en fazla zararlanma gören uygulama ise üşüme+0 uygulamasıdır (Çizelge.4.2).

## 4.2. İyon miktarlarının ölçülmesi

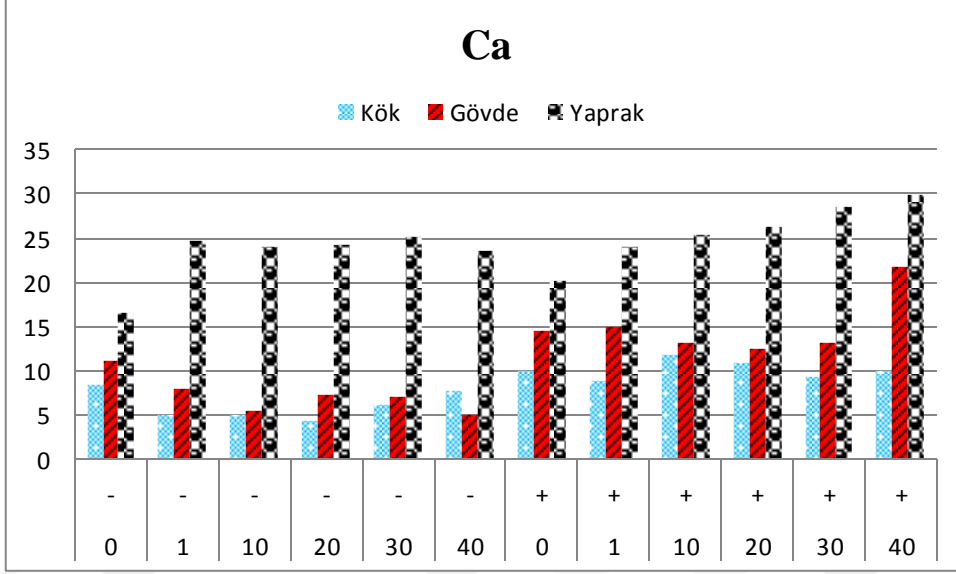
### 4.2.1. Kök, gövde ve yapraklarda Ca iyonu oranında meydana gelen değişimler

Çizelge 4.3.'da hıyar fidelerine yapılan farklı dozlarda melatonin uygulamalarının bitkilerin kök, gövde ve yapraklarındaki değişimleri ile bitkilerin toplam Ca miktarları verilmiştir.

Çizelge 4.3. Hıyar fidelerine yapılan melatonin uygulamalarının kök, gövde, yapraklarda ve toplam Ca iyonu miktarında meydana gelen değişimler

| Uygulama                        | Üşüme Stresi | Kök                          | Gövde                       | Yaprak                        | P değ. | Toplam Ca iyonu  |
|---------------------------------|--------------|------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--------|------------------|
| 0                               | -            | 8,54±0,48 E a <sup>z</sup>   | 11,15±0,28 D a <sup>y</sup> | 16,71±0,54 H b <sup>x</sup>   | 0,000  | 36,49±0,64 F b   |
| 1                               | -            | 4,99±0,56 H d e <sup>z</sup> | 7,96±0,08 E b <sup>y</sup>  | 24,83±0,83 EF ab <sup>x</sup> | 0,000  | 37,78±0,57 EF ab |
| 10                              | -            | 5,10±0,18 H d <sup>y</sup>   | 5,64±0,38 F c <sup>y</sup>  | 24,17±0,37 EF ab <sup>x</sup> | 0,000  | 34,91±0,60 G c   |
| 20                              | -            | 4,38±0,32 H e <sup>z</sup>   | 7,28±0,1 E b <sup>y</sup>   | 24,30±0,84 EF ab <sup>x</sup> | 0,000  | 35,96±0,52 G bc  |
| 30                              | -            | 6,19±0,23 G c <sup>y</sup>   | 7,14±0,70 E b <sup>y</sup>  | 25,23±0,65 CD a <sup>x</sup>  | 0,000  | 38,51±0,48 E a   |
| 40                              | -            | 7,70±0,13 F b <sup>y</sup>   | 5,13±1,19 F c <sup>z</sup>  | 23,60±0,74 F ab <sup>x</sup>  | 0,000  | 36,43±0,30 F b   |
| P değ.                          |              | 0,0000                       | 0,0000                      | 0,0000                        |        | 0,0000           |
| 0                               | +            | 10,09±0,52 C bc <sup>z</sup> | 14,63±0,58 B b <sup>y</sup> | 20,29±0,43 G e <sup>x</sup>   | 0,000  | 45,02±0,71 D e   |
| 1                               | +            | 8,83±0,28 DE d <sup>z</sup>  | 15,10±0,17 B b <sup>y</sup> | 24,92±0,44 EF d <sup>x</sup>  | 0,000  | 47,96±0,71 C d   |
| 10                              | +            | 11,88±0,32 A a <sup>z</sup>  | 13,16±0,63 C c <sup>y</sup> | 25,57±0,43 CD c <sup>x</sup>  | 0,000  | 50,62±0,86 BC bc |
| 20                              | +            | 10,88±0,49 B b <sup>z</sup>  | 12,48±0,05 C c <sup>y</sup> | 26,37±0,85 C c <sup>x</sup>   | 0,000  | 49,74±1,10 BC c  |
| 30                              | +            | 9,45±0,48 CD cd <sup>z</sup> | 13,16±0,63 C c <sup>y</sup> | 28,52±1,08 B b <sup>x</sup>   | 0,000  | 51,14±1,28 B b   |
| 40                              | +            | 10,03±0,90 C bc <sup>z</sup> | 21,76±0,36 A a <sup>y</sup> | 30,02±0,44 A a <sup>x</sup>   | 0,000  | 61,82±1,03 A a   |
| P değ.                          |              | 0,0003                       | 0,0000                      | 0,0000                        |        | 0,0000           |
| T.U.İ. P değ. <sub>(0,05)</sub> |              | 0,0000                       | 0,0000                      | 0,0000                        |        | 0,0000           |

Aynı sütunda farklı büyük harf alan (tüm uygulamalar) ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). Aynı sütunda farklı küçük harf alan (kontrol ve üşüme uygulanmış) ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). Aynı satırdaki <sup>x</sup>, <sup>y</sup> ve <sup>z</sup> harfleri alan (organlar) ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ( $p \leq 0.05$ ) Uyg: Uygulama, TUIP değ.: Tüm uygulamalar için P değeri,-: Optimal koşullar (Üşüme stresi yok),+ Üşüme stresi uygulanmış.



Şekil 4.7. Kök, gövde ve yapraklarda Ca iyonu oranında meydana gelen değişimler

Optimal koşullar altında yetiştirilen fideler ile üşüme stresine maruz bırakılan fidelerin kök, gövde ve yapraklarındaki Ca miktarında istatistiki olarak önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Üşüme stresi uygulanmış bitkilerin kök, gövde ve yapraklarındaki Ca miktarlarında optimal koşullarda yetişen (kontrol) bitkilere göre önemli artışların olduğu belirlenmiştir. Üşüme stresine maruz bırakılan fidelerin köklerinde en düşük Ca miktarı 1  $\mu\text{M}$  melatonin uygulaması yapılmış bitkilerde ölçülmüş olup, en yüksek kök Ca miktarı ise 10  $\mu\text{M}$  melatonin uygulanmış fidelede belirlenmiştir. Üşüme stresine maruz bırakılan fidelerin gövdelerinde en yüksek Ca miktarı ise 40  $\mu\text{M}$  melatonin uygulanmış fidelede belirlenmiştir. Üşüme stresine maruz bırakılan fidelerin yapraklarındaki Ca miktarı uygulanan melatonin dozlarının artışına paralel olarak artmış ve en yüksek yaprak Ca miktarı ise 40  $\mu\text{M}$  melatonin uygulanmış fidelede belirlenmiştir.

Optimal koşullar altında yetiştirilen fideler ile üşüme stresine maruz bırakılan fidelerin toplam Ca miktarı bakımından karşılaştırıldığında; bitkilerin toplam Ca miktarında istatistiki olarak önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Üşüme stresi uygulanmış bitkilerin toplam Ca miktarlarında optimal koşullarda yetişen (kontrol) bitkilere göre önemli artışların olduğu belirlenmiştir.

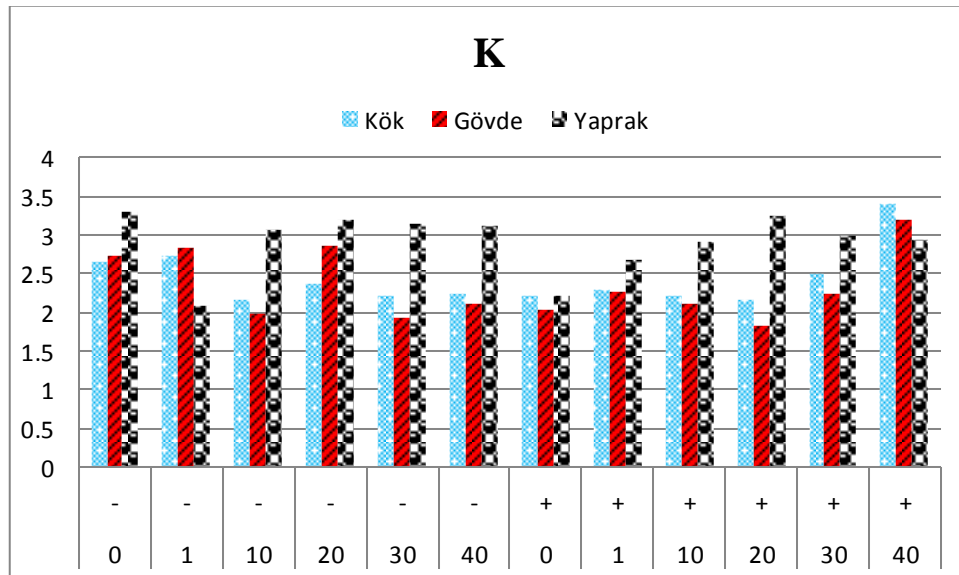
#### 4.2.2. Kök, gövde ve yapraklarda K iyonu miktarında meydana gelen değişimler

Çizelge 4.4. 'da hıyar fidelerine yapılan farklı dozlarda melatonin uygulamalarının bitkilerin kök, gövde ve yapraklarındaki değişimleri ile bitkilerin toplam potasyum miktarları verilmiştir.

Çizelge 4.4. Hıyar fidelerine yapılan melatonin uygulamalarının kök, gövde, yapraklarda ve toplam K iyonu miktarında meydana gelen değişimler

| Uygulama                        | Üşüme Stresi | Kök                          | Gövde                        | Yaprak                      | P değ. | Toplam iyon     |
|---------------------------------|--------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|--------|-----------------|
| 0                               | -            | 2,64±0,60 BC ab <sup>x</sup> | 2,72±0,48 B a <sup>x</sup>   | 3,29±0,03 A a <sup>x</sup>  | 0,1505 | 8,66±0,50 B a   |
| 1                               | -            | 2,74±0,08 B a <sup>x</sup>   | 2,83±0,05 B a <sup>x</sup>   | 2,09±0,08 AB b <sup>y</sup> | 0,0028 | 7,68±0,05 CD bc |
| 10                              | -            | 2,17±0,04 D b <sup>y</sup>   | 1,98±0,15 CD b <sup>y</sup>  | 3,06±0,72 A a <sup>x</sup>  | 0,0000 | 7,22±0,71 BC c  |
| 20                              | -            | 2,36±0,04 CD ab <sup>y</sup> | 2,86±0,08 AB a <sup>xy</sup> | 3,20±0,46 A a <sup>x</sup>  | 0,0000 | 8,43±0,49 D ab  |
| 30                              | -            | 2,20±0,01 D b <sup>y</sup>   | 1,93±0,02 CD b <sup>y</sup>  | 3,13±0,59 A a <sup>x</sup>  | 0,0056 | 7,26±0,60 D c   |
| 40                              | -            | 2,23±0,01 D b <sup>y</sup>   | 2,12±0,42 CD b <sup>y</sup>  | 3,11±0,46 A a <sup>x</sup>  | 0,0917 | 7,48±0,42 D c   |
| P değ.                          |              | 0,0625                       | 0,0018                       | 0,0767                      |        | 0,0175          |
| 0                               | +            | 2,21±0,18 D c <sup>x</sup>   | 2,02±0,04 CD c <sup>x</sup>  | 2,60±0,02 AB c <sup>x</sup> | 0,2389 | 6,44±0,20 B c   |
| 1                               | +            | 2,29±0,06 CD bc <sup>y</sup> | 2,27±0,14 C b <sup>y</sup>   | 2,68±0,00 AB b <sup>x</sup> | 0,0000 | 7,26±0,20 AB b  |
| 10                              | +            | 2,22±0,09 D c <sup>y</sup>   | 2,12±0,01 CD bc <sup>y</sup> | 2,91±0,09 A ab <sup>x</sup> | 0,0451 | 7,26±0,03 A b   |
| 20                              | +            | 2,15±0,15 D c <sup>y</sup>   | 1,83±0,04 D d <sup>z</sup>   | 3,24±0,06 A a <sup>x</sup>  | 0,0270 | 7,23±0,25 A b   |
| 30                              | +            | 2,49±0,05 B-D b <sup>y</sup> | 2,23±0,09 C b <sup>y</sup>   | 3,00±0,29 A ab <sup>x</sup> | 0,0119 | 7,74±0,31 A b   |
| 40                              | +            | 3,41±0,22 A a <sup>x</sup>   | 3,19±0,09 A a <sup>xy</sup>  | 2,93±0,29 A ab <sup>y</sup> | 0,0295 | 9,54±0,59 A a   |
| P değ.                          |              | 0,0000                       | 0,0000                       | 0,0003                      |        | 0,0000          |
| T.U.İ. P değ. <sub>(0,05)</sub> |              | 0,0000                       | 0,0000                       | 0,0040                      |        | 0,0000          |

Aynı sütunda farklı büyük harf alan (tüm uygulamalar) ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). Aynı sütunda farklı küçük harf alan (kontrol ve üşüme uygulanmış) ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). Aynı satırdaki <sup>x</sup>, <sup>y</sup> ve <sup>z</sup> harfleri alan (organlar) ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ( $p \leq 0.05$ ) Uyg: Uygulama, TUIP değ.: Tüm uygulamalar için P değeri, -: Optimal koşullar (Üşüme stresi yok), + Üşüme stresi uygulanmış.



Şekil 4.8. Kök, gövde ve yapraklarda K iyonu miktarında meydana gelen değişimler

Optimal koşullar altında yetiştirilen fideler ile üşüme stresine maruz bırakılan fidelerin köklerinde ve gövdelerinde K miktarında istatistiki olarak önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Üşüme stresi uygulanmış bitkilerin kök ve gövde kısımlarındaki kısımlardaki K miktarlarında optimal koşullarda yetişen (kontrol) bitkilere göre önemli farklılıkların olmadığı (0, 1, 10, 20, 30  $\mu\text{M}$ ) belirlenmiştir. Üşüme stresine maruz bırakılan fidelerin köklerinde en düşük K miktarı 10  $\mu\text{M}$  melatonin uygulaması yapılmış bitkilerde gövdede 20  $\mu\text{M}$  melatonin uygulanmış bitkilerde ölçülmüştür. Bu gruptaki bitkilerin kök ve gövde K miktarlarında 40  $\mu\text{M}$  melatonin uygulanmış fidelerde en yüksek miktarda belirlenmiştir.

Optimal koşullar altında yetiştirilen fideler ile üşüme stresine maruz bırakılan fidelerin yapraklarında K miktarında istatistiki olarak önemli farklılıkların olmadığı belirlenmiştir. Üşüme stresine maruz kalan bitkilerin yaprak kısımlarında en düşük K miktarı 0  $\mu\text{M}$  melatonin uygulamalarında ölçülmüştür. Bu gruptaki bitkilerin yaprak K miktarlarında 40  $\mu\text{M}$  melatonin uygulanmış fidelerde en yüksek miktarda belirlenmiştir.

Optimal koşullar altında yetiştirilen fideler ile üşüme stresine maruz bırakılan fidelerin toplam K miktarı bakımından karşılaştırıldığında; stres ve normal koşullardaki melatonin uygulamasında bitkilerin toplam K miktarında istatistiki olarak önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Üşüme stresi uygulanmış bitkilerin toplam K miktarlarında optimal koşullarda yetişen (kontrol) bitkilere göre önemli artışların olduğu ve özellikle 40  $\mu\text{M}$  melatonin uygulanmış fidelerde en yüksek miktarda olduğu belirlenmiştir.

#### **4.2.3. Kök, gövde ve yapraklarda Mg iyonu miktarında meydana gelen değişimler**

Çizelge 4.5.'da hıyar fidelerine yapılan farklı dozlarda melatonin uygulamalarının bitkilerin kök, gövde ve yapraklarındaki değişimleri ile bitkilerin toplam Mg miktarları verilmiştir.

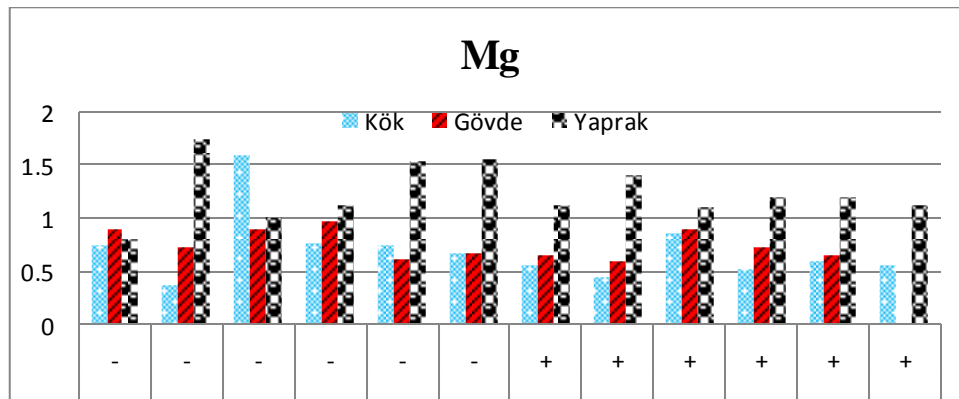
Optimal koşullar altında yetiştirilen fideler ile üşüme stresine maruz bırakılan fidelerin yapraklarında Mg miktarında istatistiki olarak önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Üşüme stresi uygulanmış bitkilerin kök kısımlarındaki Mg miktarlarında optimal koşullarda yetişen (kontrol) bitkilere göre önemli düşüşlerin olduğu belirlenmiştir. Üşüme stresi uygulanmayan kontrol bitkilerine artan dozlarda uygulanan

melatonin fidelerin kök kısımlarındaki Mg miktarlarında istatistiki bir farklılık yaratmıştır. Bu gruptaki 20  $\mu$ M Melatonin uygulanan bitkilerin köklerinde en yüksek Mg miktarı ölçülmüştür. Üşüme stresine maruz bırakılan fidelerin köklerinde ise en düşük Mg miktarı 10  $\mu$ M melatonin uygulaması yapılmış bitkilerde ölçülmüştür. . Bu gruptaki bitkilerin kök Mg miktarlarında 40  $\mu$ M melatonin uygulanmış fidelede en yüksek miktarda belirlenmiştir.

Çizelge 4.5. Hıyar fidelerine yapılan melatonin uygulamalarının kök, gövde, yapraklarda ve toplam Mg iyonu miktarında meydana gelen değişimler

| Uyg .                          | Üşüme Stresi | Kök                           | Gövde                         | Yaprak                      | P değ. | Toplam iyon    |
|--------------------------------|--------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------|----------------|
| 0                              | -            | 0,74±0,34 BC b <sup>x</sup>   | 0,89±0,01 A a <sup>x</sup>    | 0,80±0,12 D c <sup>x</sup>  | 0,001  | 2,45±0,43 C b  |
| 1                              | -            | 0,37±0,01 E c <sup>z</sup>    | 0,72±0,07 B b <sup>y</sup>    | 1,74±0,11 A a <sup>x</sup>  | 0,001  | 2,85±0,11 B b  |
| 10                             | -            | 1,60±0,14 A a <sup>x</sup>    | 0,90±0,02 A a <sup>y</sup>    | 1,01±0,01 C bc <sup>y</sup> | 0,002  | 3,52±0,12 A a  |
| 20                             | -            | 0,77±0,13 BC b <sup>y</sup>   | 0,98±0,08 A a <sup>x</sup>    | 1,13±0,05 C b <sup>x</sup>  | 0,003  | 2,89±0,06 B b  |
| 30                             | -            | 0,75±0,07 BC b <sup>y</sup>   | 0,61±0,05 CD b <sup>y</sup>   | 1,53±0,19 AB a <sup>x</sup> | 0,000  | 2,91±0,25 B b  |
| 40                             | -            | 0,67±0,10 B-D ab <sup>y</sup> | 0,67±0,07 BC b <sup>y</sup>   | 1,55±0,17 AB a <sup>x</sup> | 0,001  | 2,90±0,31 B b  |
| P değ.                         |              | 0,0000                        | 0,0001                        | 0,0000                      |        | 0,0071         |
| 0                              | +            | 0,56±0,07 C-E bc <sup>y</sup> | 0,66±0,07 B-D bc <sup>y</sup> | 1,12±0,05 C b <sup>x</sup>  | 0,699  | 2,35±0,08 C bc |
| 1                              | +            | 0,45±0,03 DE c <sup>y</sup>   | 0,60±0,02 CD c <sup>y</sup>   | 1,41±0,20 B a <sup>x</sup>  | 0,000  | 2,47±0,15 C b  |
| 10                             | +            | 0,86±0,00 B a <sup>y</sup>    | 0,90±0,04 A a <sup>y</sup>    | 1,10±0,03 C b <sup>x</sup>  | 0,001  | 2,88±0,01 B a  |
| 20                             | +            | 0,53±0,09 C-E bc <sup>z</sup> | 0,72±0,08 B b <sup>y</sup>    | 1,20±0,08 D b <sup>x</sup>  | 0,018  | 2,46±0,11 C b  |
| 30                             | +            | 0,59±0,02 C-E b <sup>y</sup>  | 0,66±0,05 B-D bc <sup>y</sup> | 1,19±0,08 C b <sup>x</sup>  | 0,002  | 2,45±0,11 C b  |
| 40                             | +            | 0,55±0,05 C-E bc <sup>y</sup> | 0,55±0,03 D c <sup>y</sup>    | 1,12±0,11 C b <sup>x</sup>  | 0,002  | 2,24±0,12 C c  |
| P değ.                         |              | 0,0000                        | 0,0001                        | 0,0484                      |        | 0,0003         |
| T.U.İ.P değ. <sub>(0,05)</sub> |              | 0,0000                        | 0,0000                        | 0,00000                     |        | 0,0000         |

Aynı sütunda farklı büyük harf alan (tüm uygulamalar) ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). Aynı sütunda farklı küçük harf alan (kontrol ve üşüme uygulanmış) ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). Aynı satırdaki <sup>x</sup>, <sup>y</sup> ve <sup>z</sup> harfleri alan (organlar) ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ( $p \leq 0.05$ ) Uyg: Uygulama, TUİP değ.: Tüm uygulamalar için P değeri,-: Optimal koşullar (Üşüme stresi yok),+ Üşüme stresi uygulanmış.



Şekil 4.9. Kök, gövde ve yapraklarda Mg iyonu miktarında meydana gelen değişimler

Optimal koşullar altında yetiştirilen fideler ile üşüme stresine maruz bırakılan fidelerin gövdelerinde Mg miktarında istatistiki olarak önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Üşüme stresi uygulanmış bitkilerin gövde kısımlarındaki Mg miktarlarında optimal koşullarda yetişen (kontrol) bitkilere göre kısmen düşüşlerin olduğu belirlenmiştir. Üşüme stresi uygulanmayan kontrol bitkilerine artan dozlarda uygulanan melatonin fidelerin gövde kısımlarındaki Mg miktarlarında istatistiki bir farklılık yaratmazken 30  $\mu\text{M}$  melatonin uygulanan bitkilerin gövdelerinde en düşük Mg miktarı ölçülmüştür. Aynı grupta melatonin diğer dozlarında istatistiksel bir fark oluşmamıştır. Yine üşüme stresine maruz kalan bitkilerin gövde kısımlarında en düşük Mg miktarı 40  $\mu\text{M}$  melatonin uygulamalarında ölçülmüştür. Bu gruptaki bitkilerin gövde Mg miktarlarında 20  $\mu\text{M}$  melatonin uygulanmış fidelede en yüksek miktarda belirlenmiştir. Optimal koşullar altında yetiştirilen fideler ile üşüme stresine maruz bırakılan fidelerin yapraklarında Mg miktarında istatistiki olarak önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir.

Üşüme stresi uygulanmış bitkilerin yaprak kısımlarındaki Mg miktarlarında optimal koşullarda yetişen (kontrol) bitkilere göre kısmen düşüşlerin olduğu belirlenmiştir. Üşüme stresi uygulanmayan kontrol bitkilerine artan dozlarda uygulanan melatonin fidelerin yaprak kısımlarındaki Mg miktarlarında istatistiki bir farklılık yaratmazken melatonin uygulanmayan (0  $\mu\text{M}$ ) bitkilerin yapraklarında en düşük Mg miktarı ölçülmüştür. Aynı grupta melatonin diğer dozlarında istatistiksel bir fark oluşmamıştır. Yine üşüme stresine maruz kalan bitkilerin yaprak kısımlarında 1  $\mu\text{M}$  ve 20  $\mu\text{M}$  melatonin uygulamaları dışında istatistiksel olarak bir değişiklik olmamıştır.

Optimal koşullar altında yetiştirilen fideler ile üşüme stresine maruz bırakılan fidelelere uygulanan melatonin dozları toplam Mg miktarı bakımından karşılaştırıldığında; stres ve normal koşullardaki melatonin uygulamasında bitkilerin toplam Mg miktarında istatistiki olarak önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Üşüme stresi uygulanmış bitkilerin toplam Mg miktarlarında optimal koşullarda yetişen (kontrol) bitkilere göre kısmen düşüşlerin olduğu belirlenmiştir.



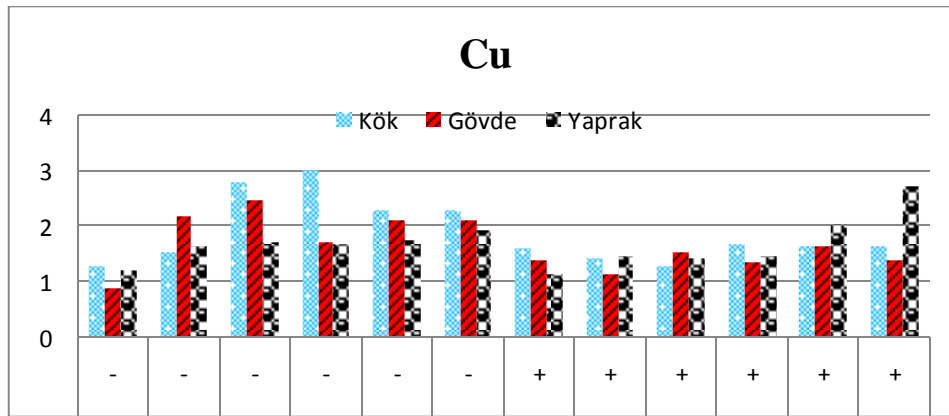
#### 4.2.4. Kök, gövde ve yapraklarda Cu iyonu miktarında meydana gelen değişimler

Çizelge 4.6. da hiyar fidelerine yapılan farklı dozlarda melatonin uygulamalarının bitkilerin kök, gövde ve yapraklarındaki değişimleri ile bitkilerin toplam bakır miktarları verilmiştir.

Çizelge 4.6. Hiyar fidelerine yapılan melatonin uygulamalarının kök, gövde, yapraklarda ve toplam Cu iyonu miktarında meydana gelen değişimler.

| Uyg                             | Üşüme Stresi | Kök                          | Gövde                         | Yaprak                       | P değ. | Toplam iyon      |
|---------------------------------|--------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|--------|------------------|
| 0                               | -            | 1,28±0,09 D c <sup>x</sup>   | 0,88±0,37 E b <sup>x</sup>    | 1,19±0,16 F-E b <sup>x</sup> | 0,071  | 3,36±0,49 E c    |
| 1                               | -            | 1,54±0,10 D c <sup>x</sup>   | 2,18±0,48 AB a <sup>x</sup>   | 1,65±0,29 B-E a <sup>x</sup> | 0,145  | 5,38±0,12 C-E c  |
| 10                              | -            | 2,78±0,15 AB ab <sup>x</sup> | 2,47±0,77 A a <sup>xy</sup>   | 1,71±0,31 B-D a <sup>y</sup> | 0,506  | 6,97±1,12 A bc   |
| 20                              | -            | 2,99±0,34 A a <sup>x</sup>   | 1,72±0,60 A-D ab <sup>y</sup> | 1,66±0,19 B-E a <sup>y</sup> | 0,495  | 6,38±1,03 AB bc  |
| 30                              | -            | 2,28±0,17 C b <sup>x</sup>   | 2,12±0,64 A-C a <sup>x</sup>  | 1,75±0,11 B-D a <sup>x</sup> | 0,112  | 6,15±0,33 A-D ab |
| 40                              | -            | 2,30±0,60 BC b <sup>x</sup>  | 2,09±0,43 A-C a <sup>x</sup>  | 1,93±0,12 BC a <sup>x</sup>  | 0,044  | 6,33±0,26 A-C a  |
| P değ.                          |              | 0,0001                       | 0,0611                        | 0,0244                       |        | 0,0045           |
| 0                               | +            | 1,21±0,07 D a <sup>x</sup>   | 1,09±0,08 DE ab <sup>xy</sup> | 1,12±0,34 F c <sup>y</sup>   | 0,180  | 3,42±0,30 E b    |
| 1                               | +            | 1,41±0,16 D a <sup>x</sup>   | 1,14±0,15 DE b <sup>x</sup>   | 1,47±0,24 C-F c <sup>x</sup> | 0,158  | 4,03±0,25 FG b   |
| 10                              | +            | 1,29±0,09 D a <sup>x</sup>   | 1,51±0,26 B-E a <sup>x</sup>  | 1,43±0,23 D-F c <sup>y</sup> | 0,068  | 4,24±0,32 FG b   |
| 20                              | +            | 1,67±0,40 D a <sup>x</sup>   | 1,33±0,14 C-E ab <sup>y</sup> | 1,45±0,26 C-F c <sup>y</sup> | 0,033  | 4,46±0,30 EF b   |
| 30                              | +            | 1,63±0,10 D a <sup>x</sup>   | 1,65±0,08 B-E a <sup>x</sup>  | 2,02±0,34 B b <sup>x</sup>   | 0,372  | 5,30±0,24 D-E a  |
| 40                              | +            | 1,63±0,42 D a <sup>y</sup>   | 1,37±0,22 B-E ab <sup>y</sup> | 2,70±0,24 A a <sup>x</sup>   | 0,614  | 5,71±0,36 B-D a  |
| P değ.                          |              | 0,4367                       | 0,0631                        | 0,0002                       |        | 0,0001           |
| T.U.İ. P değ. <sub>(0,05)</sub> |              | 0,0000                       | 0,0028                        | 0,0000                       |        | 0,0000           |

Aynı sütunda farklı büyük harf alan (tüm uygulamalar) ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). Aynı sütunda farklı küçük harf alan (kontrol ve üşüme uygulanmış) ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). Aynı satırdaki <sup>x</sup>, <sup>y</sup> ve <sup>z</sup> harfleri alan (organlar) ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ( $p \leq 0.05$ ) Uyg: Uygulama, TUIP değ.: Tüm uygulamalar için P değeri, -: Optimal koşullar (Üşüme stresi yok), + Üşüme stresi uygulanmış.



Şekil 4.10. Kök, gövde ve yapraklarda Cu iyonu miktarında meydana gelen değişimler

Optimal koşullar altında yetiştirilen fideler ile üşüme stresine maruz bırakılan fidelerin kök, gövde ve yapraklarında Cu miktarı bakımından istatistiki olarak önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Üşüme stresi uygulanmış bitkilerin kök kısımlarındaki Cu miktarlarında optimal koşullarda yetişen bitkilere göre önemli düşüşlerin olduğu belirlenmiştir. Üşüme stresi uygulanmayan kontrol bitkilerine artan dozlarda uygulanan melatonin fidelerin kök kısımlarındaki Cu miktarlarında istatistiki bir farklılık yaratmıştır. Bu gruptaki 20  $\mu\text{M}$  Melatonin uygulanan bitkilerin köklerinde en yüksek Cu miktarı ölçülmüştür. Üşüme stresine maruz bırakılan fidelerin köklerinde ise istatistiki olarak önemli farklılıkların olmadığı en düşük Cu miktarı 0  $\mu\text{M}$  melatonin uygulaması yapılmış bitkilerde ölçülmüştür.

Üşüme stresi uygulanmış bitkilerin gövde kısımlarındaki Cu miktarlarında optimal koşullarda yetişen (kontrol) bitkilere göre önemli düşüşlerin olduğu belirlenmiştir. Üşüme stresi uygulanmayan kontrol bitkilerine artan dozlarda uygulanan melatonin fidelerin gövde kısımlarındaki Cu miktarlarında istatistiki bir farklılık yaratmazken melatonin uygulanmayan (0  $\mu\text{M}$ ) bitkilerin gövdelerinde en düşük Cu miktarı ölçülmüştür. Üşüme stresine maruz kalan bitkilerin gövde Cu miktarlarında istatistiksel bir fark oluşmamıştır. Yine üşüme stresine maruz kalan bitkilerin gövde kısımlarında en düşük Cu miktarı 0  $\mu\text{M}$  melatonin uygulamalarında ölçülmüştür. Bu gruptaki bitkilerin gövde Cu miktarlarında 30  $\mu\text{M}$  melatonin uygulanmış fidelede en yüksek miktarda belirlenmiştir.

Optimal koşullarda yetişen (kontrol) ve 0, 1, 10, 20  $\mu\text{M}$  melatonin uygulanan bitkilerin yaprak kısımlarındaki Cu miktarlarında yine aynı doz melatonin ve üşüme stresi uygulanmış bitkilere göre önemli farklılığın olmadığı fakat 30, 40  $\mu\text{M}$  melatonin uygulanan bitkilerin yapraklarındaki Cu miktarının arttığı dikkati çekmektedir. Üşüme stresi uygulanmayan kontrol bitkilerine artan dozlarda uygulanan melatonin fidelerin yaprak kısımlarındaki Cu miktarlarında istatistiki bir farklılık yaratmazken melatonin uygulanmayan (0  $\mu\text{M}$ ) bitkilerin yapraklarında en düşük Cu miktarı ölçülmüştür. Aynı grupta melatonin diğer dozlarında istatistiksel bir fark oluşmamıştır. Bu gruptaki bitkilerin en yüksek yaprak Cu miktarlarında 40  $\mu\text{M}$  melatonin uygulanmış fidelede belirlenmiştir.

Optimal koşullar altında yetiştirilen fideler ile üşüme stresine maruz bırakılan fideler toplam Cu miktarı bakımından karşılaştırıldığında; bitkilerin toplam Cu

miktarında istatistiki olarak önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Üşüme stresi uygulanmış bitkilerin toplam Cu miktarlarında optimal koşullarda yetişen (kontrol) bitkilere göre önemli düşüşlerin olduğu belirlenmiştir.

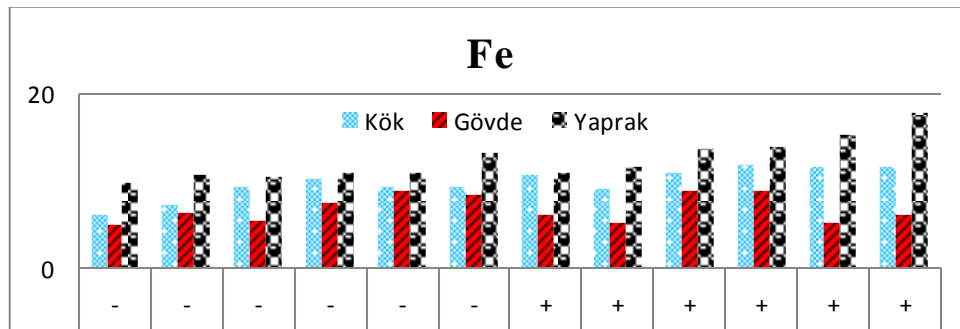
#### 4.2.5. Kök, gövde ve yapraklarda Fe iyonu miktarında meydana gelen değişimler

Çizelge 4.7.'da hıyar fidelerine yapılan farklı dozlarda melatonin uygulamalarının bitkilerin kök, gövde ve yapraklarındaki değişimleri ile bitkilerin toplam demir miktarları verilmiştir.

Çizelge 4.7. Hıyar fidelerine yapılan melatonin uygulamalarının kök, gövde, yapraklarda ve toplam Fe iyonu miktarında meydana gelen değişimler

| Uygulama                        | Üşüme Stresi | Kök                           | Gövde                          | Yaprak                       | P değ. | Toplam Fe iyonu  |
|---------------------------------|--------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--------|------------------|
| 0                               | -            | 6,12±0,73 E b <sup>y</sup>    | 4,94±0,5 C c <sup>z</sup>      | 9,77±0,24 E b <sup>x</sup>   | 0,002  | 20,83±0,86 G c   |
| 1                               | -            | 7,23±1,18 DE ab <sup>y</sup>  | 6,41±0,55 B-C a-c <sup>y</sup> | 10,57±0,26 D b <sup>x</sup>  | 0,003  | 24,22±1,84 F b   |
| 10                              | -            | 9,27±2,74 B-D ab <sup>x</sup> | 5,41±0,52 C bc <sup>y</sup>    | 10,39±0,26 DE b <sup>x</sup> | 0,044  | 25,07±2,00 EF b  |
| 20                              | -            | 10,27±2,18 A-C a <sup>x</sup> | 7,45±2,06 A-B ab <sup>x</sup>  | 10,97±0,81 DE b <sup>x</sup> | 0,002  | 28,70±2,53 DE a  |
| 30                              | -            | 9,26±1,00 B-D ab <sup>x</sup> | 8,87±1,81 A a <sup>x</sup>     | 10,89±0,75 DE b <sup>x</sup> | 0,000  | 29,03±1,63 DE a  |
| 40                              | -            | 9,25±0,79 B-D ab <sup>y</sup> | 8,29±1,35 A a <sup>y</sup>     | 13,21±1,81 C a <sup>x</sup>  | 0,000  | 30,76±0,56 CD a  |
| P değ.                          |              | 0,0708                        | 0,0173                         | 0,0085                       |        | 0,0001           |
| 0                               | +            | 10,63±0,89 A-C a <sup>x</sup> | 6,16±0,38 BC b <sup>y</sup>    | 10,84±0,57 DE c <sup>x</sup> | 0,001  | 27,63±0,87 EF c  |
| 1                               | +            | 9,03±0,94 C-D b <sup>y</sup>  | 5,16±0,94 C b <sup>z</sup>     | 11,55±0,55 DE c <sup>x</sup> | 0,013  | 25,74±2,08 C c   |
| 10                              | +            | 10,86±0,84 A-C a <sup>y</sup> | 8,89±0,92 A a <sup>y</sup>     | 13,71±1,37 BC b <sup>x</sup> | 0,217  | 33,47±1,26 AB ab |
| 20                              | +            | 11,81±0,39 A a <sup>y</sup>   | 8,80±0,48 A a <sup>z</sup>     | 13,95±0,92 BC b <sup>x</sup> | 0,129  | 34,56±1,20 AB a  |
| 30                              | +            | 11,59±0,34 AB a <sup>y</sup>  | 5,08±0,53 C b <sup>z</sup>     | 15,19±0,28 B b <sup>x</sup>  | 0,235  | 31,87±0,49 BC b  |
| 40                              | +            | 11,59±0,62 AB a <sup>y</sup>  | 6,04±1,07 BC b <sup>z</sup>    | 17,65±0,93 A a <sup>x</sup>  | 0,008  | 35,29±1,36 A a   |
| P değ.                          |              | 0,0044                        | 0,0001                         | 0,0000                       |        | 0,0000           |
| T.U.İ. P değ. <sub>(0,05)</sub> |              | 0,0000                        | 0,0000                         | 0,0000                       |        | 0,0000           |

Aynı sütunda farklı büyük harf alan (tüm uygulamalar) ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). Aynı sütunda farklı küçük harf alan (kontrol ve üşüme uygulanmış) ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). Aynı satırdaki <sup>x</sup>, <sup>y</sup> ve <sup>z</sup> harfleri alan (organlar) ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ( $p \leq 0.05$ ) Uyg: Uygulama, TUIP değ.: Tüm uygulamalar için P değeri, -: Optimal koşullar (Üşüme stresi yok), + Üşüme stresi uygulanmış.



Şekil 4.11. Kök, gövde ve yapraklarda Fe iyonu miktarında meydana gelen değişimler

Optimal koşullar altında yetiştirilen fideler ile üşüme stresine maruz bırakılan fidelerin köklerindeki Fe miktarında istatistiki olarak önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Üşüme stresi uygulanmış bitkilerin kök kısımlarındaki Fe miktarlarında optimal koşullarda yetişen melatonin uygulanmış bitkilere göre önemli artışların olduğu belirlenmiştir. Üşüme stresi uygulanmayan kontrol bitkilerine artan dozlarda uygulanan melatonin fidelerin kök kısımlarındaki Fe miktarlarında istatistiki bir farklılık yaratmıştır. Bu gruptaki 20  $\mu\text{M}$  Melatonin uygulanan bitkilerin köklerinde en yüksek Fe miktarı ölçülmüştür. Üşüme stresine maruz bırakılan fidelerin köklerinde ise istatistiki olarak önemli farklılıkların olmadığı en düşük Fe miktarı 9  $\mu\text{M}$  melatonin uygulaması yapılmış bitkilerde ölçülmüştür.

Optimal koşullar altında yetiştirilen fideler ile üşüme stresine maruz bırakılan fidelerin gövdelerinde Fe miktarında istatistiki olarak önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Üşüme stresi uygulanmış bitkilerin gövde kısımlarındaki Fe miktarlarında optimal koşullarda yetişen (kontrol) bitkilere göre 1, 30, 40  $\mu\text{M}$  melatonin uygulanmış fidelede düşüşlerin olduğu görülürken 0, 10, 20  $\mu\text{M}$  melatonin uygulamalarında kısmi artışların olduğu belirlenmiştir. Üşüme stresi uygulanmayan kontrol bitkilerine artan dozlarda uygulanan melatonin fidelerin gövde kısımlarındaki Fe miktarlarında istatistiki bir farklılık yaratmazken melatonin uygulanmayan (0  $\mu\text{M}$ ) bitkilerin gövdelerinde en düşük Fe miktarı ölçülmüştür. Üşüme stresine maruz kalan melatonin diğer dozlarında istatikselsel bir fark oluşmamıştır. Yine üşüme stresine maruz kalan bitkilerin gövde kısımlarında en düşük Fe miktarı 30  $\mu\text{M}$  melatonin uygulamalarında ölçülmüştür. Bu gruptaki bitkilerin gövde Fe miktarlarında 10  $\mu\text{M}$  melatonin uygulanmış fidelede en yüksek miktarda belirlenmiştir.

Optimal koşullar altında yetiştirilen fideler ile üşüme stresine maruz bırakılan fidelelere uygulanan melatonin dozları karşılaştırıldığında stres ve normal koşullardaki melatonin uygulamasında bitkilerin yapraklarındaki Fe miktarında istatistiki olarak önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Yine üşüme stresine maruz kalan bitkilerin yaprak kısımlarında en düşük Fe miktarı 0  $\mu\text{M}$  melatonin uygulamalarında ölçülmüştür. Bu gruptaki bitkilerin yaprak Fe miktarlarında 40  $\mu\text{M}$  melatonin uygulanmış fidelede en yüksek miktarda belirlenmiştir.

Optimal koşullar altında yetiştirilen fideler ile üşüme stresine maruz bırakılan fidelelere uygulanan melatonin dozları toplam Fe miktarı bakımından karşılaştırıldığında;

stres ve normal koşullardaki melatonin uygulamasında bitkilerin toplam Fe miktarında istatistiki olarak önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Üşüme stresi uygulanmış bitkilerin toplam Fe miktarlarında optimal koşullarda yetişen (kontrol) bitkilere göre önemli artışların olduğu belirlenmiştir.

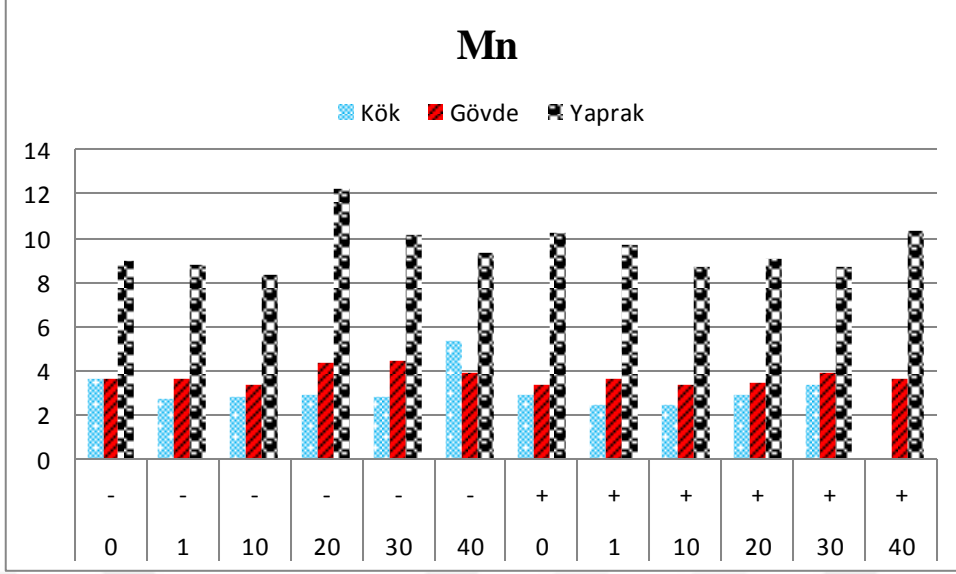
#### 4.2.6. Kök, gövde ve yapraklarda Mn iyonu miktarında meydana gelen değişimler

Çizelge 4.8. da hıyar fidelerine yapılan farklı dozlarda melatonin uygulamalarının bitkilerin kök, gövde ve yapraklarındaki değişimleri ile bitkilerin toplam bakır miktarları verilmiştir.

Çizelge 4.8. Hıyar fidelerine yapılan melatonin uygulamalarının kök, gövde, yapraklarda ve toplam Mn iyonu miktarında meydana gelen değişimler

| Uyg.                            | Üşüme Stresi | Kök                         | Gövde                         | Yaprak                        | P değ. | Toplam iyon       |
|---------------------------------|--------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------|-------------------|
| 0                               | -            | 3,69±1,20 AB a <sup>y</sup> | 3,68±0,58 BC ab <sup>y</sup>  | 9,02±2,07 B b <sup>x</sup>    | 0,000  | 16,40±2,88 A-C ab |
| 1                               | -            | 2,78±0,51 B a <sup>y</sup>  | 3,69±0,24 BC ab <sup>y</sup>  | 8,82±1,42 B b <sup>x</sup>    | 0,008  | 15,30±1,20 BC ab  |
| 10                              | -            | 2,87±3,37 B a <sup>y</sup>  | 3,43±0,17 C b <sup>y</sup>    | 8,35±1,36 B b <sup>x</sup>    | 0,000  | 14,65±1,49 B b    |
| 20                              | -            | 2,91±0,22 B a <sup>y</sup>  | 4,43±0,42 AB a <sup>y</sup>   | 12,3±2,67 A a <sup>x</sup>    | 0,001  | 19,64±2,44 A a    |
| 30                              | -            | 2,86±0,13 B a <sup>z</sup>  | 4,48±0,62 A a <sup>y</sup>    | 10,19±0,16 AB ab <sup>x</sup> | 0,013  | 17,54±0,5A-C ab   |
| 40                              | -            | 5,38±4,05 A a <sup>xy</sup> | 3,96±0,02 A-C ab <sup>y</sup> | 9,37±0,99 B ab <sup>x</sup>   | 0,000  | 18,71±3,42 AB ab  |
| P değ.                          |              | 0,4473                      | 0,0438                        | 0,1181                        |        | 0,1125            |
| 0                               | +            | 2,95±0,22 B a <sup>y</sup>  | 3,37±0,26 C a <sup>y</sup>    | 10,24±0,67 AB a <sup>x</sup>  | 0,055  | 16,57±0,52 A-C a  |
| 1                               | +            | 2,50±0,56 B a <sup>y</sup>  | 3,69±0,33 BC a <sup>y</sup>   | 9,72±2,03 AB a <sup>x</sup>   | 0,003  | 15,92±1,75 BC a   |
| 10                              | +            | 2,53±0,39 B a <sup>y</sup>  | 3,36±0,41 C a <sup>y</sup>    | 8,76±0,81 B a <sup>x</sup>    | 0,003  | 14,66±0,99 B a    |
| 20                              | +            | 2,98±0,47 B a <sup>y</sup>  | 3,48±0,45 C a <sup>y</sup>    | 9,09±0,98 B a <sup>x</sup>    | 0,007  | 15,56±1,31 BC a   |
| 30                              | +            | 3,42±0,93 AB a <sup>y</sup> | 3,93±0,24 A-C a <sup>y</sup>  | 8,73±1,48 B a <sup>x</sup>    | 0,000  | 16,08±2,02 BC a   |
| 40                              | +            | 2,73±0,32 B a <sup>y</sup>  | 3,66±0,62 BC a <sup>y</sup>   | 10,36±0,67 AB a <sup>x</sup>  | 0,067  | 16,76±0,85 A-C a  |
| P değ.                          |              | 0,3576                      | 0,5253                        | 0,4263                        |        | 0,4865            |
| T.U.İ. P değ. <sub>(0,05)</sub> |              | 0,4024                      | 0,0282                        | 0,1419                        |        | 0,0687            |

Aynı sütunda farklı büyük harf alan (tüm uygulamalar) ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). Aynı sütunda farklı küçük harf alan (kontrol ve üşüme uygulanmış) ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). Aynı satırdaki <sup>x</sup>, <sup>y</sup> ve <sup>z</sup> harfleri alan (organlar) ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ( $p \leq 0.05$ ) Uyg: Uygulama, TUIP değ.: Tüm uygulamalar için P değeri,-: Optimal koşullar (Üşüme stresi yok),+ Üşüme stresi uygulanmış



Şekil 4.12 Kök, gövde ve yapraklarda Mn iyonu miktarında meydana gelen değişimler

Optimal koşullar altında yetiştirilen fideler ile üşüme stresine maruz bırakılan fidelerin köklerindeki Mn miktarında (optimal koşullarda yetişen 40 µM melatonin uygulanan bitkiler hariç) istatistiki farklılıklar önemli bulunmamıştır. Üşüme stresi uygulanmış bitkilerin kök kısımlarındaki Mn miktarlarında optimal koşullarda yetişen (kontrol) bitkilere göre önemli farklılıkların olmadığı belirlenmiştir. Üşüme stresi uygulanmayan kontrol bitkilerine artan dozlarda uygulanan melatonin fidelerin kök kısımlarındaki Mn miktarlarında istatistiki bir farklılık yaratmamıştır. Bu gruptaki 40 µM Melatonin uygulanan bitkilerin köklerinde en yüksek Mn miktarı ölçülmüştür. Üşüme stresine maruz bırakılan fidelerin köklerinde ise en düşük Mn miktarı 1 µM melatonin uygulaması yapılmış bitkilerde ölçülmüştür. Bu gruptaki bitkilerin kök Mn miktarlarında 30 µM melatonin uygulanmış fidede en yüksek miktarda belirlenmiştir.

Optimal koşullar altında yetiştirilen fideler ile üşüme stresine maruz bırakılan fidelere gövdelerindeki Mn miktarında istatistiki olarak önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Üşüme stresi uygulanmış bitkilerin gövde kısımlarındaki Mn miktarlarında optimal koşullarda yetişen (kontrol) bitkilere göre önemli düşüşlerin olduğu fakat 1ve 10 µM doz uygulanan bitki gövdesinde bir değişiklik olmadığı belirlenmiştir. Üşüme stresi uygulanmayan kontrol bitkilerine artan dozlarda uygulanan melatonin fidelerin gövde kısımlarındaki Mn miktarlarında istatistiki bir farklılık yaratmazken, 10 µM melatonin uygulanan bitkilerin gövdelerinde en düşük Mn miktarı ölçülmüştür. Yine

üşüme stresine maruz kalan bitkilerin gövde kısımlarında artan dozlarda uygulanan melatonin fidelerin gövde kısımlarındaki Mn miktarlarında istatistiki bir farklılık yaratmazken en düşük Mn miktarı 1  $\mu\text{M}$  melatonin uygulamalarında, en yüksek Mn miktarı 30  $\mu\text{M}$  melatonin uygulanmış fidelerde belirlenmiştir.

Optimal koşullar altında yetiştirilen fideler ile üşüme stresine maruz bırakılan fidelerin yapraklarındaki Mn miktarında istatistiki olarak önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Optimal koşullarda yetişen (kontrol) ve 0, 1, 10 ve 40  $\mu\text{M}$  melatonin uygulanan bitkilerin yaprak kısımlarındaki Mn miktarlarında yine aynı dozlarda melatonin ve üşüme stresi uygulanmış bitkilere göre önemli düşüşlerin olduğu fakat 30, 20  $\mu\text{M}$  melatonin uygulanan bitkilerin yapraklarındaki Mn miktarının arttığı dikkati çekmektedir. Üşüme stresi uygulanmayan kontrol bitkilerine artan dozlarda uygulanan melatonin fidelerin yaprak kısımlarındaki Mn miktarlarında istatistiki bir farklılık yaratmazken 10  $\mu\text{M}$  bitkilerin gövdelerinde en düşük Mn miktarı ölçülmüştür. Aynı grupta melatonin diğer dozlarında istatikselsel bir fark oluşmamıştır. Yine üşüme stresine maruz kalan bitkilerin yaprak kısımlarında en düşük Mn miktarı 30  $\mu\text{M}$ , en yüksek Mn miktarı ise 40  $\mu\text{M}$  melatonin uygulanmış fidelerde belirlenmiş olup istatikselsel bir fark oluşmamıştır.

Optimal koşullar altında yetiştirilen fideler ile üşüme stresine maruz bırakılan fidelere uygulanan melatonin dozları toplam Mn miktarı bakımından karşılaştırıldığında; stres ve normal koşullardaki melatonin uygulamasında bitkilerin toplam Mn miktarında istatistiki olarak önemli farklılıkların olmadığı görülürken üşüme stresi uygulanan bitkilerden 20  $\mu\text{M}$  melatonin uygulamasındaki düşüş dikkat çekmektedir. Üşüme stresi uygulanmayan kontrol bitkilerine artan dozlarda uygulanan melatonin fidelerin toplam iyon Mn miktarında farklılıklar istatikselsel olarak önemli değildir.

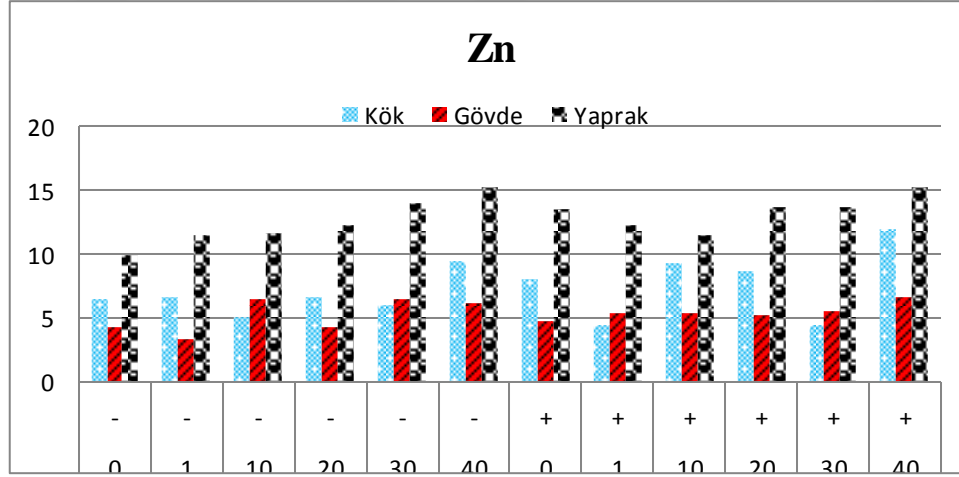
#### **4.2.7. Kök, gövde ve yapraklarda Zn iyonu miktarında meydana gelen değişimler**

Çizelge 4.10'da hıyar fidelerine yapılan farklı dozlarda melatonin uygulamalarının bitkilerin kök, gövde ve yapraklarındaki değişimleri ile bitkilerin toplam çinko miktarları verilmiştir.

Çizelge 4.9. Hıyar fidelerine yapılan melatonin uygulamalarının kök, gövde, yapraklarda ve toplam Zn iyonu miktarında meydana gelen değişimler

| Uyg.                | Üşüme Stresi | Kök                            | Gövde                        | Yaprak                         | P değ. | Toplam iyon      |
|---------------------|--------------|--------------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------|------------------|
| 0                   | -            | 6,45±1,91 BC ab <sup>y</sup>   | 5,25±0,65 AB ab <sup>y</sup> | 9,88±0,78 E c <sup>x</sup>     | 0,006  | 20,59±1,77 E b   |
| 1                   | -            | 6,61±2,07 BC ab <sup>x</sup>   | 6,39±1,62 AB b <sup>x</sup>  | 11,41±1,21 DE bc <sup>x</sup>  | 0,010  | 21,41±3,07 E b   |
| 10                  | -            | 5,08±0,42 C b <sup>y</sup>     | 6,62±2,15 A a <sup>y</sup>   | 11,50±1,35 C-E bc <sup>x</sup> | 0,019  | 23,18±1,63 DE bc |
| 20                  | -            | 6,54±2,09 BC ab <sup>y</sup>   | 6,25±0,90 AB ab <sup>y</sup> | 12,23±0,43 BD b <sup>x</sup>   | 0,004  | 23,03±0,79 DE bc |
| 30                  | -            | 6,03±0,67 BC ab <sup>y</sup>   | 6,41±0,75 AB a <sup>y</sup>  | 14,02±0,66 AB a <sup>x</sup>   | 0,002  | 26,47±1,47 BD ab |
| 40                  | -            | 9,41±3,61 AB a <sup>y</sup>    | 6,12±0,39 AB a <sup>y</sup>  | 15,29±1,16 A a <sup>x</sup>    | 0,008  | 30,74±4,79 BC a  |
| P değ.              |              | 0,2769                         | 0,0338                       | 0,0003                         |        | 0,0045           |
| 0                   | +            | 7,96±0,81 BC b <sup>y</sup>    | 4,80±0,67 A-C b <sup>z</sup> | 13,47±2,02 A-D ab <sup>x</sup> | 0,044  | 26,24±1,81 CD b  |
| 1                   | +            | 9,44±1,94 AB ab <sup>y</sup>   | 5,41±0,32 AB b <sup>z</sup>  | 12,33±0,20 B-D b <sup>x</sup>  | 0,605  | 27,19±2,28 B-D b |
| 10                  | +            | 9,23±1,09 AB ab <sup>x</sup>   | 5,38±0,78 AB b <sup>y</sup>  | 11,57±1,48 C-E b <sup>x</sup>  | 0,041  | 26,12±2,26 CD b  |
| 20                  | +            | 8,67±1,45 AB b <sup>y</sup>    | 5,21±0,89 AB b <sup>z</sup>  | 13,59±1,21 A-D ab <sup>x</sup> | 0,009  | 27,49±1,50 B-D b |
| 30                  | +            | 9,43±1,16 y AB ab <sup>y</sup> | 5,44±0,28 AB b <sup>z</sup>  | 13,70±1,32 A-C ab <sup>x</sup> | 0,000  | 28,58±2,69 BC b  |
| 40                  | +            | 11,97±2,21 A a <sup>y</sup>    | 5,67±0,17 AB a <sup>z</sup>  | 15,20±0,97 A a <sup>x</sup>    | 0,066  | 33,93±1,42 A a   |
| P değ.              |              | 0,1033                         | 0,0410                       | 0,0621                         |        | 0,0050           |
| T.U.İ. P değ.(0,05) |              | 0,0052                         | 0,0073                       | 0,0001                         |        | 0,0000           |

Aynı sütunda farklı büyük harf alan (tüm uygulamalar) ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). Aynı sütunda farklı küçük harf alan (kontrol ve üşüme uygulanmış) ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). Aynı satırdaki <sup>x</sup>, <sup>y</sup> ve <sup>z</sup> harfleri alan (organlar) ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ( $p \leq 0.05$ ) Uyg: Uygulama, TUIP değ.: Tüm uygulamalar için P değeri, -: Optimal koşullar (Üşüme stresi yok), + Üşüme stresi uygulanmış



Şekil 4.13. Kök, gövde ve yapraklarda Zn iyonu miktarında meydana gelen değişimler

Optimal koşullar altında yetiştirilen fideler ile üşüme stresine maruz bırakılan fidelerin köklerinde Mn miktarında istatistiki olarak farklılıkların olmadığı belirlenmiştir. Üşüme stresi uygulanmayan kontrol bitkilerine artan dozlarda uygulanan melatonin fidelerin kök kısımlarındaki Zn miktarlarında istatistiki bir farklılık



yaratmamıştır. Bu gruptaki 40  $\mu\text{M}$  Melatonin uygulanan bitkilerin köklerinde en yüksek Zn miktarı ölçülmüştür. Üşüme stresine maruz bırakılan fidelerin köklerinde ise en düşük Zn miktarı 0  $\mu\text{M}$  melatonin uygulaması yapılmış bitkilerde ölçülmüştür. . Bu gruptaki bitkilerin kök Zn miktarlarında 40  $\mu\text{M}$  melatonin uygulanmış fidelerde en yüksek miktarda belirlenmiştir.

Optimal koşullar altında yetiştirilen fideler ile üşüme stresine maruz bırakılan fidelere uygulanan melatonin dozları karşılaştırıldığında stres ve normal koşullardaki melatonin uygulamasında bitkilerin gövdelerindeki Zn miktarında istatistiki olarak önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Üşüme stresi uygulanmış bitkilerin gövde kısımlarındaki Zn miktarlarında optimal koşullarda yetişen (kontrol) bitkilere göre önemli düşüşlerin olduğu belirlenmiştir. Üşüme stresi uygulanmayan kontrol bitkilerine artan dozlarda uygulanan melatonin fidelerin gövde kısımlarındaki Zn miktarlarında istatistiki bir farklılık yaratmazken melatonin uygulanmayan (0  $\mu\text{M}$ ) bitkilerin gövdelerinde en düşük Zn miktarı ölçülmüştür. Aynı grupta melatonin diğer dozlarında istatistiksel bir fark oluşmamıştır. Yine üşüme stresine maruz kalan bitkilerin gövde kısımlarında en düşük Zn miktarı 0  $\mu\text{M}$  melatonin uygulamalarında ölçülmüştür. Bu gruptaki bitkilerin gövde Zn miktarlarında 40  $\mu\text{M}$  melatonin uygulanmış fidelerde en yüksek miktarda belirlenmiştir.

Optimal koşullar altında yetiştirilen fideler ile üşüme stresine maruz bırakılan fidelere uygulanan melatonin dozları karşılaştırıldığında stres ve normal koşullardaki melatonin uygulamasında bitkilerin yapraklarındaki Zn miktarında istatistiki olarak önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Optimal koşullarda yetişen (kontrol) ve 0, 1, 10, 20  $\mu\text{M}$  melatonin uygulanan bitkilerin yaprak kısımlarındaki Zn miktarlarında yine aynı doz uygulanmış ve üşüme stresi uygulanmış bitkilere göre önemli düşüşlerin olduğu fakat 30, 40  $\mu\text{M}$  melatonin uygulanan bitkilerin yapraklarındaki Zn miktarının arttığı dikkati çekmektedir. Üşüme stresi uygulanmayan kontrol bitkilerine artan dozlarda uygulanan melatonin dozu arttıkça fidelerin yaprak kısımlarındaki Zn miktarı artmıştır ve istatistiki bir farklılık yaratmıştır. Melatonin uygulanmayan (0  $\mu\text{M}$ ) bitkilerin yapraklarında en düşük Zn miktarı ölçülmüştür. Yine üşüme stresine maruz kalan bitkilerin yaprak kısımlarında en düşük Zn miktarı 0  $\mu\text{M}$  melatonin uygulamalarında ölçülmüştür. Bu gruptaki bitkilerin yaprak Zn miktarlarında 40  $\mu\text{M}$  melatonin uygulanmış fidelerde en yüksek miktarda belirlenmiştir.

Optimal koşullar altında yetiştirilen fideler ile üşüme stresine maruz bırakılan fidelere uygulanan melatonin dozları toplam Zn miktarı bakımından karşılaştırıldığında; stres ve normal koşullardaki melatonin uygulamasında bitkilerin toplam Zn miktarında istatistiki olarak önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Üşüme stresi uygulanmış bitkilerin toplam Zn miktarlarında optimal koşullarda yetişen (kontrol) bitkilere göre önemli artışların olduğu belirlenmiştir.

#### 4.3. Klorofil miktarı, SPAD değerleri, Lipid peroksidasyonu (MDA) içerikleri ortaya çıkan değişimler

Farklı dozlarda yapraktan yapılan melatonin uygulamalarının optimum koşullar ve üşüme stresi altındaki hıyar fidelerinin klorofil miktarları, SPAD değerleri ve MDA miktarları üzerine etkileri Çizelge 4.10 'da verilmiştir.

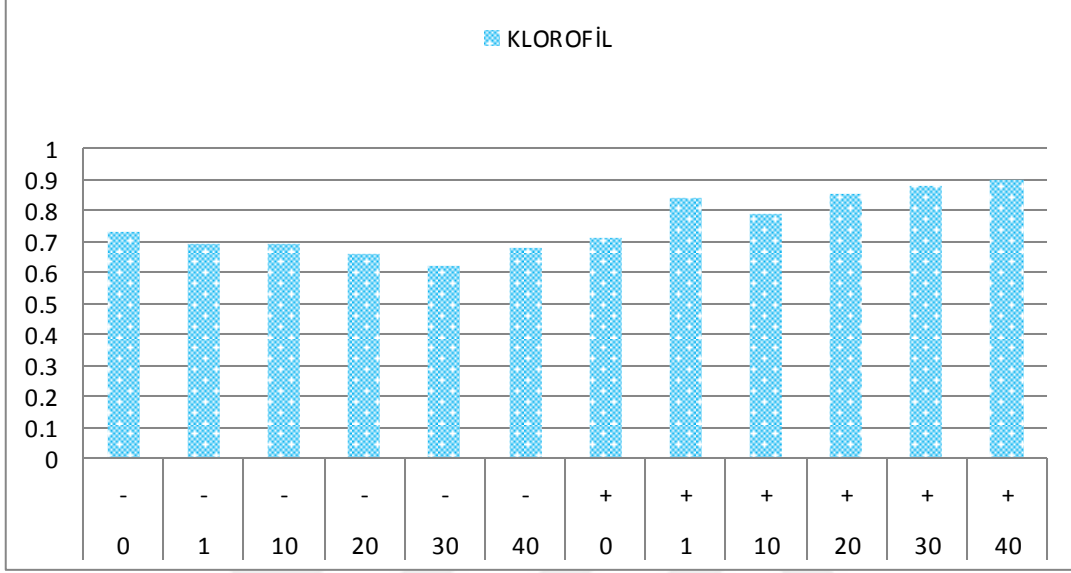
Çizelge 4.10. Hıyar fidelerine yapılan melatonin uygulamalarının Klorofil, SPAD değerleri ve MDA içerikleri üzerine etkileri.

| Uygulama                 | Üşüme Stresi | KLOROFİL        | SPAD           | MDA            |
|--------------------------|--------------|-----------------|----------------|----------------|
| 0                        | -            | 0,732±0,073 BF  | 35,46±1,54 C-E | 2,242±0,291 E  |
| 1                        | -            | 0,696±0,007 DF  | 35,16±1,69 C-E | 2,213±0,131 E  |
| 10                       | -            | 0,692±0,023 DF  | 35,2±1,69 C-E  | 2,273±0,323 E  |
| 20                       | -            | 0,66±0,067 EF   | 34,24±1,31 E   | 1,942±0,151 E  |
| 30                       | -            | 0,624±0,027 F   | 34,28±1,20 DE  | 2,056±0,289 E  |
| 40                       | -            | 0,68±0,064 EF   | 34,88±1,63 C-E | 2,093±0,138 E  |
| 0                        | +            | 0,715±0,017 CF  | 35,84±1,56 C-E | 5,988±0,414 A  |
| 1                        | +            | 0,846±0,108 A-D | 36,48±1,89 BC  | 5,113±0,634 B  |
| 10                       | +            | 0,789±0,161 A-E | 36,14±1,80 B-D | 4,826±0,262 BC |
| 20                       | +            | 0,859±0,123 A-C | 37,39±1,36 AB  | 4,382±0,352 C  |
| 30                       | +            | 0,880±0,124 AB  | 37,54±0,76 AB  | 3,719±0,276 D  |
| 40                       | +            | 0,903±0,045 A   | 37,64±1,82 A   | 3,376±0,338 D  |
| P değ. <sub>(0,05)</sub> |              | 0,0033          | 0,2916         | 0,0000         |

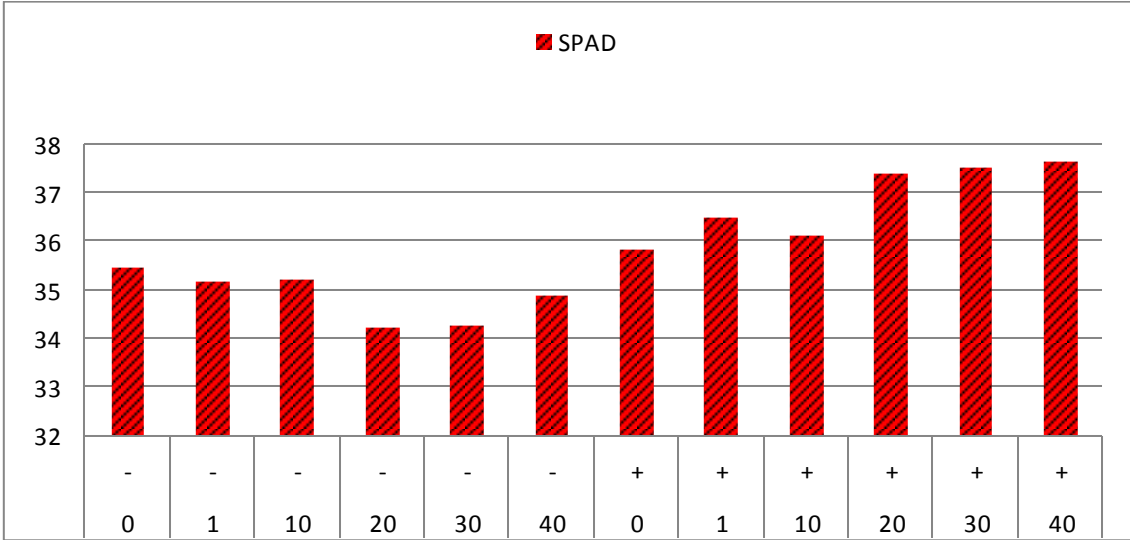
Aynı sütunda farklı büyük harf alan ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ( $p \leq 0.05$ )

Normal koşullar ve üşüme stresi ortamlarındaki fidelelerde alınan örneklerde klorofil miktarlarında istatistiki farklılıklar görülmektedir. En yüksek klorofil miktarı üşüme uygulanan 40  $\mu$ M melatonin uygulanan fidelelerde, en düşük klorofil miktarı kontrol grubundaki 30  $\mu$ M melatonin uygulanan fidelelerde ölçülmüştür. Optimal ortamdaki kontrol fidelelerindeki alınan bitkilerin yapraklarındaki klorofil miktarları bakımından farklılıklar istatistiksel olarak önemli değilken, üşüme uygulanan fidelelerde farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir. Üşüme uygulanan fidelelerde artan dozlardaki

melatonine paralel klorofil miktarında artış gözlemlenmiştir. En yüksek klorofil miktarı 40  $\mu$ M uygulanan fidelerde görülmüştür.



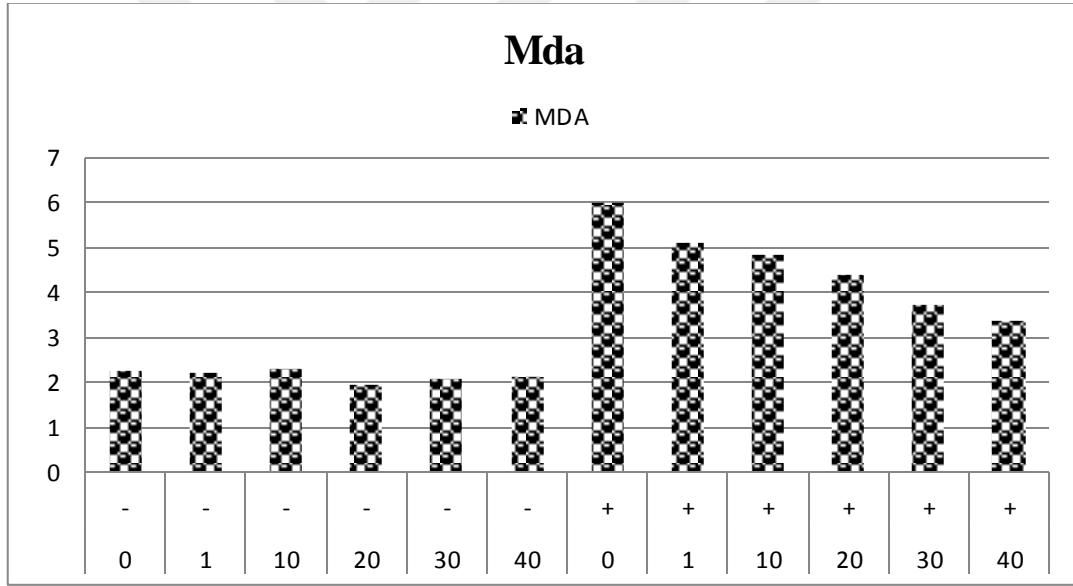
Şekil.4.14. Hıyar fidelerine yapılan melatonin uygulamalarının klorofil miktarı üzerine etkileri.



Şekil.4.15. Hıyar fidelerine yapılan melatonin uygulamalarının SPAD değerleri üzerine etkileri.

Normal koşullar ve üşüme stresi ortamlarındaki fidelerin yapraklarından ölçülen SPAD değerleri arasında istatistiki farklılıklar görülmektedir. Ölçülen en yüksek SPAD değeri üşüme uygulanan 40  $\mu\text{M}$  melatonin uygulanmış fidelerin yapraklarında, en düşük SPAD değeri kontrol grubundaki 20  $\mu\text{M}$  melatonin uygulanan fidelede ölçülmüştür. Optimal ortamdaki kontrol fidelerinin yapraklarından ölçülen SPAD değerleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli değilken, üşüme uygulanan fidelede farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir. Üşüme uygulanan fidelede artan dozlardaki melatonine paralel SPAD değerlerinde artışların olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek SPAD değeri 40  $\mu\text{M}$  uygulanan fidelede görülmüştür.

Klorofil analizi sonuçları ile SPAD değerleri karşılaştırıldığında sonuçların benzerlik gösterdiği görülmüştür.



Şekil.4.16. Hıyar fidelerine yapılan melatonin uygulamalarının MDA içerikler üzerine etkileri

Optimal koşullar altında (üşüme stresi uygulanmayan) yetiştirilen hıyar fidelerine artan dozlarda uygulanan melatonin MDA içeriklerinde önemli değişiklik olmamıştır. Üşüme stresi uygulanan bitkilerde artan konsantrasyonlarda melatonin uygulamaları sonucu lipid peroksidasyonun yan ürünü olan ve hücre zarı hasarı hakkında bilgi veren MDA(melondialdehit) içeriklerinde önemli düşüşlerin olduğu dikkat çekmektedir. Uygulanan melatonin dozu artıkça MDA içeriklerinde düşüşler

gözlemlenmiştir. Özellikle 40  $\mu$ M melatonin konsantrasyonunda en düşük MDA içeriği ölçülmüştür (Şekil. 4.9).

#### 4.4. Bitki yaprak renk analizi

Çizelge 4.11. Hıyar fidelerine yapılan melatonin uygulamalarının bitki yaprak renk değişimleri üzerine etkileri

| Uygulama                       | Üşüme Stresi | L              | A               | b             | Croma         | Hue              |
|--------------------------------|--------------|----------------|-----------------|---------------|---------------|------------------|
| 0                              | -            | 40,286±1,193 A | -17,18±0,113 A  | 24,66±0,220 A | 30,05±0,240 A | 124,91±0,092 A   |
| 1                              | -            | 42,313±1,704 A | -17,33±0,378 A  | 26,30±2,598 A | 31,54±2,345 A | 123,69±1,907 A-C |
| 10                             | -            | 41,593±0,179 A | -17,12±0,444 A  | 24,55±1,003 A | 29,93±1,074 A | 124,93±0,43 A    |
| 20                             | -            | 41,603±0,614 A | -17,596±0,545 A | 25,62±1,643 A | 31,09±1,441 A | 124,59±0,878 A   |
| 30                             | -            | 42,323±1,706 A | -17,45±0,347 A  | 25,83±1,506 A | 31,19±1,441 A | 124,18±0,987 AB  |
| 40                             | -            | 42,1±1,777 A   | -17,52±0,440 A  | 25,92±1,729 A | 31,30±1,695 A | 124,18±0,973 AB  |
| 0                              | +            | 40,18±0,607 A  | -17,153±0,247 A | 26,84±0,381 A | 31,87±0,429 A | 122,61±0,247 BC  |
| 1                              | +            | 41,2±1,773 A   | -16,916±0,305 A | 26,30±0,899 A | 31,27±0,914 A | 122,75±0,482 BC  |
| 10                             | +            | 42,04±1,014 A  | -16,873±0,282 A | 26,79±1,328 A | 31,66±1,271 A | 122,24±0,863 C   |
| 20                             | +            | 41,2±1,750 A   | -16,84±0,827 A  | 26,97±2,168 A | 31,8±2,27 A   | 122,037±0,825 C  |
| 30                             | +            | 41,866±0,342 A | -16,79±0,338 A  | 26,86±0,983 A | 31,68±1,004 A | 122,04±0,487 C   |
| 40                             | +            | 41,46±1,640 A  | -16,97±0,328 A  | 26,50±1,682 A | 31,41±1,65 A  | 122,523±1,028 BC |
| <b>P değ.<sub>(0,05)</sub></b> |              | 0,5927         | 0,2674          | 0,5546        | 0,8502        | 0,0006           |

Aynı sütunda farklı büyük harf alan ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ( $p < 0.05$ )

Çalışmada farklı dozlarda kullanılan melatoninin uygulamalarının üşüme stresi altındaki ve optimal koşullar altındaki hıyar fidelerinin yaprak renk değerleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. L\* değeri Rengin parlaklığından ileri gelen değişimleri, a\* değeri yeşilden kırmızıya (+ kırmızı, - yeşil), b\* değeri ise sarıdan maviye (+sarı, -mavi) renk değişimini göstermektedir. L, a, b renk değerlerindeki değişimler istatistiksel olarak önemsiz ( $p < 0.05$ ) bulunmuştur. Croma, bir rengin aynı değerdeki renk tonu olmayan (siyah-beyaz arası) bir renkten ayırım derecesini belirleyen niteliğidir. Croma renk değeri bakımından uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Yeşil renkli bitkilerde ölçülmüş olan hue değerinin üzerine eklenen 180° ile bulunan sonucun x ekseninde 180 °'ye en yakın olan sonuç en koyu yeşil renkli bitkiyi ifade etmektedir. Çalışmada uygulamalar arasında Hue renk değeri bakımından istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmuştur. Optimal koşullar altında uygulanan melatonin dozlarının kendi aralarındaki Hue renk değerleri arasındaki farklar

önemsizdir. Aynı şekilde üşüme stresi uygulanan fidelerde melatonin dozlarının Hue renk değerinde bir farklılık oluşturmadığı görülmektedir. Fakat optimal koşullar altında yetiştirilen fideler ile üşüme stresine maruz bırakılan fidelerin Hue değerleri karşılaştırıldığında istatistiksel olarak önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Kontrol grubu fidelerinin en yüksek Hue değerini aldığı yani koyu yeşil rengin daha yoğun olduğu görülmektedir.

#### 4.5. Antioksidan Enzim Aktiviteleri (SOD, CAT, APX)

Farklı dozlarda yapraktan yapılan melatonin uygulamalarının optimum koşullar ve üşüme stresi altındaki hıyar fidelerinden alınan yaprak örneklerinde askorbat peroksidaz (APX), Katalaz(CAT) ve süperoksit dismutaz (SOD) enzimlerinin aktiviteleri ölçülmüş ve elde edilen veriler Çizelge 4.12’de verilmiştir.

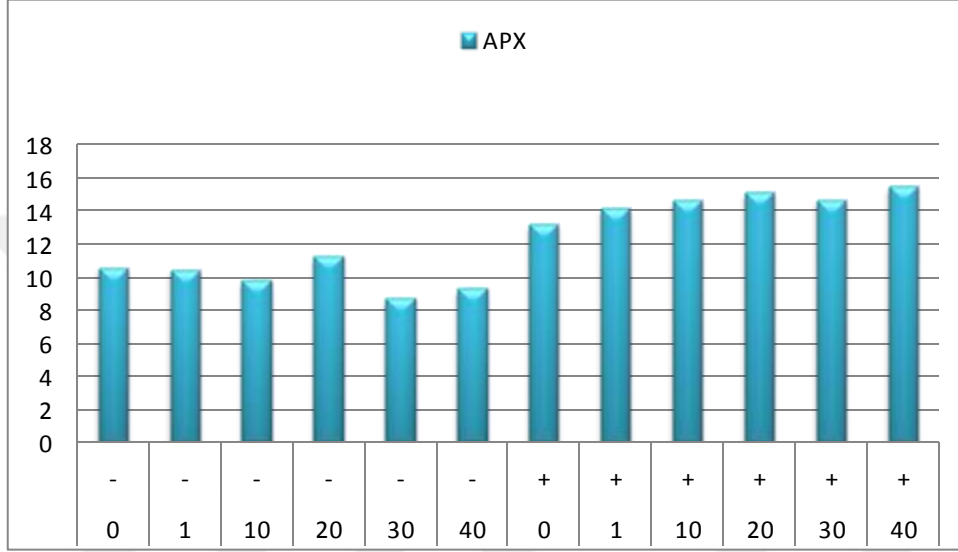
Çizelge 4.12. Her bir uygulamadan alınan yaprak örneklerindeki askorbat peroksidaz (APX) enzim aktivitesi ( $\mu\text{mol/dak/mg T.A.}$ ), Katalaz (CAT) enzim aktivitesi ( $\mu\text{mol/dak/mg T.A.}$ ) ve süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktiviteleri (U/dak/mg/ T.A.)

| Uygulama            | Üşüme Stresi | APX               | CAT                | SOD               |
|---------------------|--------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| 0                   | -            | 10,64±0,60 DE ab  | 160,79±5,38 D ab   | 43,33±2,51 D c    |
| 1                   | -            | 10,46±0,54 DE a-c | 158,46±3,84 D ab   | 46,33±0,57 CD bc  |
| 10                  | -            | 9,82±0,58 EF b-d  | 131,4±40,45 E b    | 46,40±1,73 CD d   |
| 20                  | -            | 11,33±0,40 D a    | 144,61±14,54 DE ab | 49,33±6,65 CD a-c |
| 30                  | -            | 8,82±0,73 F d     | 168,13±4,14 D a    | 50,0±1,0 CD ab    |
| 40                  | -            | 9,32±0,79 F cd    | 163,23±2,31 D ab   | 53,66±3,21 BC a   |
| P değ.              |              | 0,0036            | 0,1906             | 0,0000            |
| 0                   | +            | 13,22±0,56 C c    | 206,67±14,18 BC c  | 36,33±2,30 E c    |
| 1                   | +            | 14,23±0,59 BC bc  | 195,18±7,81 C c    | 58,33±3,78 B b    |
| 10                  | +            | 14,68±1,01 AB ab  | 225,82±2,02 AB b   | 82,66±1,52 A a    |
| 20                  | +            | 15,18±0,24 AB ab  | 234,19±3,46 A ab   | 85,66±2,51 A a    |
| 30                  | +            | 14,73±0,73 AB ab  | 236,85±5,15 A ab   | 85,33±3,46 A a    |
| 40                  | +            | 15,54±0,30 A a    | 244,77±3,93 A a    | 89,0±10,81 A a    |
| P değ.              |              | 0,0113            | 0,0000             | 0,0000            |
| T.U.İ. P değ.(0,05) |              |                   |                    |                   |

Aynı sütunda aynı büyük harfi alan ortalamalar arasındaki fark  $P \leq 0,05$ 'e göre önemsizdir. Aynı sütunda aynı küçük harfi alan ortalamalar arasındaki fark  $P \leq 0,05$ 'e göre önemsizdir.

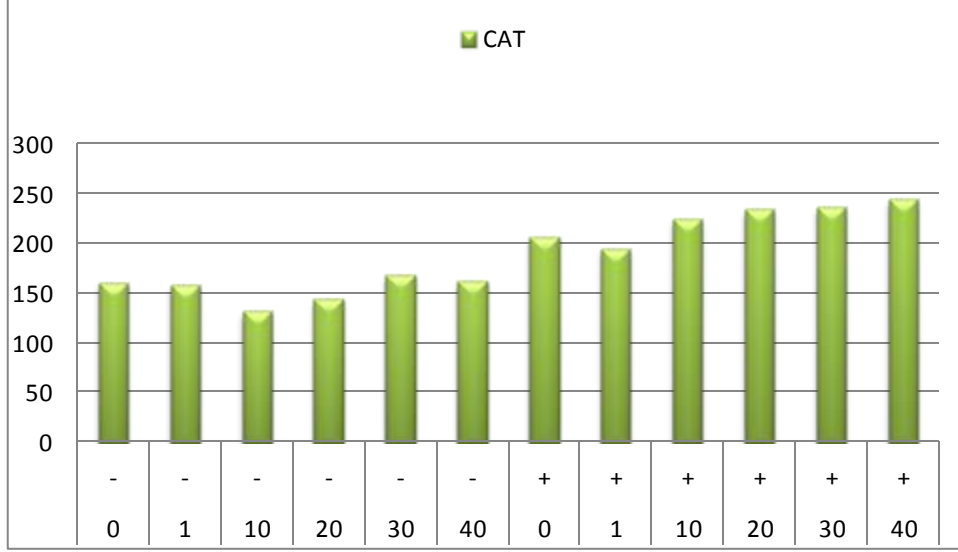
Optimal koşullar altında yetişen bitkilerde melatonin uygulamalarının APX enzim aktiviteleri üzerine önemli bir etkisi olmamıştır. Fakat üşüme stresi uygulanmış bitkilerin yapraklarından alınan örneklerin Askorbat peroksidaz enzim aktivitesinde

optimal koşullarda yetişen (kontrol) bitkilerine göre önemli artışların olduğu belirlenmiştir. Uşuime stresi altında en duşuk APX enzim aktivitesi (13.22  $\mu\text{mol/dak/mg T.A}$ ) gruptaki melatonin uygulanmayan (0  $\mu\text{M}$ ) bitkilerden tespit edilmiştir. Uşuime stresine maruz bırakılan fidelerde 40  $\mu\text{M}$  melatonin uygulaması yapılan bitkilerin en yüksek APX enzim aktivitesine (15.54  $\mu\text{mol/dak/mg T.A}$ ) sahip olduğu belirlenmiştir.



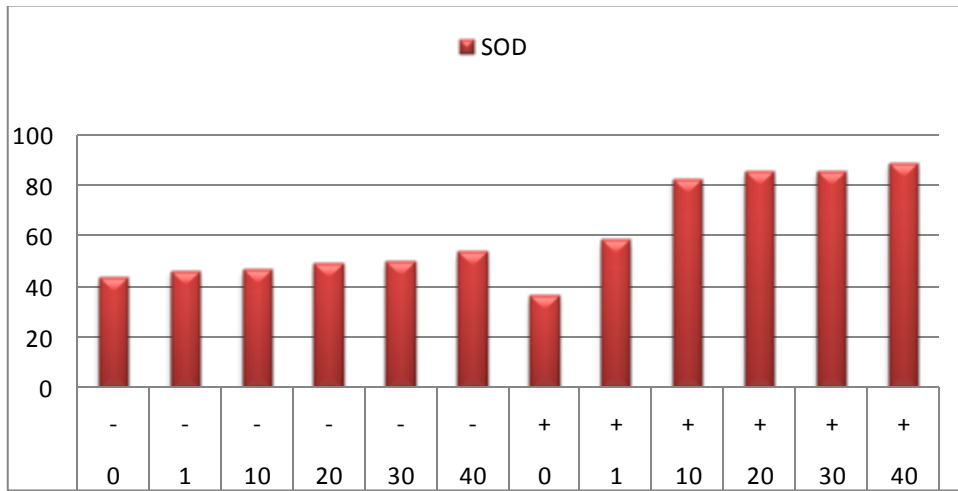
şekil 4.17. Uygulamaların APX enzimi üzerine etkisi

Optimal koşullar altında yetişen bitkilerde melatonin uygulamalarının CAT enzim aktiviteleri üzerine önemli bir etkisi olmamıştır. Ancak uşuime stresi uygulanmış bitkilerin yapraklarından alınan örneklerin Katalaz enzim aktivitelerinde optimal koşullarda yetişen (kontrol) bitkilere göre önemli artışların olduğu belirlenmiştir. Uşuime stresi uygulanmış bitkilere uygulanan melatonin dozu artıkça katalaz enzim aktivitesinin arttığı ve en yüksek enzim aktivitesi 40  $\mu\text{M}$  melatonin (244  $\mu\text{mol/dak/mg T.A}$ ) uygulanan bitkilerde elde edilmiştir. Uşuime stresi uygulanmış 1  $\mu\text{M}$  Melatonin uygulanan fidelerin en duşuk katalaz enzim aktivitesine sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 4.18. Uygulamaların CAT enzimi üzerine etkisi.

Optimal koşullar altında yetişen bitkilerde melatonin uygulamalarının SOD enzim aktiviteleri üzerine önemli bir etkisi olmamıştır. Fakat üşüme stresi uygulanmış bitkilerin yapraklarından alınan örneklerde süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktivitesinde optimal koşullarda yetişen (kontrol) bitkilerine göre önemli artışların olduğu belirlenmiştir. Üşüme stresi maruz bırakılan bitkilere uygulanan melatonin dozu arttıkça süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktivitesinin arttığı ve en yüksek enzim aktivitesinin 40 µM melatonin (89.0 U/dak/mg/ T.A.) uygulanan bitkilerde elde edilmiştir. Üşüme stresi altında en düşük SOD enzim aktivitesi gruptaki melatonin uygulanmayan (0 µM) bitkilerde tespit edilmiştir.



Şekil 4.19. Uygulamaların SOD enzimi üzerine etkisi.





## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bitkiler aşırı soğuk, güneş ışığı, ağır metaller ve kimyasalların neden olduğu toprak kirliliği gibi olumsuz çevre koşullarında toksik çevresel stresörlerle başa çıkabilmek için melatonin üretimini teşvik ettiği bulunmuştur (Arnao ve Hernandez-Ruiz, 2009b; Tal ve ark., 2011; Arnao ve Hernandez-Ruiz, 2013a; Byeon ve Back, 2014). Bu bilgilerden yola çıkarak üşüme stresine karşı farklı dozlarda melatonin uygulamalarını yaptığımız çalışmada üşüme stresi uygulanmış bitkilerin kök ağırlıklarının dozlar arttıkça paralel bir şekilde arttığı belirlenmiştir. Tan ve ark., (2012) MEL'(melatonin)'in kök sisteminin gelişmesini uyarması ile kök yenilenmesini desteklemesini sağladığını belirtmiştir. Bazı çalışmalarda, melatonin tedavisi ile endojen indol-3-asetik asit (IAA) seviyeleri arasında bir ilişki kurulmuştur. Genel olarak melatonin uygulamasının, Brassica juncea (Chen ve ark., 2003) ve domates bitkilerinde (Wen ve ark., 2016), muamele edilmemiş bitkilerle karşılaştırıldığında endojen IAA'da hafif (1.4 ila 2.0 kat) bir artışa neden olduğu bildirilmiştir. Köklerdeki gelişimin bundan kaynaklandığı kanaatini güçlendirmiştir. Ayrıca farklı sürelerde (72 ve 120 saat) üşüme stresine (4°C) bırakılmış Arabidopsis bitkilerine değişen konsantrasyonlarda (10-30 µM) MEL uygulaması yapılmış, uygulama yapılmayanlara göre taze ağırlık, kök uzunluğu ve sürgün yüksekliğinde artış görülmüştür (Bajwa ve ark., 2014).

Arnao ve Her Hernández-Ruiz (2018) melatoninin büyüme teşvik edici aktivitesinin, daha çok onun spesifik oksin benzeri rollerinden biri olduğuna değinmiştir. Araştırmacılar birçok çalışmada, melatoninin toprak üstü bölümlerinde ve ayrıca köklerde de büyüme teşvik ettiğini belirtmiştir. Örneğin; Triticum, Hordeum, Avena, Oryza, Lupinus, arabidopsis, Brassica, Helianthus, Prunus, Cucumis ve Punica, aynı zamanda domates, soya fasulyesi ve mısır bitkilerinde. Genellikle büyümenin engellenmesi sadece yüksek melatonin konsantrasyonlarındaki (> 10 µM) köklerde görülür (Arnao ve Hernández-Ruiz, 2018). Yine melatonin, Lupinus, Phalaris, Triticum, Hordeum, arabidopsis ve Cucumis'in toprak üstü dokularındaki kontrol bitkilerine kıyasla büyümede 3-4 kat artış ve diğerlerinde daha az belirgin bir artışa neden olmuştur (Arnao and Hernández-Ruiz, 2017a). Daha yakın zamanlarda yapılan çalışmalarda, pirinç (Han et al., 2017), biber (Korkmaz ve ark., 2017), çok yıllık çim (J. Zhang ve ark.,

2017), salatalık (R. Zhang ve ark., 2017), mercimek ve fasulyede (Aguilera ve ark., 2015) melatoninin büyüme destekleyici aktivitesi tanımlanmıştır.

Bitki gelişim parametreleri dikkate alınarak genel bir değerlendirme yapıldığında üşüme stresi uygulanan bitkilerden 30 ve 40  $\mu$ M melatonin uygulanan bitkilerin metabolik aktiviteyi kontrol altında tutabilmek için bitki büyümesini sınırladığı hususu dikkati çekmektedir.

Üşüme stresine maruz kalmış hıyar fidelerin stresten etkilenme durumunu gösteren skala değerleri değerlendirildiğinde ise bitkilerde orta seviyede üşüme hasarı meydana geldiği tespit edilmiştir. Hiç melatonin uygulanmamış bitkiler en yüksek skala değerine sahip olmuşlar ve bu fidelerde yaprak kıvrılmaları, solgunluk, damarlar arası renk açılmaları ve nekrotik hasarın başladığı, buna karşılık yapraktan yapılan melatonin uygulamalarının görsel hasarın azaltılmasında etkili olduğu gözlemlenmiş ve en az görsel hasarın 40  $\mu$ M melatonin uygulamasında olduğu gözlemlenmiştir. Nitekim Korkmaz ve ark (2016) yaptıkları çalışmada üşüme stresine maruz kalmış biber bitkilerinde farklı dozlarda yapılan melatonin uygulamalarının görsel hasar indeksini düşürdüğünü tespit etmişlerdir. Melatonin dozunun artmasına paralel olarak görsel hasarın azaldığını bildirmişlerdir.

Üşüme stresi öncesi ve optimal koşullar altındaki fidelere uygulanan melatonin dozları fidelerin L\*, a, b ve croma renk değerindeki değişimleri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Optimal koşullar altında yetiştirilen fideler ile üşüme stresine maruz bırakılan fidelerin Hue değerleri bakımından ise farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Üşüme stresi uygulanan fidelere melatonin dozlarının Hue renk değerinde bir farklılık oluşturmadığı görülmektedir. Kontrol grubu fidelerinin en yüksek Hue değerini aldığı yani koyu yeşil rengin daha yoğun olduğu görülmektedir. Topaklı Solak (2016), Kıvrıcık salatalarda elde edilen hue değerlerini diğer çalışmalarla karşılaştırdığında, değerlerin değişkenliğinin iklim ve toprak faktörlerinden ileri geldiğine değinmiştir. Yaptığımız uygulamalarda ölçülen Hue değerlerinin; Topaklı Solak (2016)'ın, değerlerinden düşük fakat Tuğa ve Üzal (2018)'nin yaptıkları çalışmadaki L\*, a\*, b\* ve hue değerleri sonuçlarına yakın sonuçlar çıktığı görülmektedir.

Üşüme stresinin bitkilerin mineral element alımını etkilediği üzerine çalışmalar mevcuttur. Toplam besin elementi alımında, üşüme, kuraklık ve tuzlu şartlar altında

büyüyen bitkilerdeki mineral elementlerin konsantrasyonunda, suyun azalması ile ciddi düşüşlerin olduğuna değinilmiştir (Togay ve ark., 2016). Besin elementlerinin tüm bitki bünyesinde ve özellikle de organlarında üşümeye dayanım üzerine etkileri ile ilgili araştırmalar mevcut olup, melatonin uygulaması ve besin elementi alımıyla ilgili yapılan bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Soğuk ve ısı gerilmeleri gibi çok çeşitli hücre dışı sinyallerin sitozolik serbest  $Ca^{+2}$  seviyesinin geçici olarak yükselmesine neden olduğu gösterilmiştir (Knight, 2000). Nitekim yaptığımız çalışmanın da Ca iyonu verilerinde aynı durum söz konusu olmuştur. Üşüme stresi uygulanan bitkilerin kök gövde ve yapraklarında Ca miktarının optimal koşullarda tutulan bitkilere göre yükseldiği belirlenmiştir. Uygulanan melatonin dozu arttıkça bitkilerin Ca iyonu alımının arttığı diğer önemli bir husustur. Ayrıca çeşitli çalışmalar, sitozolik (serbest)  $Ca^{+2}$  konsantrasyonu ile çeşitli hücre fonksiyonlarının düzenlenmesini sağladığı yönde güçlü kanıtlar mevcuttur. Çalışmada uyguladığımız melatonin dozlarından en yüksek dozun ( $40 \mu M$ ) toplam Ca miktarı bakımından en yüksek değerde olduğu ve bu dozda en az üşüme zararının olduğu dikkat çekmektedir. Öte yandan, donma hasarı, bitki dokularından iyonların akışının artmasına neden olur (Palta ve ark., 1977a, 1977b). Potasyum (K) hücrelerden sızan ana katyondur (Palta ve ark. 1977a). Hücre zarlarının  $K^{+}$  geçirgenliğindeki değişikliğin, donma-çözülme hasarının erken bir belirtisi olduğu ileri sürülmüştür (Palta ve Li, 1978, 1980). Yaptığımız çalışmada uyguladığımız melatonin dozlarından  $40 \mu M$  uygulamasının toplam K miktarı bakımından en yüksek değerde bulunmuştur. Bu dozda en az üşüme zararının gözlemlendiği ve toplam K miktarı ile ilişkili olabileceği yönünde fikir oluşmuştur.

Togay ve ark. (2016)'nın farklı bezelye çeşitlerinin soğuğa dayanım durumlarını araştırdıkları çalışmada, makro ve mikro element birikimi açısından, kontrol bitkileri göz önüne alındığında, Mn, Mg, Cu mikro elementlerinin birikimine düşük sıcaklık uygulamasının etkisi gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, Fe ve Zn birikimlerinde yaklaşık on kat azalma olduğunu, ayrıca, kontrol bitkileri dikkate alınarak bitkilerin K ve Ca birikiminde bir değişiklik olmadığını gözlemlenmiştir. Yaptığımız çalışmada ise melatonin uygulamalarının özellikle toplam Ca, K, Fe, Zn, gibi elementlerin alımına olumlu etkisinin olduğu belirlenmiştir. Üşüme stresine tabi tutulmuş fidelere melatonin

uygulamalarının üşüme stresine dayanımda önemli etkisi bulunan besin elementlerinin (Ca, K, Fe, Zn) alımı üzerine olumlu etkisinin olduğu kanaatine varılmıştır.

Stres altındaki bitkilerde oluşan ROS'ları membran lipidlerinin peroksidasyonuna neden olmakta ve hücre zarında hasara yol açmakta (Sreenivasulu ve ark 2000, Yasar ve ark., 2008), Bunun yanında lipid peroksidasyonu ürünü olan malondialdehit'in miktarının belirlenmesi, oksidatif zararın en basit göstergesi olarak kullanılmaktadır (Yaşar 2003; Yasar ve ark., 2006, 2008; 2010; Uzal, 2017).

Antioksidan olarak MEL (melatonin)'in bitkiler üzerindeki görevi pek çok çalışmayla ortaya konmuştur (Paredes ve ark., 2009; Posmyk ve Janas, 2009; Park, 2011; Tan ve ark., 2012). Melatonin ile ilgili en çok çalışılan yönlerden biri, bitkilerdeki abiyotik stres durumlarına karşı koruyucu bir ajan olarak rolü olmuştur. Melatonin, diğerlerinin yanı sıra, hem reaktif oksijen hem de reaktif azot türleri (ROS/ RNS) gibi tehlikeli reaktif moleküllere karşı etkili bir serbest radikal temizleyici görevi görür (Arnao ve Hernández-Ruiz, 2018). Melatoninin ROS/RNS'ye karşı doğal bir antioksidan olarak mükemmel özellikleri ve pro-oksidan etkilerin olmaması büyük araştırmalara konu olmuştur (Arnao ve Hernández-Ruiz, 2015a; Reiter ve ark., 2014; Tan ve ark., 2000; Teixeira ve ark., 2003). Genel olarak, soğuk, ısı, tuzluluk, kuraklık, UV radyasyonu ve kimyasal toksisite, melatonin varlığı ile önlenir veya hafifletilir. Melatonin ile muamele edilen bitkilerde daha yüksek seviyelerde ROS/RNS, lipid membran peroksidasyonu ile birlikte yüksek kloroplast ve stomatik morfolojiler ve yüksek sükröz ve prolin seviyeleri ile birlikte daha yüksek bitki hayatta kalma oranları, daha yüksek sürgün ve kök büyümesi ve fotosentetik verimlilik gözlenmiştir ve daha az hücre hasarının meydana geldiği belirlenmiştir (Arnao ve Hernández-Ruiz, 2009a, 2013a, b, 2015b; Kolar ve Machackova, 1999; Shi ve ark., 2016a). MEL biyolojik zarların (mitokondri, kloroplast ve plazma) dengelenmesinde doğrudan antioksidan olarak rol oynadığı ve zar akışkanlığı ve lipid peroksidasyon ile mücadelede etkili olduğu belirtilmiştir (Catala, 2007; Garcia ve ark., 2014).

Üşüme stresi öncesi uygulanan melatonin MDA miktarı üzerinden hücre zararlanması bakımından, sadece üşüme uygulanmış (melatonin uygulanmayan-0µM melatonin) bitkilere oranla azalma ortaya çıktığı belirlenmiştir. Yaptığımız çalışmanın sonuçlarını değerlendirdiğimizde üşüme stresine karşı özellikle melatonin dozlarının oksidatif strese karşı klorofilin korunmasında, lipid peroksidasyonu ile mücadelede

etkili olduğu belirlenmiştir. Aynı şekilde Korkmaz ve ark (2016) MDA miktarının normal koşullarda yetiştirilen biber fidelerinde istatistikî olarak önemli miktarlarda değişiklik göstermediğini ve üşüme stresi altında yetiştirilen fidelede yapılan melatonin uygulamaları sonucu dokulardaki MDA içeriğinde azalma gözlemlendiğini ancak bu azalışların kontrol uygulamalarına kıyasla genelde istatistikî açıdan önemsiz bulunduğunu bildirmiştir. Üşüme stresinin aksine aksine Xu ve ark. (2010), yüksek sıcaklık stresine maruz bırakılmış hıyar fidelerinin yapraklarına uygulanan melatonin dokularda MDA miktarlarını önemli ölçüde azalttığını bildirmişlerdir.

MEL'in O<sub>2</sub> oluşumunu sınırlayarak iç mitokondrial zardan elektron sızıntısını azalttığı ve elektron taşıma zincirini uyardığı bulunmuştur (Reiter ve ark., 2001). Stres altındaki bitkilerde peroksidaz (POX), glutathion reduktaz, superoksit dismutaz (SOD) ve katalaz (CAT) enzim aktivitelerini teşvik ettiği bildirilmiştir (Cardinali ve Pevet, 1998; Allegra ve ark., 2003 Teixeira ve ark., 2003; Rodriguez ve ark., 2004; Reiter ve ark., 2007). Korkmaz ve ark. (2016) biber fidelerine üşüme stresinin olumsuz etkisini azaltmak öngörüsüyle farklı dozlarda melatonin uygulamaları yaptıkları çalışmada; SOD, POX ve CAT aktivitelerini melatonin uygulamalarının üşüme stresi altındaki biber fidelerinde aktivitelerinin teşvik edildiği görülmüştür. Melatonin uygulamaları arasında özellikle 5 µM uygulaması her üç enzimin aktivitesini melatonin uygulanmamış fidelere kıyasla önemli derecede yükseltmiştir. Yine Kaya ve Doğanlar (2019) da kuraklık stresi altındaki biber bitkilerine Melatonin uygulamalarının antioksidant enzim aktivitelerini (APX, GR, glutathion S-transferaz) artırdığını ve malondialdehit miktarını da düşürdüğünü bildirmiştir. Yapılan çalışmalara paralel olarak melatonin uygulamalarının stres altındaki bitkilerde askorbat peroksidaz (APX), superoksit dismutaz (SOD) ve katalaz (CAT) enzim aktivitelerini teşvik ettiği belirlenmiştir. Her üç enzim aktivitesi kontrole göre üşüme stresi uygulanmış bitkilerde artış olmuş, uygulanan melatonin dozu arttıkça daha belirgin olduğu dikkati çekmektedir. Yaptığımız çalışma sonuçlarından da bunu açıkça görmek mümkün olmuştur. Yine şimdiye kadar pek çok araştırmacı farklı tür ve çeşitlerle yapmış oldukları stres çalışmasında genelde stres altındaki bitkilerin antioksidant enzim aktiviteleri çeşidin genetik yapısına bağlı olarak özellikle toleranslı çeşitlerde yükselme olduğu bildirmiştir. Bu araştırmacılar bitkilerin stres etmenlerinden zararlanmamasının en önemli sebebinin antioksidatif enzimlerin aktive olmasıyla bitki hücrelerini oluşturan radikal oksijen

türevlerinin zararlı etkisinden korumalarından kaynaklı olduğunu savunmuşlardır (Gosset ve ark. 1994; Hernandez ve ark. 1995; Shalata ve Tal 1998; Sreenivasulu ve ark. 2000; Yaşar 2003; Yaşar ve ark 2006, 2007, 2008, 2014, 2016). Enzim analizlerinde elde ettiğimiz veriler değerlendirildiğinde; her üç enzim aktivitesinin kontrole göre üşüme stresi uygulanmış bitkilerde artış olduğu, uygulanan melatonin dozu arttıkça bunun daha belirgin olduğu dikkati çekmektedir.

Çalışma sonunda yapılan gözlemler ve elde edilen veriler doğrultusunda, tarımsal üretimde dışarıdan melatonin uygulamalarının özellikle domates, hıyar ve biber gibi örtü altında turfanda yetiştiriciliği yapılan soğuğa karşı duyarlı olan türlerde çok büyük önem arz ettiği ve bitkisel üretimi önemli ölçüde artırabileceği görülmüştür. İşte bu şartlar göz önüne alınarak, kültür sebzelerinde düşük ışık ve düşük sıcaklık şartlarında maksimum ürünü alabilmek için üstün çeşit geliştirilmesinin yanında farklı uygulamalarla olumsuz şartlara karşı bitkinin savunma sistemlerinin geliştirilmesi çalışmalarının yapılmasının önemi bir kez daha ortaya konmuştur. Buradan hareketle, *Cucurbitacea* familyasına ait olan ve ülkemizde önemli ölçüde turfanda ve yazlık olarak yetiştirilen hıyar bitkisine üşüme stresi öncesinde melatonin uygulamalarının;

- kök sisteminin gelişmesini uyarması ve kök yenilenmesini sağlaması,
- oksidatif strese karşı klorofil koruması dolayısıyla fotosentez oranını hızlandırması,
- lipid peroksidasyon ile mücadelede etkili olduğu,
- iyon alımında özellikle Ca, K, Fe, Zn, gibi elementlerin alımına olumlu etkisinin olduğu,
- serbest oksijen radikallerinin süpürücüsü olarak antioksidatif enzimleri CAT, APX ve SOD gibi enzim aktivitelerini düzenlediği ve teşvik ettiği, yönünde olumlu etkilerinin olduğu sonucuna varılmıştır. Melatonin uygulamalarının üşüme stresinin yol açtığı zararlı etkilerin azaltılmasında olumlu etki yapabilecek fizyolojik etkili bir yardımcı uygulama olabileceği düşünülmektedir. Bu olumlu etkisinin uygulanan melatoninin özellikle bitkilerin antioksidant enzim aktivitesinin artmasından ve MDA (lipid peroksidasyonu) miktarında düşümlere sebep olmasından kaynaklandığı yönünde fikir oluşmuştur.

## KAYNAKLAR

- Allegra M., Reiter R.J., Tan D-X., Gentile, C., Tesoriere, L., Livrea, M.A., The chemistry of melatonin's interaction with reactive species. *Journal Pineal Research* 2003; **34**:1–10.
- Allen D.J., Ort, D.R., 2001. Impact of chilling temperature on photosynthesis in warm-climate plants. *Trends Plant Science*. **6**:36-42.
- Allen, D.J., Ratner, K., Giller, Y.E., Gussakovsky, E.E., Shahak, Y., Ort, D.R., 2000. An overnight chill induces a delayed inhibition of photosynthesis at midday in mango (*mangifera indica* L.) . *Journal of Experimental Botany* **51**: 1893-1902.
- Anonim, 2020 a <http://tarimsalistatistik.com/tr-TR/Sayfa/hiyar-yetistirciligi>. (Erişim tarihi 12.05.2020).
- Aro, E.M., Virgin, I., Anderson, B., 1993. Photoinhibition of photosystem II. In activation protein damage and turnover. *Biochemica et Biophysica Acta* . **1143**:113-134.
- Arnao, M.B., 2014. Phytemelatonin: Discovery, content, and role in plants. *Advances in Botany*, e815769. doi:10.1155/2014/815769.
- Arnao, M.B., Hernández-Ruiz, J. Melatonin in its relationship to plant hormones. *Annals Botany* 2018, **121**, 195–207.
- Arnao, M.B., Hernandez-Ruiz, J., 2009a. Chemical stress by different agents affects the melatonin content of barley roots. *Journal of Pineal Research*, **46**: 295–299.
- Arnao MB, Hernandez-Ruiz J 2009b. Protective effect of melatonin against chlorophyll degradation during the senescence of barley leaves. *Journal of Pineal Research*, **46** (1):58-63.
- Arnao MB, Hernandez-Ruiz J 2013a. Growth conditions determine different melatonin levels in lupinus albusl. *Journal of Pineal Research*, **55**: 149–155. 136.
- Arnao MB, Hernandez-Ruiz J 2013b. Growth conditions influence the melatonin content of tomato plants. *Food Chemistry*, **138** (2-3):1212–1214.
- Arnao MB, Hernandez-Ruiz J 2015a. Functions of melatonin in plants: a review. *journal of pineal research*, **59**:133–150.
- Arnao MB, Hernandez-Ruiz J 2015b. Phytemelatonin: Searching for plants with high levels for use as natural nutraceutical. *Studies in Natural Products Chemistry*, **46**: 523-549.
- Arnao, M. B., Hernandez- Ruiz, J. 2017. Growth activity rooting capacity and tropism: three auxinic precepts fulfilled by melatonin. *Acta Physiol Plant* 39127.
- Aguilera Y, Herrera T, Liébana R, et al. 2015. Impact of melatonin enrichment during germination of legumes on bioactive compounds and antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **63**: 7967–7974.
- Badria, F.A. 2002. Melatonin, serotonin, and tryptamine in some egyptian food and medicinal plants. *Journal of Medicinal Food*, **5**: 153-157.
- Bajwa VS, Shukla MR, Sherif SM, Murch SJ, Saxena P.K .2014. Role of melatonin in alleviating cold stress in arabis thaliana. *Journal of Pineal Research*, **56**: 238–245.
- Batu, A., Thompson, A. K., Ghafir, S. A. M., Rahman, N. A. A., 1997. Minolta ve hunter renk ölçüm aletleri ile domates, elma ve muzun renk değerlerinin karşılaştırılması, *Gıda*, **22** (4), 301-307.
- Berry, J. and Brajkman, O., 1980. Photosynthetic response and adaptation to temperature in higher plant. *Annual Review Of Plant Physiology*, **31**:491-543.



- Brüggemann, W., Linger, P. 1994. Long-term chilling of young tomato plants under low light: differential responses of chlorophyll fluorescence quenching coefficients in lycopersicon species of different chilling sensitivity. *Plant Cell Physiology* **35**:585-591.
- Brüggemann, W., Beyel, V., Brodka, M., Poth, H., Weil, M., Stockhaus, J. 1999. Antioxidant and antioxidative enzymes in wild-type and transgenic Lycopersicon genotypes of different chilling tolerance. *Plant Science* **140**:145-154.
- Burke, J.J., 1995. Enzyme adaptation to temperature. In: Smirnoff N (ed) Environment and plant metabolism: flexibility and acclimation. *Bios Scientific Publishers, Oxford*, p 63-79
- Byeon, Y., Park, S., Yool Lee, H., Kim, Y.K., Back, K., Elevated production of melatonin in transgenic rice seeds expressing rice tryptophan decarboxylase. *Journal of Pineal Research* 2014;56:275-282.
- Cardinali, D.P., Pevet, P. (1998) Basic aspects of melatonin action. *Sleep Med Rev* **2**, 175-190.
- Chen, G., Huo, Y., Tan, D.X., Liang, Z., Zhang, W., Zhang, Y. 2003. Melatonin in Chinese Medicinal Herbs., **73**: 19-26.
- Chaplin, G.R., Scott, K.J., 1980. Association of calcium in chilling injury susceptibility of stored avocados. *Horticulture Science* **15**:514-515
- Cakmak, I., Marschner, H., 1992. Magnesium deficiency and high light intensity enhance activities of superoxide dismutase, ascorbate peroxidase and glutathione reductase in bean leaves. *Plant Physiology*, **98**:1222-1226.
- Catala, A. 2007. The ability of melatonin to counteract lipid peroxidation in biological membranes. *Current Molecular Medicine*, **7**(7): 638-49.
- 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.
- Dolstra, O., Haalstra, S.R., Van Der Putten, P.E.L. and Schapendonk, A.H.C.M., 1994. Genetic variation of resistance to low temperature quenching of chlorophyll fluorescence. *Biochimica et Biophysica Acta*. **990**: 87-92.
- Dubbels, R., Reiter, R.J., 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.
- FAO, 2018. Food and agriculture organization of the united nations <http://www.fao.org/faostat/en/#data>.
- García JJ, Lopez-Pingarrón L, Almeida-Souza P, Tres A, Escadero P, García-Gil FA, Tan DX, Reiter RJ, Ramírez JM, Bernal-Pérez M 2014. Protective effects of melatonin in reducing oxidative stress and in preserving the fluidity of biological membranes: a review. *Journal of Pineal Research*, **56**: 225-237.
- Guy, C.L., Huber, J.L.A., Huber, S.C., 1992. Sucrose phosphate synthase and sucrose accumulation at low temperature. *Plant Physiology*, **100**:502-508.
- Gossett, D.R., Millhollon, E.P., Lucas, M.C., 1994. Antioxidant response to NaCl stress in salt-tolerant and salt-sensitive cultivars of cotton. *Crop Science*, **34**:706-714.
- Greenway, H. ve Munns, R., 1980. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes, *Annual Review of Plant Physiology*, **31**, 149-190.
- Hattori, A, Migita, H., Masayaki, I., Itoh, M., Yamamoto, K., Ohtani-Kaneko, R., Hara, M., Suzuki, T., Reiter, R.J. 1995. Identification of melatonin in plant seed oils

- effects on plasma melatonin levels and binding to melatonin receptors in vertebrates. *International Journal of Biochemistry and Molecular Biology*, **35**: 627–634.
- Hernandez, J.A., Olmos, E., Corpas, F.J., Sevilla, F., Del Rio, I.A., 1995. Salt-induced oxidative stress in chloroplasts of pea plants. *Plant Science*, **105**:151-167
- Han QH, Huang B, Ding CB, et al. 2017. Effects of melatonin on anti-oxidative systems and Photosystem II in cold-stressed rice seedlings. *Frontiers in Plant Science* **8**: 785.
- Howarth, C.J., Ougham, H.J., 1993. Gene expression under temperature stress. *New Phytologist* **125**: 1-26.
- Kaya, A.; Doganlar, Z. B. Melatonin improves the multiple stress tolerance in pepper (*Capsicum annuum*) *Scientia Horticulturae*. 2019, 256.
- Kalefetoğlu, T., Ekmekçi, Y .,2005. The effects of drought on plants and tolerance mechanisms. *Gazi University Journal Of Science*,**18** (4), 723-740.
- Kacar, B., 1994. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri: III Toprak Analizleri. Ankara *Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları*: **3**, Ankara,703s.
- Kingston-Smith, A.H., Harbinson, J. And foyer, C.H. 1999. Acclimation of photosynthesis, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Content and antioxidant in Maize (*Zea mays*) Growth at sub-optimal temperature. *Plant Cell Environment*. **22**:1071-1083.
- Knight, H., 2000. Calcium signaling during abiotic stress in plants, *International Review of Cytology*. **195**: 269–324.
- Kolár J, Johnson CH, Macháčková I (1999). Presence and possible role of melatonin in a short-day flowering plant, *Chenopodium rubrum*. In: Olcase J, editor. melatonin after four decades: an assessment of its potential, Vol. **460**. Berlin, Germany: *Springer*, pp. 391-393
- 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. 2002. Amelioration of chilling injuries in watermelon seedlings by abscisic acid. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. **26**: 17-20
- Korkmaz, A., Demir, Ö., Kocaçınar, F., Yakup, 2016. Biber fidelerinde yapraktan yapılan melatonin uygulamalarıyla üşüme stresine karşı toleransın artırılması. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, **19**(3): 348-354.
- Korkmaz, A., Karaca, A., Kocaçınar, F., Cuci, Y. 2017. The effect of seed treatment with melatonin on germination and emergence performance of pepper seeds under chilling stress. *Tarım Bilimleri Dergisi/Journal of Agricultural Sciences*, **23** (2): 167-176
- Lerner, A.B., Case, J.D., Takahashi, Y. 1958. Isolation of melatonin, a pineal factor that lightness melanocytes. *Journal of American Chemical Society*, **80**: 2587-2591.
- Li, C., Wang, P., Wei, Z., Liang, D., Liu, C., Yin, L., Jia, D., Fu, M., Ma, F. 2012. The mitigation effects of exogenous melatonin on salinity-induced stress in *malus hupehensis*. *Journal of Pineal Research*, **53**: 298-306.
- Liu, J., Wang, W., Wang, L., Sun, Y. 2015. Exogenous melatonin improves seedling health index and drought tolerance in tomato. *Plant Growth Regulation*, **77**: 317–326.
- Luna, C., Seffino, L.G., Arias, C. ve Taleisnik, E. 2000. Oxidative stress indicators as selection tools for salt tolerance in *chloris gayana*.. *Plant Breeding*, **119**: 341-345.

- Lutts, S, Kinet, J.M. ve Bouharmont, J., 1996. NaCl-Induced senescence in leaves of rice (*oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. *Annals of Botany* **78**: 389-398.
- Mock, J.J. and Eberhart, S.A., 1972. Cold tolerance in adapted maize populations. *Crop Science* **12**, 466-71.
- Melis, A., 1999. Photosystem II damage and repair cycle in chloroplast: what modulates the rate of photodamage in vivo *Trends Plant Science* **4**:130-135.
- Özalp, R., 2008. *Türkiye Biber Üretimi ve Biber Tohumculuğunun Durumu*. 7. Sebze Tarımı Sempozyumu. Bildiri kitabı 26-29 ağustos 2008.
- Palta, J.P., J. Lewitt and E.J. Stadelmann, 1977a. Freezing injury in onion bulb cells, I. Evaluation of the conductivity method and analysis of ion and sugar efflux from injured cells. *Plant Physiology*. **60**: 398-402.
- Palta, J.P., J. Lewitt and E.J. Stadelmann, 1977b. Freezing injury in onion bulb cells, a comparison of freezing vs. desiccation and living vs. dead cells. *Plant Physiology*, **41**: 273-279.
- Palta, J.P. and P.H. Li, 1978. In plant cold hardiness and freezing stress-mechanism and crop implications. Edited by P. H. Li and A. Sakai (*Acad. press*, New York). p.93-115.
- Palta, J.P. and P.H. Li, 1980. Alterations in membrane transport properties by freezing injury in herbaceous plants. Evidence against rupture theory. *Physiol. Plant*. **50**: 169-175.
- Paredes S D, Korkmaz A, Manchester L C, Tan D X & Reiter R J (2009). Phyto-melatonin: A review. *Journal of Experimental Botany* **60**: 57-6
- Park WJ 2011. Melatonin as an endogenous plant regulatory signal: debates and perspectives. *Journal Plant Biology*, **54**: 143-149
- Pearce, R.S., 1999. Molecular analysis of acclimation to cold. *Plant Growth Regulation*, **29**: 47-76.
- Posmyk, M. M., Janas, K. M. 2009. Melatonin in plants. *Acta Physiologia Plantarum*, **31**: 1-11.
- Puhakainen, T., 2004. **Physiological and molecular analyses of cold acclimation of plants**. Department of Biological and Environmental Sciences, Genetics Faculty of Biosciences, University of Helsinki, Finland.
- Reiter, R.J. 1991. Pineal melatonin: Cell biology of its physiological interactions. *Endocrine Reviews*, **12**: 151-181.
- Reiter, R.J., Tan, D.X., Burkhardt, S., Manchester, L.C., 2001. Melatonin in plants. *Nutrition Reviews*, **59**: 286-290.
- Reiter R J, Tan D X, Terron M P, Flores L J & Czarnocki Z (2007). Melatonin and its metabolites: New findings regarding their production and their radical scavenging actions. *Acta Biochimica Polonica* **54**: 1-9
- Reiter, R.J., Tan, D.X., Zhou, Z., Cruz, M.H.C., Fuentes-Broto, L., Galano, A. 2015. Phyto-melatonin: assisting plants to survive and thrive. *Molecules*, **20**: 7396-7437.
- Rodriguez C, Mayo JC, Sainz RM, Antolin I, Herrera F, Martin V, Reiter RJ (2004) Regulation of antioxidant enzymes: a significant role for melatonin. *Journal Pineal Research*.**36**:1-9
- Rylski, I., 1973. Effect of the early environment on flowering in pepper( *Capsicum annuum*). *Horticulture Abst.* **43**(5), 2850.

- Shalata, A., Tal, M., 1998. The Effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in the leaf of the cultivated tomato and its wild salt-tolerant relative *Lycopersicon pennellii*. *Physiology Plant*, **104**: 169-174.
- Shen, W.Y., Nada, K. And Tachibana, S. 1999a. Oxygen radical generation in chilled leaves of cucumber (*cucumis sativus* L.) cultivars with different tolerance to chilling temperature. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*. **68**:780-787.
- Shen, W.Y., Nada, K. And Tachibana, S. 1999b. Effect of cold treatment on enzymatic and non enzymatic antioxidant activities in leaves of chilling-tolerant and chilling-sensitive cucumber (*cucumis sativus* L.) cultivars. *Journal of the Japanese Society for Horticultural Science*. **68**:967-973
- Shi, H., Jiang, C., Ye, T., Tan, D.X., Reiter, R.J., Zhang, H., Liu, R., Chan, Z. 2015. Comparative physiological, metabolomic, and transcriptomic analyses reveal mechanisms of improved abiotic stress resistance in bermudagrass *Cynodon dactylon* L. pers. by exogenous melatonin. *Journal of Experimental Botany*, **66**: 681–694.
- Shi H, Chen K, Wei Y, He C. 2016a. Fundamental issues of melatonin-mediated stress signaling in plants. *Frontiers in Plant Science* **7**: 1124.
- Smeets, L. and Smallwood, M., Bowles, D.J., 2002. Plants in a cold climate. *Philosophical Transactions of The Royal Society B* **357**: 831-847.
- Solak, F. T., 2016. **Çanakkale şartlarında tarla ve tünel altında kıvrıkcık salata (*Lactuca sativa* var. *crispa*) yetiştirme olanakları**, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Sreenivasulu, N., Grimm, B., Wobus, U., Weschke, W., 2000. Differential response of antioxidant compounds to salinity stress in salt-tolerant and salt-sensitive seedling of fox-tail millet (*Setaria italica*). *Physiology Plant*, **109**: 435-442.
- Tal O, Haim A, Harel O, Gerchman Y 2011. Melatonin as an antioxidant and its semi-lunar rhythm in green macroalga *Ulva* sp. *Journal of Experimental Botany*, **62**: 1903–1910
- Taleisnik, E., Peyran, G., Arias, C., 1997. Response of chlorisgayana cultivars to salinity. 1. germination and early vegetatif growth. *Tropical Grassland*, **31**: 232-240
- Tan D X, Manchester L C, Reiter R J, Plummer B F, Limson J, Weintraub S T & Qi W (2000). Melatonin directly scavenges hydrogen peroxide: A potentially new metabolic pathway of melatonin bio-transformation. *Free Radical Biology and Medicine* **29**: 1177-1185
- Tan D X, Hardeland R, Manchester L C, Korkmaz A, Ma S, Rosales-Corral S & Reiter R J (2012). Functional roles of melatonin in plants, and perspectives in nutritional and agricultural science. *Journal of Experimental Botany* **63**: 577-597
- Teixeira A, Morfim MP, De Cordova CAS, Charão CCT, De Lima VR, Creczynski-Pasa TB 2003. Melatonin protects against prooxidant enzymes and reduces lipid peroxidation in distinct membranes induced by the hydroxyl and asorbyl radicals and by peroxynitrite. *Journal of Pineal Research*, **35** (4): 262-268.
- Togay, Y., Yaşar, F., Togay, N., Yıldırım, B., Uzal, O. Determination of physiological and biochemical reactions of different pea varieties and lines under chilling stress. *Oxidation Communications* **38**(4):3098-3107.
- Tuğ, H., Üzal, Ö. "Bazı Organik Materyallerin Kıvrıkcık Yaprak Salata (*Lactuca Sativa* Var. *Crispa*)' Nın Morfolojik Özellikleri Üzerine Etkisinin Araştırılması," **II. International Scientific and Vocational Studies Congress (Bilmes 2018)**, Nevşehir, Turkey, pp.1177-1181, 2018

- Uzal Ö., 2017 The Effect of GA3 applications at different doses on lipidperoxidation, chlorophyll, and antioxidant enzyme activities in pepper plants under salt stress", *Fresenius Environmental Bulletin*, **26**, no.8, pp.5283-5288.
- Van Tassel, D. L., Roberts, N., Lewy, A., O'Neill, S. D. 2001. Melatonin in plant organs. *Journal of Pineal Research*, **31**: 8–15.
- Venema, J.H., Villerous, L. And Van Hasselt, P.R., 2000. Effect of acclimation to suboptimal temperature on chilling –induced photodamage: comparison between a domestic and a high-altitude with lycopersicon species. *Plant Science*, **152**:153-163.
- Xu, X. D. 2010. **Effects of Exogenous Melatonin on Physiological Response of Cucumber Seedlings under High Temperature Stress**. Thesis for Master's Degree, Northwest A&F University, Yangling Shanxi, China.
- Xu, S.C., Li, Y.P., Hu, J., Guan, Y.J., Ma, W.G., Zheng, Y.Y., Zhu, S.J. 2010. Responses of antioxidant enzymes to chilling stress in tobacco seedlings. *Agricultural Sciences in China*, **9**: 1594-1601.
- Wethner, T., 1997. Environmental effects on genetic variation of chilling resistance in cucumber. *Euphytica* **97**:217-225.
- Wen D, Gong B, Sun S, et al. 2016. Promoting roles of melatonin in adventitious root development of *Solanum lycopersicum* L. by regulating auxin and nitric oxide signaling. *Frontiers in Plant Science* **7**: 718.
- Yaşar, F., Uzal, Ö., Özpay, T., 2010. Changes of the lipid peroxidation and chlorophyll amount of green bean genotypes under drought stress, *African Journal of Agricultural Research* Vol. **5**(19), pp. 2705-2709.
- Yaşar, F., Üzal, Ö., Yaşar, Ö., 2013. Identification of ion accumulation and distribution mechanisms in watermelon seedling (*Citrullus lanatus* (Thunb) Mansf.) grown under salt stress. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi.*, **23**. 209-214.
- Yaşar F., Üzal Ö., Köse Ş., Yaşar Ö., Ellialtıoğlu S., 2014 "Enzyme activities of certain pumpkin (*Cucurbita* spp) species under drought stress", *Fresenius Environmental Bulletin*, vol.**23**, pp.1093-1099.
- Yasar, F., Uzal, O., Yasar, O., 2016. Antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation amount of pea varieties (*Pisum sativum* sp. Arvense L.) under salt stress. *Fresenius Environmental Bulletin*, **2**:37-42.
- Yaşar, F., Ellialtıoğlu S., Yıldız, K., 2008. Effect of salt stress on antioxidant defense systems, lipid peroxidation, and chlorophyll content in green bean, *Russian Journal of Plant Physiology*, **55**: 782-786.
- Yaşar, F., Uzal, O., Tufenkci, S., Yıldız, K., 2006. Ion accumulation in different organs of green bean genotypes grown under salt stress. *European Journal of Horticultural Science*, **71**: 169-172.
- Yaşar, F., 2003. **Tuz Stresi Altındaki Patlıcan Genotiplerinde Bazı Antioksidant Enzim Aktivitelerinin in vitro ve in vivo Olarak İncelenmesi**. (doktora tezi basılmamış). Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bil. Enst., Van.
- Yaşar, F., Ellialtıoğlu, Ş., Gürbüz Kılıç, Ö., Üzal, Ö. 2007a. Fasulye genotiplerinin (*phaseolus vulgaris* l.) artan tuz konsantrasyonu ve farklı zamanlardaki gelişim performansları. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **Cilt. 12**: 54-58.
- Yaşar, F., Ellialtıoğlu Ş., Ozpay, T., Üzal Ö. 2007b. Karpuz (*Citrillus Lanatus*) genotiplerinde, tuz stresinden kaynaklanan oksidatif zararlanmanın zamana göre

- değişimi ve skala ile ilişkis-inin belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Cilt. 12: 59-64.
- Yılmaz, E., Tuna, A.L., Bürün, B., 2011. Bitkilerin tuz stresi etkilerine karşı geliştirdikleri tolerans stratejileri. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(1): 47–66.
- Yiğit, D., Güleriyüz, M., 1995. Farklı doz ve derinliklerde uygulanan potasyumun sülfat gübresinin Kütahya vişne çeşidinin soğuğa dayanımına etkisi üzerinde bir araştırma. *II. Bahçe Bitkileri Kongresi I*, 253-258.
- Yu, Q.J., Zhou, Y.H., Huang, L.F. and Allen, D.J., 2002. Chilling –induced inhibition of photosynthesis: genotypic variation within cucumis sativus. *Plant Cell Physiology*, 43 (10):1182-1188.
- Zhang R, Sun Y, Liu Z, Jin W, Sun Y. 2017. Effects of melatonin on seedling growth, mineral nutrition, and nitrogen metabolism in cucumber under nitrate stress. *Journal of Pineal Research* 62: e12403.
- Zorlugenç, F. K., Fenercioğlu, H., 2012, Ozmotik dehidrasyon uygulamasının trabzon hurması meyvelerinin kuruma davranışı ve ürün kalitesi üzerine etkileri, *Çukurova Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 28(5), 149-159.
- Zhang J, Shi Y, Zhang X, Du H, Xu B, Huang B. 2017. Melatonin sup-pression of heat induced leaf senescence involves changes in abscisic acid and cytokinin biosynthesis and signaling pathways in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Environmental and Experimental Botany* 138: 36–45.



## ÖZ GEÇMİŞ

1991 yılında Van Merkezde doğdum. İlk, orta ve lise tahsilimi Van'da tamamladım. 2013 yılında Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümüne yedincilikle yerleştim. 2017 yılında mezun oldum. Aynı zamanda 2017 yılında Pedagojik Formasyon Eğitimi aldım. 2017 yılı ara vermeden Bahçe Bitkileri Bölümünde yüksek lisansa başladım.

