



**T.C.**

**TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ**

**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**İŞİK YAYAN DİYOTLARIN İN VİTRO KOŞULLARDAKİ  
ÜZÜM ÇEŞİTLERİNDE KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE  
ETKİSİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Hatice COŞAR TUTUMLU**

**Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Neval TOPCU ALTINCI**

**TOKAT- 2024**



**Bu tez çalışması;**

**Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bilimsel Araştırma Fonu Başkanlığı tarafından  
2023/43 nolu proje ile desteklenmiştir.**





## ÖZET

Y.Lisans Tezi

### IŞIK YAYAN DİYOTLARIN İN VİTRO KOŞULLARDAKİ ÜZÜM ÇEŞİTLERİNDE KALİTE ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

COŞAR TUTUMLU, Hatice  
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı  
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Neval TOPCU ALTINCI  
Ağustos 2024, x + 42 sayfa

Işık, bitki büyümesini ve morfolojisini etkileyen en önemli çevresel değişkenlerden biridir. Yapay aydınlatma kullanımı verimliliği ve kaliteyi arttırdığı gibi tarımda da özellikle doğal ışığın yetersiz olduğu kapalı alanlarda tarıma olanak sağlaması nedeniyle daha da önem kazanmaktadır. Bir tür yapay aydınlatma olan ışık yayan diyotlar (LED'ler), dar ve spesifik bir spektral bileşime ayarlanabilmeleri, uzun ömürlü, dayanıklı ve küçük olmaları ve nispeten serin kalmaları nedeniyle bilimsel araştırma ve bitkisel üretimde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada ışık kalitesinin (gün ışığı, kırmızı ve mavi ışık) *in vitro* koşullardaki Michele Palieri ve Italia üzüm çeşitlerinde bitki büyümesi, fotosentetik aktivite ve antioksidan enzim aktivitesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Gün ışığı ile karşılaştırıldığında mavi LED uygulaması sürgün uzaması, yaş ağırlık ve klorofil a/b oranı desteklemiş, fotosentetik parametrelerde düşüşe neden olmuştur. Mavi LED uygulaması SPAD değerini artırmış aynı zamanda iyon akışı ölçümlerinde en yüksek veriler elde edilmiştir. Antioksidan enzim reaksiyonlarına çeşitler değişken tepkiler vermiştir. Michele Palieri çeşidinde protein miktarını artırmada kırmızı LED, SOD enzim miktarında gün ışığı ve mavi LED, APX enzim miktarını artırmada ise gün ışığı daha etkin olmuştur. Italia çeşidinde protein miktarını artırmada mavi, SOD enzim miktarını artırmada gün ışığı, APX enzim miktarını artırmada kırmızı LED daha etkin olmuştur. Klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil değerleri en yüksek gün ışığı koşullarında ölçülmüştür. Sonuç olarak farklı kalitedeki LED ışık uygulamalarının üzüm çeşitleri arasında verim ve kalite üzerine farklı etkilerinin olduğu ve bu konudaki araştırmaların artırılması gerektiği kanaatine varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Italia, Michele Palieri, LED, Antioksidan Enzim Aktivite, Klorofil, APX, İyon Akışı, Karotenoid.

## ABSTRACT

Ms Thesis

### **THE EFFECT OF LIGHT EMITTING DIODES (LED) ON QUALITY CHARACTERISTICS OF GRAPE VARIETIES IN VITRO CONDITIONS**

COŞAR TUTUMLU, Hatice

Tokat Gaziosmanpaşa Universty

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Horticulture

Advisor: Assit.Prof.Dr. Neval TOPCU ALTINCI

August 2024, x + 42 pages

Light is one of the most important environmental variables affecting plant growth and morphology. The use of artificial lighting not only increases productivity and quality, but also becomes more important in agriculture because it enables agriculture, especially in closed areas where natural light is insufficient. Light-emitting diodes (LEDs), a type of artificial lighting, are also widely used in scientific research and crop production because they can be tuned to a narrow and specific spectral composition, are long-lasting, durable and small, and remain relatively cool. In this study, the effects of light quality (daylight, red and blue light) on plant growth, photosynthetic activity and antioxidant enzyme activity in Michele Palieri and Italia grape varieties under in vitro conditions were investigated. Compared to daylight, blue LED application supported shoot elongation, fresh weight and chlorophyll a/b ratio, and caused a decrease in photosynthetic parameters. Blue LED application increased the SPAD value and also obtained the highest data in ion flow measurements. Cultivars showed variable responses to antioxidant enzyme reactions. In Michele Palieri variety, red LED was more effective in increasing the amount of protein, daylight and blue LED were more effective in increasing the amount of SOD enzyme, and daylight was more effective in increasing the amount of APX enzyme. In the Italia variety, blue LED was more effective in increasing the amount of protein, daylight was more effective in increasing the amount of SOD enzyme, and red LED was more effective in increasing the amount of APX enzyme. Chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll values were measured under the highest daylight conditions. As a result, it was concluded that LED light applications of different qualities have different effects on yield and quality among grape varieties and that research on this subject should be increased.

**Key Words:** Italia, Michele Palieri, LED, Antioxidant Enzyme Activity, Chlorophyll, APX, Ion Flux, Caroten.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ETİK SÖZLEŞME.....	i
JÜRİ KABUL VE ONAY.....	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
TABLolar LİSTESİ.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	viii
KISALTMALAR VE SİMGELER.....	ix
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. LİTARATÜR ÖZETLERİ.....</b>	<b>5</b>
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>13</b>
<b>3.1. Materyal.....</b>	<b>13</b>
<b>3.2. Yöntem.....</b>	<b>13</b>
3.2.1. In vitro çoğaltım.....	13
3.2.2. Başlangıç kültürü.....	13
3.2.3. Alt kültür aşaması.....	14
3.2.4. Ölçüm sayım ve analizler.....	15
3.2.5. İstatistiki analiz.....	18
<b>4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....</b>	<b>19</b>
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....</b>	<b>31</b>
<b>6. KAYNAKÇA.....</b>	<b>33</b>
<b>7. ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>42</b>

## TABLULAR LİSTESİ

	<b><u>Sayfa</u></b>
Çizelge 4. 1: Işık yayan diyotların sürgün uzunluğuna etkisi(cm).....	19
Çizelge 4. 2: Işık yayan diyotların sürgün yaş ağırlığına etkisi(mg).....	20
Çizelge 4. 3: Işık yayan diyotların sürgün kuru ağırlığına etkisi(mg).....	21
Çizelge 4. 4: Işık yayan diyotların SPAD değerine etkisi.....	22
Çizelge 4. 5: Işık yayan diyotların klorofil a üzerine etkisi .....	23
Çizelge 4. 6: Işık yayan diyotların klorofil b üzerine etkisi.....	23
Çizelge 4. 7: Işık yayan diyotların klorofil a+b üzerine etkisi.....	24
Çizelge 4. 8: Işık yayan diyotların klorofil a/b üzerine etkisi.....	25
Çizelge 4. 9: Işık yayan diyotların karotenoid yapısına etkisi .....	26
Çizelge 4. 10: Işık yayan diyotların iyon akışı üzerine etkisi(%).....	27
Çizelge 4. 11: Işık yayan diyotların protein üzerine etkisi.....	28
Çizelge 4. 12: Işık yayan diyotların SOD üzerine etkisi.....	28
Çizelge 4. 13: Işık yayan diyotların APX üzerine etkisi.....	29



## ŞEKİLLER LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 3. 1: Başlangıç kültüründeki bitkilerin gelişimine ait bir görünüm.....	14
Şekil 3. 2: Farklı ışık kalitesi altındaki bitkilerin gelişimine ait bir görünüm.....	15
Şekil 3. 3: İyon akışı ölçümleri.....	16
Şekil 3. 4: Klorofil miktarı ölçümleri.....	17



## KISALTMALAR VE SİMGELER

<b>APX</b>	: Askorbat Peroksidaz
<b>Ark.</b>	: Arkadaşları
<b>BA</b>	: Benzyl Adenin
<b>Chl</b>	: Klorofil Değişimi
<b>cm</b>	: Santimetre
<b>EC</b>	:Elektriksel İletkenlik
<b>g</b>	:Gram
<b>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></b>	: Hidrojen Peroksit
<b>HZZO</b>	: Hücre Zarı Zararlanma Oranı
<b>LED</b>	: Light Emitting Diode
<b>Mg</b>	: Miligram
<b>Mm</b>	: Milimetre
<b>Mm</b>	: Milimol
<b>µM</b>	: Mikromol
<b>MS</b>	: Murashige ve Skoog Besin Ortamı
<b>NBT</b>	: Nitro Blue Tetrazolium
<b>NaCl</b>	: Sodyum Klorür
<b>nm</b>	: Nanometre
<b>O<sub>2</sub></b>	: Dioksit
<b>OIV</b>	: Uluslararası Bağ ve Şarap Örgütü
<b>ppm</b>	: Milyonda Bir Kısım
<b>PPF</b>	: Fotosentetik Foton Akı

<b>PVP</b>	: Polivinilprolidin
<b>SOD</b>	: Süperoksit Dismutaz
<b>TAA</b>	: Toplam Antioksidan Aktivite
<b>TÜİK</b>	: Türkiye İstatistik Kurumu
<b>U/mg</b>	: Mikrogram
<b>%</b>	: Yüzde
<b>°</b>	: Derece



## 1. GİRİŞ

Bağcılığın tarihi dünyada insanlık tarihi kadar eski olduğu bilinmektedir ve o eski çağlardan günümüze kadar uzanan üzüm figürleri, bağ resimleri ve şarap testileri gibi kalıntılar bu durumun en net göstergesidir. Bugün de bağcılık ve şarapçılık gıda sanayinde kendisine önemli bir yer edinmektedir (Çiçekli, 2022).

Bağcılık, her iki yarım kürede çok uzun yıllardır yapılmakta olan bir tarımsal faaliyettir. Bu faaliyetin çıktısı olarak üzümün, taze olarak sofralık tüketiminin yanı sıra, kuru üzüm ve şaraba işlenerek üç yaygın değerlendirme şekli bulunmaktadır. Bu ana değerlendirme şekilleri yanı sıra üzüm, üzüm suyu ve özellikle ülkemizde pekmez, reçel, köfter, bulama vb. geleneksel ürünlere işlenmektedir. Ayrıca asmanın yaprakları da salamuraya işlenmektedir. Üzümün değerlendirilme olanakları bakımından geniş bir potansiyele sahip olması, üzüme oldukça önemli bir ticari değer kazandırmaktadır (Kiracı ve ark., 2008).

Üzüm, dünyada yetiştiriciliği en çok yapılan bitkilerdendir. 2023 yılı OIV verileri, dünyadaki bağ yüzey alanının 2022 yılına göre %0,5 küçülerek 7.2 milyon hektara gerilediğini göstermektedir. Üzüm alanlarındaki bu düşüşün her iki yarım kürede de (tüm üzüm türleri dahil) yetiştiricilik yapılan bölgelerdeki üzüm bağlarının kaldırılmasından kaynaklandığı belirtilmektedir. Bu eğilim hem şarap hem de sofralık üzüm/kuru üzüm üretiminde dikkat çekmektedir. Dünya genelinde en büyük bağ alanı olan İspanya 945 hektarlık üretime sahip olup, 2022 yılına göre %1,0 oranında düşüş göstermiştir. Alan miktarında İspanya'dan sonra ise Fransa, İtalya, Çin ve Türkiye gelmektedir (OIV, 2023). TÜİK (2023), verilerine göre ülkemizde 1.799.05 ton sofralık, 1.304.344 ton kurutulmuş, 296.606 ton şaraplık üzüm üretilmiştir. Bu veriler Türkiye'de tarım sektörü içerisinde bağcılığın önemine işaret etmektedir.

Son yıllarda bahçe bitkilerinde doku kültürü çalışmaları hız kazanmış olup, bu uygulama bağcılıkta da yaygın olarak kullanılmaktadır. Bitki doku kültürü steril ortamda suni besin koşullarında ana bitkiden alınan hücre toplulukları veya parçaların (eksplant) büyümesi-çoğaltılması olarak tanımlanır. Doku kültürü ile üretimin amaçları arasında fonksiyonel gen çalışmaları, ticari olarak bitki çoğaltımı, endüstriyel ve tarımsal özelliklere sahip

transgenik bitkilerin üretimi, bitki ıslahı ve mahsulün iyileştirilmesi sıralanabilir. Ayrıca hastalıklardan arındırılmış yüksek kaliteli ve sağlıklı bitki üretimi, vejetatif bitki mahsullerinin germplazması olarak korunması ve tehdit altındaki veya nesli tükenmekte olan bitki türlerinin kurtarılması da doku kültürü ile ulaşılabilecek hedefler arasında yer alır (Loyola-Vargas ve Ochoa-Alejo, 2018).

Doku kültürü tekniklerinden biri olan *in vitro*; mikro aşılama; büyüklüğü türlere göre 0.1-0.8 mm arasında değişen sürgün ucu meristemini, binoküler mikroskop altında, tohumdan ya da *in vitro* mikro çoğaltma yoluyla elde edilmiş ve tepesi vurularak değişik biçimlerde kesit açılmış anaçlar üzerine, steril koşullarda yerleştirilmesi işlemidir(Göktürk Baydar, 1999).

Kültürlerin *in vitro* ortamda çoğaltımı için mineraller, vitaminler, organik maddeler ve bitki büyüme düzenleyicileri gereklidir. Bu ortam bileşenleri arasındaki etkileşimler, kültür ortamının optimizasyonunu oldukça karmaşık ve zaman alıcı bir işlem haline getirir (Nas ve ark., 2013). Bitki doku kültüründe en yaygın kullanılan bazal besin ortamları, özellikle Murashige ve Skoog ve Modifiye MS, Gamborg'un B5 besin ortamı ve B5 modifikasyonları, odunsu bitki ortamı ve Kuniyuki odunsu bitki ortamı bileşimleridir (Phillips ve Garda, 2019).

*Vitis* cinsine ait birçok tür ve çeşitte *in vitro* çoğaltımda başarı sağlanmıştır. *In vitro* çoğaltımda eksplant kaynağı olarak genellikle sürgün ucu, aktif tomurcuk, yaprak sapı ve yapraklar kullanılmaktadır (Barlass ve Skene 1978; Nova'k ve Ju°vova' 1982/83; Cheng ve Reisch 1989). Farklı tür ve çeşitlerde kültür ortamının bileşimini değiştirerek veya büyüme düzenleyicilerin farklı konsantrasyonları ile başarılı bir mikro çoğaltım gerçekleştirilebilmektedir (Pool and Powel 1975; Nova'k ve Ju°vova', 1982/83; Goldy ve Goldy, 1991; Gray ve Benton, 1991; Gribaudo ve Fronda 1991; Heloir ve ark., 1997; Iba'n~ez ve ark., 2003; Singh ve ark., 2004; Poudel ve ark., 2005). Mikro çoğaltımda; kültür ortamı, bitki büyüme düzenleyicilerinin yanında ışık, diğer dış faktörlere göre bitki hücre, doku ve organ kültürlerinin büyümesini ve farklılaşmasını kontrol eden önemli faktörlerdendir (Hughes, 1981).

Bitkisel üretimde ışık, büyüme ve gelişmede önem arz etmekte olup, güneş ışığına rağmen yapay ışık kaynakları da son derece önem kazanmıştır. Doğada ışık kaynağının

yetersiz olduğu koşullarda ve yapay üretim yerlerinde üretim ihtiyacı ve kullanım koşulları daha profesyonel yaklaşımlar gerektirmektedir. Bu yönleriyle güneş ışığı en ucuz ışık kaynağı olmasına rağmen bütün ihtiyaçlara cevap verememektedir. Buna bağılı olarak bitkisel üretimin birçok aşamasında verim ve kalite artışı sağlamak, bitki fizyolojisine etki etmek amacıyla yapay ışık kaynaklarının kullanımı ve teknolojisi giderek yaygınlaşmaktadır. Bitkisel üretimde yaygın olarak kullanılan ışık kaynakları; akkor telli lambalar, yüksek basınçlı sodyum buharlı deşarj lambaları ve LED lambalardır (Çakırer ve ark., 2017).

Bitki morfolojisini, fizyolojisini ve gelişimini temelden etkileyen ışık ve ışığın spektral bileşimindeki değişiklikler, fotosentezden ikincil metabolizmaya kadar uzanan süreçler üzerinde etkili olduğu ifade edilmektedir (Lazzarin ve ark., 2021). Işık yayan diyotlar (LED) tamamlayıcı ışığın spektral bileşimini doğru bir şekilde kontrol etme olanakları sağlanmasıyla, bitki üretimini ve kalitesini iyileştirmek için gün geçtikçe daha çok tercih edilmektedir. (Dueck ve ark., 2016; Lazzarin ve ark., 2021).

Tarımsal aydınlatma alanına giren yeni bir aydınlatma teknolojisi olan LED'ler geleneksel aydınlatma sistemlerine kıyasla uzun kullanım ömrü sahip olmaları, daha küçük boyutlarda, daha yüksek fotosentetik verimliliğe sahip, daha az termal radyasyon ve daha yüksek güvenlik performansı gibi çeşitli avantajlara sahiptirler (Schuerger ve ark., 1997; Al Murad ve ark., 2021). Ayrıca LED'ler isteğe bağılı ışık kalitesini sağladıkları için bitki büyümesini, besin kalitesini ve verimini iyileştirmede tercih edilmektedir. LED'lerin bitki üretiminde daha verimli kullanımı için bir sistem yaklaşımı geliştirilmesi gerekmektedir. LED aydınlatmanın optimize etmek için türe özgü bir ışık tarifinin geliştirilmesi ile bitkilerde verim ve kaliteyi artırma potansiyelleri büyüktür (Al Murad ve ark., 2021).

Işık, bitki büyümesini ve morfolojisini etkileyen en önemli çevresel değişkenlerden biridir (Hernández ve ark., 2016). Yapay aydınlatmaların kullanımı verim ve kaliteyi arttırmasının yanında doğal ışığın yetersiz olduğu özellikle iç mekanlardaki yetiştiriciliğe olanak sağlamasından dolayı tarımda daha da önem kazanmaktadır. Bir tür yapay aydınlatma olan ışık yayan diyotlar (LED'ler) dar ve spesifik bir spektral bileşime ayarlanabildiği, uzun bir çalışma ömrüne sahip olduğu, dayanıklı ve küçük olduğu ve nispeten soğuk kaldığı için bilimsel araştırmalarda ve yetiştiricilikte yaygın olarak

kullanılmaktadır (Bantis ve ark., 2016). Bitkisel üretimde kullanılan Led'ler, özellikle de spesifik dalga boylarının ayarlanması ile sürgün uzaması, köklenme, antioksidan enzim aktiviteleri, yaprak anatomisi, klorofil içeriği ve klorofil flüoresansı dahil olmak üzere *in vitro* olarak yetiştirilen bitkiciklerin çeşitli morfolojik ve fizyolojik özelliklerini ve fotosentetik yeteneklerini düzenlemek için kullanılmıştır (Wang ve ark., 2009; Simlat ve ark., 2016).

*In vitro* çoğaltımda sağladığı avantajlarla yoğun ilgi gören Led'lerin Patates (Aksenova ve ark. 1994; Jao ve ark. 2005), Liliium (Lian ve ark. 2002), Cymbidium (Tanaka ve ark. 1998), marul (Yanagi ve ark. 1996; Okamoto ve ark., 1997), Okalıptüs (Nhut ve ark., 2002) ve kadife çiçeği ve tıbbi aromatik bitkilerden ada çayında (Heo ve ark., 2002) morfogenez üzerine olumlu etkileri olduğu bildirilmiştir. Bunun yanında farklı üzüm genotipleri üzerine köklenme ve sürgün gelişimi üzerine etkilerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar sınırlı sayıda kalmıştır (Poudel ve ark., 2008; Heo ve ark., 2006).

Önceki çalışmalarda birçok bitki tür ve çeşidinde ışık kaynağı, rengi ve kalitesinin fizyolojik ve morfolojik etkileri incelenmiş ve tepkiler bitki türlerine hatta çeşitlere göre değişiklik göstermiştir. Çalışmada farklı renkli Led'lerin *in vitro* koşullarda çoğaltımı gerçekleştirilen Michele Palieri ve İtalia üzüm çeşitlerinde sürgün gelişimleri ve klorofil kalitesinin incelenmesinin yanında bazı fizyolojik ve biyokimyasal analizlerle çeşit bazında tepkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. LİTARATÜR ÖZETLERİ

Mikroçoğaltım, bir donör bitkiden alınan eksplantı kullanarak, steril koşullarda ve yapay besi ortamlarında çok sayıda bitki elde etmek amacıyla kullanılan bir tekniktir. Bu teknik neticesinde az bir zaman aralığında, küçük alanlarda, çevre koşullarına bağlı kalmaksızın, hastalıktan arı çok sayıda bitki üretilebilmektedir. Günümüzde birçok alanda bu teknikten faydalanılmaktadır (Hammud, 2022).

Işık enerjisi tarımsal üretimin en önemli girdilerinden biridir. Güneşten gelen enerjiye destek olmak amacıyla kullanılan yapay ışık kaynakları fotobiyolojik olayların oluşumunu desteklemektedirler. Yapay aydınlatmada kullanılan ışık kaynaklarının canlıların gereksinmelerine uygun, emniyetli, çevreci ve düşük enerji ihtiyacına sahip olmaları çok büyük önem taşımaktadır. Bitkileri etkileyen fizyolojik faktörlerden en önemlisi ışıktır. Işık, bitkilere sadece enerji taşımaz aynı zamanda çeşitli fotomorfogenetik mekanizmalarla, enerjinin farklı metabolik yollara yönlendirilmesinde önemli rol oynar. Bitkiler, hayvanlar ve insanlar için ideal ışık koşullarının varlığı, onların üretim yeteneklerinden daha fazla yararlanılarak nitelik ve nicelik yönünden üstün ürünlerin üretilmesine olanak sağlar. Bu nedenle, insanlar doğal ışığın yeterli olmadığı zamanlarda, ışığı yapay yollarla üretmeye çalışmışlardır. Elektrikli yapay ışık kaynakları olarak farklı lambalar kullanılmaktadır. Bunun yanında ışık yayan diyot olarak bilinen LED'ler; düşük enerji tüketimleri, istenilen dalga boyunda ışık verebilmeleri, uzun ömürlü olmaları, küçük boyutlu ve hızlı açılıp kapanma özelliğine sahip olmalarından dolayı diğer ışık kaynaklarına alternatif oluşturmaktadır. Belirli ışınım dağılımı ve yüksek ışık akısı ile LED'ler tarımda yaygın olarak kullanılmaktadır (Uysal, 2011).

LED'in bitkiler üzerindeki etkilerini gözlemlemek amacıyla yapılan çalışmalarda tatmin edici birçok sonuç elde edilmiştir. Elde edilen verilere göre; sürgün uzaması, koltuk altı sürgün oluşumu, somatik embriyo indüksiyonu, rizogenez, yaprak anatomisi ve *in vitro* yetiştirilen bitkilerin fotosentetik yetenekleri gibi çeşitli morfolojik, anatomik ve fizyolojik özelliklerin LED'lerin spektral özellikleri tarafından düzenlendiği tespit edilmiştir (Gupta ve Jatothu, 2013).

LED ışıkların çeşitlendirilmesi amacıyla çeşitli bitki türlerinin büyüme ve gelişmelerine yönelik çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Çalışmaların çoğundan elde edilen veriler



doğrultusunda şu değerlendirmeler yapılmıştır. Bitkilerin çoğunda fotosentetik pigmentler tarafından ışık spektrumunun esas olarak kırmızı ve mavi kısımlarını kullandıkları gözlemlenmiştir. Kırmızı LED ışık tüm ışık spektrumundaki temel unsurlardan biridir ve normal bitki büyümesi ve fotosentez için çok uygundur. Kırmızı ışık bitki büyümesi ve üretiminde daha çok tercih edilir çünkü bitki verimini artırır, nitrat yoğunluğunu azaltır ve bitkilerde C vitamini oranını artırır. Kırmızı ışığın yanı sıra mavi ışık da bitkilerin büyüme ve gelişmesi için gerekli bir ışık kaynağıdır. Mavi ışıklı LED'ler kriptokrom sisteminin aktivasyonu, klorofil ve karotenoid absorpsiyon spektrumlarının eşleştirilmesi yoluyla yeşil sebze morfolojisi, büyümesi, fotosentezi ve antioksidan sistem tepkisi üzerinde önemli etkilere sahiptir. Mavi ışık aynı zamanda nitrat içeriğini azaltarak, fenolik bileşikler, askorbik asit, karotenoidler, antosiyanin içerikleri ve yaprak rengine de etki eder. Mavi ışık, bitkilerde vejetatif büyüme ve pigment konsantrasyonunu artırarak bitki üretimine önemli derecede katkı sağlar( Al Murad ve ark., 2021).

Işık yayan diyotların (LED) farklı orkidelerin *in vitro* koşullar altında çoğalması üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla yapılan çalışmada genel olarak monokromatik kırmızı ışığın bitkisel büyümeyi artırırken, mavi ışığın daha çok klorofil içeriğini artırdığı bildirilmiştir. Ancak sonuçların uygulanan ışığın, türün ve hatta çeşidin test edilen spektral bileşiminin yanı sıra çevre koşullarına bağlı olarak değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir(Hanus-Fajerska ve Wojciechowska, 2017).

*Momordica charantia* L. (acı kabak) ile beyaz LED ışık (WL), mavi monokromatik ışık (B, 465 nm) ve kırmızı monokromatik ışığın (50  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) (R, 650 nm) tohum çimlenmesi, fizyolojik ve biyokimyasal parametreler, cinsiyet farklılaşması ve fotosentetik özelliklerine etkileri araştırılmıştır. Elde edilen bulgular doğrultusunda mavi ışığın tohum çimlenmesi, fide büyümesi, cinsiyet farklılaşması ve fotosentetik performansın iyileştirilmesi üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu ve bunun, belirli LED dalga boylarını kullanarak optimum fotosentezin yapay olarak düzenlenmesinin temelini oluşturacağı sonucuna varılmıştır (Wang ve ark., 2021).

Devrim (2019), Öküzgözü, Boğazkere ve Şire üzüm çeşitleriyle yaptığı çalışmada doku kültürü çalışmalarında kullanılacak en uygun eksplant tipi ve ışık yoğunluğunu incelemiştir. Budama zamanı üç gözlü olarak alınan çelikler köklendirilerek sürgün ucu ve boğumları olmak üzere iki farklı materyal şeklinde MS besi yeri ortamına dikilmiştir.

Dikim sonrası bitkiler 1112 l x, 2200 l x ve 2800 l x ışık yoğunluklarına sahip büyütme odalarına alınmıştır. Deneme başlangıcından itibaren yedi hafta boyunca gözlem ve analizler yapılmıştır. Bu kapsamda her hafta kloroz şiddeti, boğum sayısı, yaprak sayısı ve sürgün sayısı değerlerine bakılmıştır. Elde edilen bulgulara göre incelenen bütün özellikler bakımından sürgün ucu eksplantında en yüksek değerler saptanmıştır. Işık yoğunluklarına göre önemli etkiler gözlemlenmemiştir. En yüksek yaprak, boğum ve sürgün sayısı 2200 l x ışık yoğunluğunda elde edilmiş olup, en d şuk değerler 1112 l x ışık kalitesinde tespit edilmiştir.

LED lambalar kullanılarak oluşturulan farklı dalga boylarına sahip bitki büyütme ortamlarının *Ferguson F1* domates ve *Odin F1* biber fidelerinin kaliteleri üzerine etkilerini gözlemlemek amacıyla yapılan bir çalışmada, iklim odalarında aynı ışık yoğunluğuna sahip farklı dalga boylarındaki (kırmızı, mavi, yeşil, beyaz ve gün ışığı-kontrol) LED ışık kaynakları kullanılmıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda mavi ışığın fidelerin gelişimini baskıladığı tespit edilmiştir. Kırmızı ışığın ise bitki gelişimini desteklediği ve fidelerde boy artışı sağladığı gözlemlenmiştir. Farklı oranlardaki mavi ışığın fide kalitesi üzerine uzun süreli etkileri incelendiğinde uygulama sonrası gün ışığı aydınlatma koşullarına alınan domates fidelerinin kalitesi üzerinde mavi ışık etkisinin devam ettiği, ancak fidelerde büyümenin devam ettiği gözlemlenmiştir. Biber fidelerinde ise mavi ışığın etkisinin tamamen ortadan kalktığı belirlenmiştir. Bu veriler doğrultusunda fide boyunun baskılanmasında mavi ışık etkisinin fide end stresinde kullanılan kimyasal maddeler gibi %100 etkili olmadığı kanaatine varılmıştır (Havan, 2021).

Serada topraksız yetiştiricilik şartlarında ilkbahar ve sonbahar döneminde yapay ışıklandırmanın bitki gelişimi üzerine etkileri incelenmiştir. 2: 1 oranında kokopit ve perlit ortamında, *Funnly F1* marul eşidi PWC saksılarda damlama sulama sistemi kullanılarak yetiştirilmiştir. Her parselin üzerine kırmızı, mor, mavi ve sarı olmak üzere 4 farklı Led ışık kaynağı kullanılmıştır. Led ışıklarına ilave olarak 3 farklı N dozu (50, 100 ve 150 ppm) uygulaması yapılmıştır. Elde edilen bulgulara göre; farklı Led ışıkların pazarlanabilir bitki baş ağırlığı, bitki çapı ve klorofil miktarı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuş olup SÇKM, pH ve titre edilebilir asit oranları üzerine etkisi önemli bulunmamıştır. N uygulamasında doz artışı ile baş ağırlığı arasında oransal bir

artış gözlemlenmiştir. Işık uygulamalarından kırmızı led uygulaması kontrole göre verim artışı sağlamış olup, yaprak nitrat içeriklerinde düşüşe sebep olmuştur (Dinçer Seçkin, 2019).

Yavuz (2019), yaptığı çalışmada farklı renkte LED uygulamaların çileğin biyokimyasal bileşimi ile hasat sonrası kalitesi ve muhafazası üzerine etkilerini incelenmiştir. Bu amaçla çilekler, 0 °C ve 5 °C olmak üzere iki farklı sıcaklıkta ve %85-90 oransal nem şartlarında 10 gün süreyle depolanmıştır. Depolama sırasında çilekler sürekli olarak mavi, kırmızı ve ultraviyole-A (UVA) LED ile aydınlatılmış, bir saat süreyle ultraviyole-A uygulandıktan sonra karanlıkta (UVAS) bırakılmış ve yalnızca karanlık ortamda tutulmuştur. Çalışmada 0 °C de depolanan çileklerde antosiyanin miktarı, kırmızı rengin korunması ve früktoz miktarının artırılması açısından mavi LED uygulamasının etkili olduğu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte kırmızı LED uygulaması renk değerleri ve glikoz miktarı, titrasyon asitliği ve SÇKM miktarının korunmasında kontrole göre etkili olmuştur. Ayrıca toplam şeker miktarının artırılması, meyve eti sertliğinin korunması ve ağırlık kaybının azaltılmasında ise UVAS uygulamasının öne çıktığı gözlemlenmiştir. Araştırmada 5 °C depolanan çileklerde kırmızı LED ışığın antosiyanin miktarının artırılması, meyve eti sertliğinin korunması, ağırlık kaybının azaltılması ve SÇKM miktarının artırılması açısından önemli derecede etkili olduğu gözlemlenmiştir. Buna karşılık yapılan LED uygulamalarının früktoz, glikoz ve toplam şeker üzerinde önemli etki göstermediği tespit edilmiştir.

Avcı (2019), yapmış olduğu araştırmada güneşlenme süresinin az olduğu bölgelerde örtü altında yetiştirilen yeşil aksamli sebzelerde mavi, kırmızı ve sarı renkli LED aydınlatma sistemleri ve bunların birleşimlerinin bitki gelişimine ve verime etkisini incelemiştir. Araştırma sonuçlarına göre; bitkiler 63 günde olgunlaşmalarını tamamlayarak, hasada gelme süreleri kısalmıştır. Toplam bitki ağırlığı en yüksek değer 1175,12 g ile mavi+sarı+kırmızı LED uygulamasından elde edilirken en düşük değer ise 948,15 g ile mavi+sarı LED uygulamasından elde edilmiştir. Yine verim parametrelerinde de en yüksek değer mavi+sarı+kırmızı LED uygulamasından elde edilmiş olup, en düşük değer mavi+sarı LED uygulamasında ölçülmüştür. Sonuç olarak LED aydınlatma sistemlerinin güneşlenme süresinin az olduğu bölgelerde örtü altı sebzeçiliğinde alternatif olabileceği kanaatine varılmıştır.

Kırmızı ve mavi ışığın *in vitro* koşullardaki Hybrid Franc üzümü ve Kadainou R-1 ve *Vitis ficifolia* çeşitlerinin büyüme morfolojisi üzerine etkileri incelenmiştir. Kırmızı LED altında kültüre alınmış genotiplerde boğum araları daha uzun ve sürgün sayısı fazla gözlemlenmiş olup SPAD değeri, eksplant başına düşen yaprak sayısı, klorofil içeriği, stoma sayısı açısından mavi ışığın daha etkili olduğu belirtilmiştir. Farklı ışık yayan diyetler Hybrid Franc'ın kök gelişimine etkisinin önemsiz olduğu, diğer genotiplerde ise kırmızı ışığın kök sayısını artırdığı ifade edilmiştir (Paudel ve ark., 2007).

Farklı LED ışık kaynaklarının *in vitro* koşullardaki hurma ağacı kültürlerinde sürgün çoğalması, fitokimyasal ve antioksidan enzim aktivitelerinin artırılması üzerindeki etkileri incelenmiştir. *In vitro* olarak kültüre alınan tomurcuklar, MS besisi ortamında gün ışığı, mavi + kırmızı ışık kombinasyonları ile inkübe edilmiştir. Sonuçlar beyaz floresan ışık ile karşılaştırıldığında LED'lerin sürgün büyümesinde, toplam çözünür karbonhidrat, nişasta ve serbest amino asitlerin miktarlarında artış sağladığı ifade edilmiştir. Ayrıca peroksidaz aktivitesinde artış sağlandığı, sürgünlerdeki besin maddesi içerikleri araştırıldığında potasyum, magnezyum ve sodyum miktarlarında olumlu etkiler gösterdiği tespit edilmiştir (Mayahi, 2016).

*Dendrobium nobile* bitkisinin *in vitro* çoğaltımında beş farklı LED uygulaması ( kırmızı ışık (R), mavi ışık (B), 8R:2B, 7R:3B ve 5R:5B) beyaz floresan ışık ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada *D. nobile* bitkisinin biyokimyasal ve fizyolojik özellikleri incelenmiş olup, kırmızı ve mavi LED ışığının 8R:2B ve 7R:3B kombinasyonlarının kök sayısı, kök uzunluğu, kök aktivitesi, antioksidan yeteneği, klorofil içeriği açısından etkilerinin olduğu bildirilmiştir (Guo ve ark., 2023).

Büyüme mevsimi boyunca 41 kivi çeşidinde ışık yoğunluğunun klorofil (Chl) değişimi üzerindeki etkisini değerlendirmek amacıyla yapılan bir çalışmada beyaz ışık, kırmızı LED ve mavi LED uygulamaları altındaki bitkilerde morfolojik ve fizyolojik parametreler değerlendirilmiştir. Mavi ışık karbon nitrojen oranının (C/N oranı) ve Chl miktarının yanı sıra, koruyucu hücre plastidlerinin sayısını artırmış, kırmızı ışığın ise büyüme ve yapraklarda nişasta ve sakkaroz içeriğini artırdığı gözlemlenmiştir. Ayrıca mavi ışık, Chl biyosentezi için anahtar genlerin ekspresyonunu kırmızı ışığa nazaran daha olumlu etkilemiştir. Elde edilen sonuçlar, kivi bitkilerinin mavi ve kırmızı ışık

kombinasyonu altında *in vitro* kültürlenmesiyle büyümenin teşvik edilebileceğini göstermiştir (Xiaoying ve ark., 2022).

İki önemli yerli karanfil çeşidi olan Green Beauty ve Purple Beauty'nin büyümesi, fizyolojisi ve antioksidan enzim aktivitesi üzerine ışık kalitesinin etkileri araştırılmıştır. *In vitro* olarak yetiştirilen sürgün ucu eksplantları, beyaz floresan lamba (kontrol), mavi ve kırmızı LED altında 8 hafta boyunca kültüre alınmıştır. Daha sonra fizyolojik ve morfolojik parametreler ölçülmüştür. Araştırmadan elde edilen veriler mavi ve kırmızı LED uygulamalarının büyüme, fotosentetik parametreler ve besin içeriğini kontrole göre önemli ölçüde artırdığını göstermiştir. Ayrıca kırmızı ışığın her iki çeşitte de antioksidan enzim aktivitelerini ve element içeriklerini artırdığı tespit edilmiştir (Manivannan ve ark., 2017).

Marul yapraklarının LED ışık teknolojisinin üç farklı dalga boyuna vereceği tepkiler araştırılmıştır. Çalışmada marul yaprakları yeşil (522nm), kırmızı (639nm) ve mavi (470nm) farklı ışık yoğunluklarına maruz bırakılmıştır. Daha sonra tilakoid multiprotein kompleksi proteinleri ve fotosentetik metabolizma araştırılmıştır. Biyokütle ve fotosentetik parametreler mavi ışığın yoğunluğunun artmasıyla artarken, ışık şiddeti azalan kırmızı ve yeşil LED ile aydınlatıldığında azalmıştır. Araştırma neticesinde yüksek yoğunluklu mavi LED'lerin doğal ortamda kloroplast proteinlerinin aktivitesini kontrol ederek bitki büyümesine katkı sağlayacağı gözlemlenmiştir (Muneer ve ark., 2014). Yaprak marulda (*Lactuca sativa* L.) yapılan diğer bir araştırmada kırmızı+mavi ışık aydınlatmasının büyüme ve daha fazla besin alımını teşvik ettiği bildirilmiştir (Shin ve ark., 2013).

Patates bitkisinin *in vitro* çoğaltımında monokromatik ışık, mavi, kırmızı ve beyaz ışıkla desteklenen ışık kombinasyonları kullanarak yapılan çalışmada monokromatik ışıklar ve birleşik spektrumların büyüme ve gelişme üzerine etkilerinin değişkenlik gösterdiği bildirilmiştir. Örneğin, monokromatik kırmızı mikro yumruların büyümesini sağlarken, kırmızı ışığa beyaz ışık eklenmesi mikro yumruların ağırlıklarını artırmıştır. Monokromatik mavi ışık yumru büyümesini kolaylaştırırken, mavi ışığa beyaz ışık eklenmesiyle mikro yumru ağırlığının azaldığı, mikro yumru sayısının arttığı gözlemlenmiştir. Bu nedenle, tarımsal üretimde *in vitro* koşullarda patates bitkisinin

farklı büyüme aşamalarında özel ışık uygulamaları tavsiye edilebilir bulunmuştur(Li ve ark., 2020).

*Funly F1* kıvrıkcık yapraklı salata çeşidine güneş ışığına ilave olarak farklı renkli LED ışıkların ( mavi, sarı, kırmızı, mavi+sarı, mavi+kırmızı, sarı+kırmızı, mavi+sarı+kırmızı) büyüme ve gelişme üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda en yüksek toplam bitki ağırlığı, pazarlanabilir baş ağırlığı, pazarlanabilir yaprak sayısı, toplam yaprak sayısı ve pazarlanabilir verim değerleri mavi+sarı+kırmızı ışık birleşiminden elde edilmiştir. Ayrıca mavi+sarı+kırmızı ışık kombinasyonu verim ve bileşenlerini artırırken, nitrat içeriğini düşürdüğü çalışma sonucunda ifade edilmiştir (Efe, 2014).

Kiraz (*Prunus avium L. cv. 0900 Ziraat*) meyvelerinin depolama süresince görsel ve biyokimyasal kalitesi üzerine LED ve UV-B ışığının etkilerini gözlemlemek amacıyla yapılan bir çalışma da kiraz meyvelerinin bir grubuna 10, 20 ve 40 dakika süreyle UV-B uygulandıktan sonra ambalajlanmış, diğer grubu ise ambalajlandıktan sonra mavi (M), kırmızı (KR), ultraviyole A (UV-A) led ışık altında depolanmıştır. Karanlık ortamda depolanmış meyveler ise kontrol olarak kullanılmıştır. Araştırma sonucunda, kirazlarda meyve elastikiyetinin korunması, SÇKM miktarının artırılması ve görsel kalite bakımından en iyi uygulamanın UV-B 40 olduğu; SÇKM/TEA oranı, fruktoz ve glikoz miktarı, toplam çözünür fenol miktarının artırılması ile antosiyanin miktarı, kırmızı renk ve tat kalitesinin korunması açısından ise en iyi uygulamanın UV-B 20 olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda 0900 Ziraat çeşidi kiraz meyvelerinin soğukta depolanması süresince biyokimyasal ve görsel kalitesinin korunması için özellikle UV-B 20 uygulamasının en iyi ve kullanılabilir bir uygulama olduğu belirtilmiştir (Şahin, 2018).

Farklı ışık kalitelerinin İtalia ve Centennial Seedless üzüm çeşitlerin kloroplast yapısı ve fotosentez verimliliği üzerindeki etkilerinin araştırıldığı çalışmada kırmızı, mavi ve gün ışığı LED'ler kullanılmıştır. Araştırma sonucunda kontrole göre kırmızı ışığın klorofil içeriği, net fotosentetik oranı önemli ölçüde artırdığı, yaprak yaşlanmasının erken evresinde mavi ışığın bu değerleri düşürdüğü ifade edilmiştir. Kontrole göre kırmızı ve mavi ışık klorofil a/b oranını artırmıştır. Kloroplastın yapısında mavi ışık daha fazla hasara neden olurken kırmızı ışıkta bu daha az gözlemlenmiştir. Çalışma neticesinde İtalia üzüm çeşidi Centennial Seedless çeşidine göre daha yüksek klorofil içeriği, net

fotosentetik oran, klorofil a/b ve daha iyi korunmuş kloroplast altyapısı göstererek yaprak yaşlanma hızını yavaşlattığı ifade edilmiştir (Shuai ve ark., 2016).

Çilek meyvelerinde LED ışıkların verim ve kalite üzerine etkilerini araştırmak için yapılan çalışmada meyveler spektrumun kırmızı (623nm), uzak kırmızı (727 nm) ve mavi (470 nm) olmak üzere üç farklı yoğunlukta büyütülmüştür. Elde edilen sonuçlar genel olarak ışık uygulamalarının çilek meyvesindeki antosiyaninleri, toplam fenolik içeriğini, antioksidan aktiviteyi ve toplam polifenol içeriğini artırmada etkili olduğunu göstermiş, verimde artış sağlamış, LED ışık altındaki bitkilerde a-amilaz ve lipaz enzimlerine karşı daha yüksek inhibitör aktivite gösterdiği tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda, ışık yayan diyetlerin çilekte polifenollerin sindirim enzimleri üzerindeki inhibitör etkilerini artırdığı tespit edilmiştir (Romero ve ark., 2024).

*In vitro* koşullardaki muz bitkisinde iki farklı LED aydınlatma sisteminin (beyaz LED ve koyu kırmızı/beyaz LED) geleneksel floresan lambalarla karşılaştırıldığı bir çalışmada, organogenez yoluyla stoma oluşumu ve klorofil (Chl) seviyeleri incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre her iki LED aydınlatma, *in vitro* koşullardaki muz bitkiciklerinde toplam Chl, Chl-a ve Chl-b düzeylerini artırmış ve kontrole göre yaprak yüzeylerindeki stoma oluşumu teşvik etmiştir. Çalışma sonunda muzun mikroçoğaltımında LED ışık uygulamalarının uygulanabilir bir yöntem olabileceği ifade edilmiştir (Vieira ve ark., 2015).

Jiang ve ark. (2019), yapmış oldukları araştırmada Favorita patates (*Solanum tuberosum L.*) çeşidinde farklı LED uygulamalarının bitki büyümesi, morfogenezi ve yumrulaşması üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Yapılan çalışmada eksplantlar *in vitro* koşullarda 21 gün boyunca floresan lamba, %100 kırmızı LED (100R), %100 mavi LED (100B) ve üç adet mavi ve kırmızı LED kombinasyonu (% 80R/20B, 70R/30B, 50R/50B) altında kültüre alınmıştır. Elde edilen bulgulara göre; bitki boyu %100R LED en yüksek olurken, kök uzunluğu ve taze ağırlık en yüksek %80R/20B ışık kombinasyonunda gözlemlenmiştir. Klorofil içeriği ve toplam çözünür karbonhidrat içeriğinin, % 100R LED en az %30B LED birleşiminde en yüksek değerlere ulaştığı; karotenoid içeriği ve yumru köklerin ortalama ağırlığının ise hem kırmızı hem de mavi ışık uygulamasında yüksek seviyede olduğu belirtilmiştir. Araştırmada sonucuna göre Favorita patates için en iyi yetiştirme koşulunun 70R/30B uygulaması olduğu ifade edilmiştir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Bu çalışma Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümüne ait Doku Kültürü Laboratuvarlarında yürütülmüştür. Tez çalışmasında Michele Palieri ve Italia sofralık üzüm çeşitleri *in vitro* çoğaltımda kullanılmıştır. Çeşitlere ait özellikler aşağıda belirtilmiştir.

**Michele Palieri;** Morumsu- siyah renkli, oval şekilli, 2 çekirdekli, büyüklük olarak çok iri formlu tane özelliğine sahiptir. Salkımları dallı yapılı, büyüklük olarak çok iri formlu ve dolgun yapıdadır. Orta mevsimde olgunlaşan çeşit karışık- kısa budama için uygundur (Çelik, 2006).

**Italia;** Taneleri yeşil-sarı renkli, hafif oval, iri yapılı ve 1-2 çekirdeğe sahiptir. Salkımlar konik-piramit yapılı, çok iri boyutlu ve dolgun sıklıktadır. Orta geç olgunlaşan çeşit karışık-kısa budama için uygundur (Çelik, 2006).

#### 3.2. Yöntem

##### 3.2.1. *In vitro* çoğaltım

##### 3.2.2. Başlangıç kültürü

Yapılan çalışmada çeşitlere ait 0,5- 1 cm uzunluğunda tek göz içeren sürgünler kesilip laboratuvar ortamına getirilmiştir. Laboratuvara getirilen mikro çelikler akan su altında 10 dakika aralıkla bir iki damla Tween 20 ilave edilerek 20 dakika boyunca yıkayıp yüzey sterilizasyon işlemi yapılmıştır.

Daha sonra %70'lik etil alkol içerisine 15 sn bekletilen mikro çelikler steril kabin içerisine alınmış ve saf su ile çalkalanmıştır. Burada yüzey sterilizasyon işlemine devam edilen mikro çelikler % 0.5'lik sodyum hipoklorit çözeltisinde iki kez 10'ar dakika bekletilip daha sonra üç kez saf sudan geçirilip üçüncü saf su içerisinde bekletilerek işlem sonlandırılmıştır (Sivritepe, 1995).

Yüzey sterilizasyonu yapılmış eksplantlar, 121°C'de 20 dk. otoklavda steril edilmiş malzemeler (bistüri, pens, vb.) yardımı ile yaklaşık 1-2 cm uzunluğunda, üzerinde 1 adet koltuk tomurcuğu bulunacak şekilde kesilerek dikime hazırlanmıştır. Başlangıç kültürü aşamasında kullanılan MS besin ortamı 0.5 mg/lit BA, %3 sukroz ve %0.7 bacto agar ile



hazırlanmıştır. Besin ortamına başlangıç kültüründe 105 cc'lik kavanozlara 15 ml besin ortamı koyularak 121°C'de 1.06 bar basınç altında 20 dakika otoklav edilmiştir. Başlangıç kültüründe her kavanoza/tüpe bir adet eksplant dikilmiştir.



Şekil 3. 1. Başlangıç kültürüne alınan bitkilerin gelişimlerine ait görüntüler

### 3.2.3. Alt kültür aşaması

Başlangıç kültüründen 3 hafta sonra mikro sürgünlerden elde edilen mikro çelikler 0,5 mg/l BA içeren %3 sukroz ve %0.7 bacto agar ile hazırlanmış MS besi yeri ortamına aktarılmıştır. Mikro çeliklerin dikim işleminin tamamlanmasının ardından, sıcaklığı 25±2 °C, fotoperiyodu 16 saat aydınlık 8 saat karanlık olacak şekilde ayarlanan bitki büyütme odasına getirilmiştir.

### Işık Kaynaklarının Özellikleri

Deneme de kullanılan ışık kaynakları ise gün ışığı, mavi ve kırmızı LED'lerle oluşturulmuştur. Gün ışığı 4000-4400 lüks ışık şiddetinde, mavi LED 450 nm dalga boyuna sahip, 34 µmol/s PPF özelliğine sahip (Planktekno marka, PLO90018D120ECC model) ve kırmızı LED ise 660 nm dalga boyuna sahip 34 µmol/s PPF özellikte (Planktekno marka, PLO90018D120ECC model)'dir.

### 3.2.4. Ölçüm, Sayım ve Analizler



Şekil 3. 2. Farklı ışık kalitesi altındaki bitkilere ait büyüme kayıtları

#### **Sürgün uzunluğu (cm)**

Farklı ışıklandırma ortamlarından alınan bitkiciklerin sürgün uzunlukları dijital kumpas (0,01 mm hassasiyet) ile ölçülmüştür.

#### **Sürgün yaş ağırlığı (mg)**

Farklı ışıklandırma ortamlarından alınan bitkiciklerin sürgün ağırlıkları hassas terazi (d=0.001g) ile ağırlıkları ölçülmüştür.

#### **Sürgün kuru ağırlığı (mg)**

Farklı ışıklandırma ortamlarından alınan bitkiciklere sürgünler etüvde 70°C de 48 saat bekletilerek bünyelerindeki su uzaklaştırılmış ve kuru ağırlıkları ayrı ayrı hassas terazi (d=0.001g) ile tartılmıştır.

**İyon akışı (%):** Uygulamalar sonrasında 0.3 g bitki örneği alınıp üzerine 15 ml saf su ile test tüplerine konulup, 24 saat süreyle oda sıcaklığında çalışan mekanik çalkalayıcıda (100 rpm) inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonrasında EC metre kullanılarak solüsyonun elektriksel iletkenliği (EC1) ölçülmüştür. Daha sonra aynı örnekler 121°C’de 20 dakika süreyle otoklavlanmıştır. Örnek sıcaklığı 25°C’ye düştüğünde solüsyonun elektriksel

iletkenlik (EC2) değeri tekrar ölçülmüştür. Yapraklardaki iyon akışı EC1/EC2 olarak hesaplanmış olup yüzde (%) olarak ifade edilmiştir.



Şekil 3. 3. İyon akışı ölçümleri

**Klorofil miktarı:** Her bir tekerrüre ait tüm sürgünlerdeki 5 yaprağın ana damara yakın iki bölgesi portatif klorofilmetre cihazı (Konica Minolta SPAD-502) yardımıyla ölçülmüştür. Elde edilen değerlerin ortalamaları SPAD cinsinden ifade edilmiştir (Geravandi ve ark., 2011).

### **Bitkiciklere ait yapraklardan klorofil ve karotenoid konsantrasyonlarının belirlenmesi**

Klorofil-a, klorofil-b, toplam klorofil, klorofil a/b ve karotenoid konsantrasyonunu belirlemek amacıyla bitkiciklere ait yaprak örnekleri ile çalışılmıştır. Bu örneklerde klorofil ve karotenoid analizi aşağıdaki yöntemle yapılmış ve hesaplanmıştır: 0.1 g taze yaprak örneği hassas bir terazide tartılıp üzerine 10 ml %80'lik (v/v) aseton ilave edilmiştir. Doğrudan güneş ışığı gelmeyen loş bir yerde 24 saat bekletilmiştir. Hazırlanmış örneklerin UV-VIS spektrofotometre cihazında ( model T60U, PG Instruments) 645, 663 ve 480 nanometre dalga boylarında absorbansları ölçüldü. Taze yapraklarda klorofil-a, klorofil-b, toplam klorofil, klorofil a/b ve karotenoid miktarları aşağıdaki formüllerde belirtildiği üzere hesaplandı ve analiz sonuçları bitkide mg/g taze madde (TM) olarak ifade edilmiştir (Arnon, 1949; Witham vd, 1971).

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

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

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

Klorofil (a / b) = (klorofil-a / klorofil-b)

Karotenoid, mg / g TM = (A480\*V) / (250\*w)

Burada; A663, A645 ve A480 = 663 nm, 645 nm ve 480 nm'deki absorbans okuma değerini ifade etmekte; V=son hacim (ml); w= örnek miktarı (g)



Şekil 3. 4. Klorofil miktarı ölçümleri

**Protein Analizi:** Örneklerin çözünebilir protein miktarları bovin serum albümin (BSA) standart eğrisi kullanılarak, Coomassie blue dye binding metodu (Bradford, 1976)'na göre ölçülmüştür.

**Antioksidan enzim aktiviteleri:** Antioksidan enzim aktivitelerinin belirlenmesi amacıyla enzim ekstraktları Özden ve ark. (2009)'nın yöntemine göre hazırlanmış olup bu amaçla alınan bitkiciklere ait örnekler 2 mM Na<sub>2</sub>-EDTA ve %1 PVP içeren 4 ml 50 mM K-posfat bafır çözeltisi (pH: 7.0) ile homojenize edildikten sonra, elde edilen homojenatlar 4 °C de 10.000 rpm'de 10 dk santrifüj edilmiştir. Oluşan süpernatant enzim aktivitelerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.

**-Süperoksit dismutaz (SOD; EC 1.15.1.1) enzim aktivitesi:** Süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesi, nitro blue tetrazoliumun (NBT) süperoksit radikalleri ile mavi renkli formazona fotokimyasal indirgenmesi reaksiyonunun SOD enzimi tarafından engellenmesinin spektrofotometrik olarak belirlenmesi esasına dayanan bu yöntemde (Mutlu, 2009), reaksiyon karışımı (3 ml)'nin içeriği; 50 mM KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (pH: 7.8), 13 mM metiyonin, 63 µM NBT, 13µM riboflavin ve 0.1 mM EDTA'tır. Aktivite ölçümü için 3 ml spektrofotometre küvetine yukarıdaki riboflavin içermeyen reaksiyon karışımından 2.58 ml alınarak ve üzerine 30 µL enzim ekstraktı eklenmesi ve reaksiyon, tüp üzerine 13 µM'lık riboflavin çözeltisinden 390 µL eklenip karıştırıldıktan hemen sonra, beyaz bir

ışık kaynağı önüne yerleştirilerek tepkime başlatılmıştır. Tüp, ışık kaynağının karşısında 15 dk tutulmuştur. Reaksiyon ışık kaynağının kapatılmasıyla da tepkime durdurulmuştur. 15 dk içerisinde NBT'nin renk açılma yoğunluğu 560 nm'de köre karşı okunmuştur. Kör, aynı işlemin enzimsiz örneğinden oluşmaktadır. SOD aktivitesinin 1 ünitesi, 560 nm'de gözlenen NBT indirgenmesinin %50 inhibisyonuna neden olan enzim miktarı, 1 enzim ünitesi olarak kabul edilerek ve değerler U/mg protein olarak sunulmuştur (Agarwal ve Pandey 2004; Yordanova ve ark., 2004).

**Askorbat Peroksidaz (APX; EC 1.11.1.11) enzim aktivitesi:** APX aktivite analizi, örnekteki enzim tarafından okside edilen askorbatın 290 nm absorbansında spektrofotometre ile ölçülmesi prensbine dayanmaktadır. Reaksiyon karışımı (2 ml) 50 mM K-fosfat bafır çözeltisi (pH: 7.0), 0.5 mM askorbik asit, 1 mM Na<sub>2</sub>EDTA, 0.1 mM hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) ve 50 µl enzim ekstraktından oluşmaktadır. Enzim ekstraktının reaksiyon karışımına ilave edilmesi ile askorbat oksidasyonu başlatılacak ve 3 dk boyunca reaksiyon izlenmiştir. Oksitlenen askorbat miktarı, ekstinksiyon katsayısı 2.8 mM/cm kullanılarak hesaplanmıştır. Enzimin 1 mg toplam protein başına dakikada oksitlediği askorbat miktarı 1 ünite olarak hesaplanacak, sonuçlar U.mg<sup>-1</sup> protein cinsinden kaydedilmiştir (Nakano ve Asada, 1981).

### **3.2.5. İstatistikî analiz:**

Deneme 3 tekerrürlü ve her tekerrür de 15 bitki olacak şekilde kurulmuştur. Denemede elde edilen veriler varyans analizi (ANOVA) ile analiz edildikten sonra uygulama ortalamaları arasındaki farkların önemli olup olmadığı Duncan Çoklu Karşılaştırma testi ile ( $P \leq 0,05$  ve  $P \leq 0,01$  düzeyinde) belirlenmiştir.

#### 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada *in vitro* koşullar altındaki İtalia ve Michele Palieri üzüm çeşitlerine üç farklı ışık kalitesi (gün ışığı, kırmızı, mavi LED) ile muamele edilmiş olup, uygulamalardan elde edilen istatistiki analizler aşağıdaki tablolarda değerlendirilmiştir.

Tablo 1. *In vitro* koşullar altındaki üzüm çeşitlerinde ışık kalitesinin sürgün uzunluğuna etkisi

Sürgün uzunluğu (mm)	Gün Işığı LED	Kırmızı LED	Mavi LED	Ortalama
Michele Palieri	44.075 A a	39.760 A a	38.752 A a	40.862 A
Italia	43.195 A a	39.693 A a	46.932 A a	43.273 A
Ortalama	43.635 a	39.727 a	42.842 a	

\*Aynı satırda aynı büyük harfle gösterilen ortalamalar arasında fark  $p < 0.05$  seviyesinde önemsizdir.

\*\* Aynı sütunda aynı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasında fark  $p < 0.05$  seviyesinde önemsizdir.

*In vitro* koşullar altında ve farklı renkteki ışık kalitesine maruz bırakılan Michele Palieri ve İtalia üzüm çeşitlerine ait bitkiciklerin sürgün uzunluklarına ait veriler Tablo 1’de verilmiştir. Uygulamaların etkisi çeşitler arasında ve çeşit x uygulama interaksyonu açısından incelendiğinde istatistiki açıdan farklılık oluşturmamıştır. En uzun sürgün İtalia üzüm çeşidine (46.932 mm) ait bitkiciğin mavi ışık koşullarında ölçülürken, en kısa sürgün ise Michele Palieri (38.752 mm) çeşidinin mavi ışık koşullarında yetiştiği bitki örneklerinde ölçülmüştür.

Daha önceki çalışmalarda LED ışık kaynaklarının çeşitli niteliklerinin Teleki 5BB üzüm çeşidinin *in vitro* büyümesi ve karbonhidrat birikimi üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışmada sürgün uzaması kırmızı ışıkla önemli ölçüde uyarılırken, mavi ve kırmızı ışık kombinasyonunda en kısa sürgünler elde edilmiştir (Heo ve ark., 2006). Li ve ark. (2017), Yaptıkları çalışmadan elde ettikleri bulgular doğrultusunda bitkicikler arasında yaprak, sürgün ve kök büyümesi açısından istatistiki farklar önemli bulunmuştur. Gün ışığı altında yetiştirilen bitkilerin ortalama yaprak sayısı, toprak üstü kuru yaprak kütlesi ve taze yaprak ağırlığı monokromatik kırmızı veya yeşil ışık altında yetiştirilen bitkilerden elde edilen değerlerden daha büyük, mavi ışık altında yetiştirilen bitkiler için elde değerlere benzer bulunmuştur. Paudel ve ark. (2007), yürütmüş oldukları çalışmada kırmızı ışık altında kültürlenmiş üzüm çeşitlerinde boğum araları daha uzun en uzun sürgünleri elde ettiklerini ifade etmişlerdir. Bizim çalışmamızda çeşitler ve uygulamalar

arasındaki farklılıklar önemsiz olup, mavi ışığa maruz bırakılan bitkiciklerde daha yüksek değerler elde edilmiştir.

Tablo 2. *In vitro* koşullar altındaki üzüm çeşitlerinde ışık kalitesinin yaş ağırlığa etkisi

Yaş ağırlık(mg)	Gün Işığı LED	Kırmızı LED	Mavi LED	Ortalama
Michele palieri	0.583 AB a	0.470 B a	0.726 A a	0.593 A
İtalia	0.656 A a	0.780 A a	0.790 A a	0.742 A
Ortalama	0.620 a	0.625 a	0.758 a	

\*Aynı satırda aynı büyük harfle gösterilen ortalamalar arasında fark  $p<0.05$  seviyesinde önemsizdir.

\*\* Aynı sütunda aynı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasında fark  $p<0.05$  seviyesinde önemsizdir.

Tablo 2’de farklı kalitedeki ışık uygulamalarının çeşitlerin yaş ağırlıklarına etkisi incelenmiştir. Çeşitler içerisinde inceleme yapıldığında Michele Palieri çeşidinde bu parametredeki farklar istatistiki açıdan önemli, İtalia çeşidinde önemsiz bulunmuştur. Michele Palieri çeşidinde kırmızı LED uygulamasının yaş ağırlığı azalttığı (0.470 mg) gözlemlenmiştir. Uygulamalar ele alındığında ise her iki çeşitte de istatistiki açıdan farklar önemsiz bulunmuştur. En yüksek yaş ağırlık İtalia çeşidinde (0.790 mg) mavi ışık uygulamasından elde edilmiş olup, en düşük değer Michele Palieri çeşidinde (0.470 mg) kırmızı ışık uygulamasında ölçülmüştür.

Kırmızı LED ışığın hasat sonrası sofralık üzüm çeşitlerinin kalitesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Sonuçlar kırmızı ışık ışınlamasına maruz kalmanın meyvenin ağırlık kaybını azaltmada oldukça etkili olduğunu göstermiştir (Nassarawa ve ark., 2022). Demir ve Köksal (2022), yaptıkları çalışmada kırmızı ışığın domates bitkisinde yaş ağırlığı artırıcı, mavi ışığın ise tek başına uygulandığında azaltıcı etki gösterdiğini bildirmişlerdir.

Fanwoua ve ark. (2019), domateste yapmış oldukları çalışmada düşük yoğunlukta uzak kırmızı LED ışık uygulamasının, ilk ayda ortalama meyve taze ağırlığını artırdığını, ancak meyve hasadının ikinci ve üçüncü aylarında bu artışı sağlamadığını bildirmişlerdir. Işık yayan diyotların biber (*Capsicum annuum* L.) fidesinin büyüme özellikleri ve fitokimyasallar üzerindeki etkilerin araştırıldığı çalışmada ilave ışık kaynağı olarak mavi (470 nm, B), kırmızı (660 nm, R), mavi+kırmızı (BR), uzak kırmızı (740 nm, FR) ve UV-B (300 nm) kullanılmıştır. Araştırmadan elde edilen bulgular biber fidelerinin büyüme özellikleri ve fitokimyasal içeriği, kontrol uygulamasına kıyasla ilave LED ışıkla önemli derecede artış sağladığını göstermiştir. Sonuçlar kırmızı ışığın yaprak sayısı, boğum sayısı, yaprak genişliği ve bitki taze ağırlığını; mavi ışığın ise yaprak uzunluğu,

antosiyenin ve klorofil konsantrasyonu gibi parametreleri artırdığını göstermiştir (Azad ve ark., 2011).

Tablo 3. *In vitro* koşullar altındaki üzüm çeşitlerinde ışık kalitesinin kuru ağırlığa etkisi

<b>Kuru ağırlık(mg)</b>	<b>Gün IşığıLED</b>	<b>Kırmızı LED</b>	<b>Mavi LED</b>	<b>Ortalama</b>
<b>Michele Palieri</b>	0.036 B b	0.040 B b	0.080 A a	0.052 B
<b>İtalia</b>	0.073 B a	0.116 A a	0.083 B a	0.091 A
<b>Ortalama</b>	0.055 b	0.078 a	0.081 a	

\*Aynı satırda aynı büyük harfle gösterilen ortalamalar arasında fark  $p<0.05$  seviyesinde önemsizdir.

\*\* Aynı sütunda aynı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasında fark  $p<0.05$  seviyesinde önemsizdir.

*In vitro* koşullar altındaki çeşitlerde farklı ışık kalitesinin kuru ağırlık değerlerine etkisi çeşitler içerisinde ve uygulamalar arasında istatistiki açıdan önemli bulunmuştur (Tablo 3). En yüksek bitki kuru ağırlığı İtalia çeşidinde (0.116 mg) kırmızı ışık uygulamasında ölçülmüş olup, en düşük değer Michele Palieri çeşidinde (0.036 mg) gün ışığı kalitesinde tespit edilmiştir. Uygulamalar ele alındığında ise her iki çeşit içinde istatistiki açıdan fark önemli bulunmuştur. Gün ışığı ve kırmızı ışık çeşitler üzerinde daha etkin olmuştur. En yüksek kuru ağırlık değerleri mavi LED (0.081) uygulamasında çeşit olarak ise İtalia (0.091) çeşidinde ölçülmüştür.

Daha önceki çalışmalarda patlıcanda ışık uygulamalarının etkileri incelenmiştir. Mavi ışık uygulamalarıyla yetiştirilen patlıcanın bahar mevsiminde bazı parametrelerin ve kuru ağırlığının yüksek seviyelere ulaştığı bildirilmiştir (Demirsoy ve ark., 2016). Yine görünür spektrumlu LED aydınlatmanın kiraz domateslerinin fizikokimyasal kalitesi ve ana biyoaktif bileşikleri üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Kontrol olarak karanlık (D) kullanılan domatesler beyaz (W), mavi (B), mavi+kırmızı (B+R), yeşil+kırmızı (G+R), yeşil+uzak kırmızı (G+FR) LED altında 5 °C'de 13 gün boyunca saklanan ürünlerde analizler yapılmıştır. Elde edilen bulgular aydınlatma altındaki domateslerde daha fazla ağırlık kaybı ve sertlikte azalma olduğunu göstermiştir ( Martinez-Zamora ve ark., 2023).



Tablo 4. *In vitro* koşullar altındaki üzüm çeşitlerinde ışık kalitesinin SPAD değerine etkisi

SPAD	Gün Işığı LED	Kırmızı LED	Mavi LED	Ortalama
MichelePalieri	26.150 B a	27.000 B a	31.767 A a	28.306 A
İtalia	24.750 A a	24.480 A a	27.767 A a	25.780 A
Ortalama	25.590 b	25.740 b	29.767 a	

\*Aynı satırda aynı büyük harfle gösterilen ortalamalar arasında fark  $p<0.05$  seviyesinde önemsizdir.

\*\* Aynı sütunda aynı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasında fark  $p<0.05$  seviyesinde önemsizdir.

Tablo 4'te *in vitro* koşullardaki Michele Palieri ve Italia üzüm çeşitlerine uygulanan farklı kalitedeki ışık uygulamalarının SPAD değeri üzerine etkisi Tablo 4'te verilmiştir. Çeşitler arasında istatistiki sonuçlar ele alındığında Michele Palieri çeşidinde parametreler arasındaki farklar önemli bulunurken, Italia çeşidinde önemsiz bulunmuştur. En yüksek SPAD değeri mavi ışık koşullarındaki Michele Palieri çeşidinde (31.767) ölçülmüş olup, en düşük (24.750) değer gün ışığına maruz bırakılan Italia çeşidine ait bitkiciklerden elde edilmiştir. Michele Palieri çeşidinin LED ışık uygulamalarına tepkisi daha belirgin olmuştur. Uygulamaların etkisi her iki çeşit içinde istatistiki farklılık oluşturmamıştır. Mavi ışığın her iki çeşitte de SPAD değerini artırdığı gözlemlenmiştir.

Yapılan bir çalışmada uzak kırmızı ışık uygulamasının yaprak klorofil içeriğinin dinamik etkilerini ortaya koymak için SPAD değeri her yaprakta iki kez ölçülmüştür. Sonuçlar beyaz ışık altında benzer bitkilerle karşılaştırıldığında uzak kırmızı ışığın birden fazla organda gövde uzunluğunu ve karbonhidrat içeriğini artırdığını, yaprak alanını spesifik yaprak ağırlığını ve yaprakların kuru ağırlığını azalttığını göstermiştir. Bulgular uzun vadede uzak kırmızı ışık uygulamasının SPAD değerini etkilediğini göstermiştir (Kong ve ark., 2024).

Domates bitkisinde yapılan bir çalışmada ikili LED ışık kombinasyonlarının tekli ışık uygulamalarına nazaran fizyolojik değerlerde artış sağladığı tespit edilmiştir. Hibrit Refind F1 ve Mercan resifi F1 domates çeşitlerinde açık mavi ve kırmızı ikilisi ile açık yeşil ve kırmızı ikili aydınlatmalarının yaprak klorofil içeriği, yaprak ve kök kuru ağırlığı gibi kalite parametrelerinde artış sağladığı bildirilmiştir (Al-Rukabi ve ark., 2021).

Tablo 5. *In vitro* koşullar altındaki üzüm çeşitlerinde ışık kalitesinin klorofil a'ya etkisi

Klorofil a	Gün Işığı LED	Kırmızı LED	Mavi LED	Ortalama
MichelePalieri	1.304 A a	0.632 B a	0.470 B a	0.802 A
İtalia	0.603 A b	0.326 B b	0.284 B b	0.404 B
Ortalama	0.953 a	0.479 b	0.377 b	

\*Aynı satırda aynı büyük harfle gösterilen ortalamalar arasında fark  $p<0.05$  seviyesinde önemsizdir.

\*\* Aynı sütunda aynı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasında fark  $p<0.05$  seviyesinde önemsizdir.

Işık kalitesinin çeşitlerin klorofil a yapısına etkisi Tablo 5'te verilmiştir. Çeşit, uygulama ve çeşit x uygulama interaksyonu açısından istatistikî farklar önemli bulunmuştur. Klorofil a değerleri bakımından en yüksek değer Michele Palieri çeşidinde (1.304) gün ışığı altındaki bitkiciklerde ölçülürken, en düşük değer İtalia çeşidinde (0.284) mavi ışık uygulamasında tespit edilmiştir. LED ışık uygulamalarının etkisi her iki çeşit içinde uyarıcı olmuştur. Kırmızı ve mavi ışık kalitesinin kontrole göre klorofil a değerlerinde düşüşe neden olduğu gözlemlenmiştir. En düşük değerler mavi ışık uygulamasından elde edilmiştir.

Tablo 6. *In vitro* koşullar altındaki üzüm çeşitlerinde ışık kalitesinin klorofil b'ye etkisi

Klorofil b	Gün Işığı LED	Kırmızı LED	Mavi LED	Ortalama
Michele Palieri	0.372 A a	0.197 B a	0.103 C a	0.224 A
İtalia	0.247 A b	0.082 B b	0.059 B a	0.129 B
Ortalama	0.309 a	0.139 b	0.081 c	

\*Aynı satırda aynı büyük harfle gösterilen ortalamalar arasında fark  $p<0.05$  seviyesinde önemsizdir.

\*\* Aynı sütunda aynı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasında fark  $p<0.05$  seviyesinde önemsizdir.

*In vitro* koşullar altındaki çeşitlerde ışık uygulamalarının klorofil b'ye etkileri değerlendirildiğinde çeşitler içerisinde ve uygulamalar arasında istatistikî açıdan farklılık gözlemlenmiştir (Tablo 6). En yüksek değer beyaz ışık uygulamasında Michele Palieri çeşidinde (0.372) ölçülmüş, en düşük değer mavi ışık uygulamasında İtalia çeşidinde (0.059) saptanmıştır. Çeşitlerin uygulamalara tepkisi değişkenlik göstermiş olup, Michele Palieri çeşidinde uygulamalar daha etkin olmuştur. En yüksek klorofil b değerleri gün ışığı altındaki bitkiciklerde tespit edilmiştir. Çalışmadan elde edilen veriler doğrultusunda mavi ve kırmızı ışığın kontrole göre klorofil b değerlerinde düşüşe neden olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 7. *In vitro* koşullar altındaki üzüm çeşitlerinde ışık kalitesinin klorofil a+b'ye etkisi

Klorofil a+b	Gün Işığı LED	Kırmızı LED	Mavi LED	Ortalama
Michele Palieri	1.676 A a	0.831 B a	0.573 B a	1.026 A
İtalia	0.850 A b	0.408 B b	0.343 B a	0.534 B
Ortalama	1.263 a	0.619 b	0.458 b	

\*Aynı satırda aynı büyük harfle gösterilen ortalamalar arasında fark  $p<0.05$  seviyesinde önemsizdir.

\*\* Aynı sütunda aynı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasında fark  $p<0.05$  seviyesinde önemsizdir.

Toplam klorofil çeşitler içerisinde değerlendirildiğinde farklar istatistiki bakımdan önemli bulunmuştur. Michele Palieri çeşidine (1.676) yapılan gün ışığı uygulamasında en yüksek değer elde edilmiş olup, en düşük değer mavi ışık uygulaması yapılan İtalia çeşidinde (0.343) saptanmıştır. Uygulamalar arasındaki istatistiki farklar gün ışığı ve kırmızı LED uygulamasında önemli, mavi ışık uygulamasında önemsiz bulunmuştur. Uygulamalar ele alındığında gün ışığı LED uygulamasında (1.263), çeşitler ele alındığında ise Michele Palieri çeşidinde (1.026) en yüksek toplam klorofil değerleri elde edilmiştir. Sonuçlara bakıldığında gün ışığı koşullarındaki bitkiciklerde toplam klorofilin mavi ve kırmızı LED uygulamasına göre daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Yaprak marulda dört farklı LED ışık kaynağı kullanarak yapılan araştırmada, beyaz ışığın yeşil rengi koruma, klorofil bozulmasını azaltma ve marulun toplam çözünür katı içeriğini artırma açısından uygulama olarak en iyi sonucu verdiğini bildirmişlerdir (Kasim ve Kasim, 2017).

Benzer bir araştırmada yaprak klorofil miktarı ve renk değerleri üzerine uygulamaların etkisinin önemli olduğu görülmüştür. Gün ışığının uygulandığı fidelerde klorofil miktarının arttığı; gün ışığı ile birlikte tam spektrumlu floresan lamba kullanımının marul yapraklarının klorofil içeriğini gün ışığına göre %9.4, karanlıkta lamba uygulamasına göre %78.1 oranında arttırdığı bildirilmiştir (Öztekin ve Türe, 2019).

Bezelye fidelerinde LED ışığın etkilerinin incelendiği bir çalışma da ilk olarak kırmızı (625-630 nm) ve mavi (465-470 nm) LED ışık kaynakları kullanılmıştır. 96 aat boyunca farklı renk ve dalga boyunda ışığa maruz bırakılan bitkiler kontrol bitkileriyle karşılaştırıldığında kırmızı ışığın fidelerin gövde uzunluğu ve yaprak alanında önemli artışlar sağlarken, mavi ışık ise gövde uzunluğu ve fide ağırlığını önemli ölçüde artırdığı ifade edilmiştir. Ayrıca fidelerde mavi ışığın yapraklardaki klorofili hızla artırdığı ancak bitkiler arasındaki farkın önemli olmadığı tespit edilmiştir (Wu ve ark., 2007).

Tablo 8. *In vitro* koşullar altındaki üzüm çeşitlerinde ışık kalitesinin klorofil a/b'ye etkisi

Klorofil a/b	Gün Işığı LED	Kırmızı LED	Mavi LED	Ortalama
Michele Palieri	3.525 B a	3.198 B a	4.614 A a	3.7790 A
İtalia	2.439 B b	4.435 A a	5.164 A a	4.0129 A
Ortalama	2.982 c	3.816 b	4.8893 a	

\*Aynı satırda aynı büyük harfle gösterilen ortalamalar arasında fark  $p<0.05$  seviyesinde önemsizdir.

\*\* Aynı sütunda aynı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasında fark  $p<0.05$  seviyesinde önemsizdir.

Klorofil a/b'nin ışık kalitesine göre değişimi çeşit içerisinde istatistiksel farklar oluşturmuştur. İtalia çeşidinde mavi ışık kalitesinde en yüksek (5.164) ölçülürken, en düşük (2.439) değer gün ışığı koşullarında elde edilmiştir. Uygulamaların çeşitlere etkisi gün ışığı şartlarında önemli olmuş ancak mavi ve kırmızı LED uygulamalarında istatistiki fark oluşturmamıştır. Uygulamalar ele alındığında mavi LED (4.8893) uygulamasının, çeşitler ele alındığında ise İtalia (4.0129) çeşidinin en yüksek değerleri verdiği tespit edilmiştir.

Shuai ve ark. (2016), İtalia ve Centennial Seedless üzüm çeşitleri kullanılarak yaptıkları çalışmada farklı ışık kalitelerinin klorofil a/b'ye etkilerini incelemişlerdir. Araştırmada kontrol (ek aydınlatma yok), kırmızı ve mavi ışık kullanılmıştır. Kontrole göre kırmızı ışıkta klorofil içeriği, net fotosentetik oran önemli ölçüde artış göstermiş, yaprak yaşlanmasının erken evresinde mavi ışıkta tam tersi etki gözlemlenmiştir. Kontrole karşılaştırıldığında kırmızı ve mavi ışığın her ikisi de klorofil a/b oranını önemli ölçüde artırmıştır. Çalışmamızda benzer şekilde Michele Palieri çeşidinde mavi LED uygulamasının, Italia çeşidinde ise mavi ve kırmızı LED uygulamalarının klorofil a/b üzerindeki etkisi araştırma sonucuyla benzerlik göstermektedir.

Başsız Çin lahanası üzerinde yapılan bir çalışmada mavi LED aydınlatma altında yetiştirilen fidelerde klorofil a, klorofil b toplam klorofil ve karotenoid konsantrasyonları en yüksek seviyelerde, floresan lambalar altındaki fidelerde en düşük seviyelerde görülmüştür (Li ve ark., 2012).

Tablo 9. *In vitro* koşullar altındaki üzüm çeşitlerinde ışık kalitesinin karotenoid yapısına etkisi

Karotenoid	Gün Işığı LED	Kırmızı LED	Mavi LED	Ortalama
Michele Palieri	0.51433 A a	0.31833 B a	0.20800 C a	0.34689 A
İtalia	0.293 A b	0.176 B b	0.149 B b	0.206 B
Ortalama	0.403 a	0.247 b	0.178 c	

\*Aynı satırda aynı büyük harfle gösterilen ortalamalar arasında fark  $p < 0.05$  seviyesinde önemsizdir.

\*\* Aynı sütunda aynı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasında fark  $p < 0.05$  seviyesinde önemsizdir.

Karotenoid yapısı açısından ışık kalitesinin çeşit, uygulama ve çeşit x uygulama interaksyonu yönünden istatistiksel olarak farklılıklar önemli bulunmuştur. Gün ışığı koşullarındaki Michele Palieri çeşidine ait bitkiciklerde en yüksek (0.5133), mavi LED altındaki İtalia çeşidine ait bitkiciklerde en düşük (0.149) karotenoid miktarı ölçülmüştür. Uygulamaların etkisi her iki çeşit içinde önemli olup, en yüksek değer gün ışığı (0.403) uygulamasında tespit edilmiştir.

Farklı dalga boylarındaki ışığın (beyaz, kırmızı, mavi, kırmızı-mavi, UV-A ve UV-B) Shine Muscat (*Vitis Labrusca x Vinifera*) üzümün kalitesine raf ömrü boyunca etkileri incelenmiştir. Beyaz, kırmızı, mavi ve kırmızı-mavi ışıkla muamele gören üzümlerde, karanlık koşullardaki ürünlerle karşılaştırıldığında klorofilin parçalandığı ve karotenoidlerin biriktiği gözlemlenmiştir. Mavi ve kırmızı-mavi ışığın linalool, limonen ve geraniol gibi monoterpenlerin seviyelerini koruma ve artırmada diğer ışık dalga boylarından daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Mavi ışığın genel kalite üzerinde en iyi bakım ve teşvik etkileri sergilediği gözlemlenmiştir (Li ve ark., 2023).

Dong ve ark. (2023), yapmış oldukları çalışmada dört farklı ışık kalitesinin asmanın fizyolojisine etkilerini araştırmışlardır. Araştırmada mavi, kırmızı, yeşil ve beyaz ışık kullanılmıştır. Sonuçlar bitki boyu, gövde çapı, yaprak alanı ve klorofil a ve b ile karotenoid içeriği gibi morfolojik ve fizyolojik değerlerin beyaz ışığa nazaran mavi ve kırmızı ışık altında önemli ölçüde iyileştiğini göstermiştir. Diğer bir araştırmada ise ilave yapılan 530 nm yeşil ışık, kırmızı ve mavi LED'lerin kombinasyonu altında kapalı ortam odalarında yetiştirilen *Romaine* bebek yapraklı marulda karoten ve antosiyaninlerin birikmesini teşvik ettiği bildirilmiştir (Çağlayan ve Ertekin, 2018). Nitekim bizim çalışmamızda gün ışığı koşullarında daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 10. *In vitro* koşullar altındaki üzüm çeşitlerinde ışık kalitesinin iyon akışı üzerine etkisi

İyon akışı	Gün Işığı LED	Kırmızı LED	Mavi LED	Ortalama
Michele Palieri	38.953 A a	32.883 A a	35.833 A a	35.890 A
İtalia	13.978 A b	24.505 A a	25.773 A a	21.419 B
Ortalama	26.466 a	28.694 a	30.803 a	

\*Aynı satırda aynı büyük harfle gösterilen ortalamalar arasında fark  $p<0.05$  seviyesinde önemsizdir.

\*\* Aynı sütunda aynı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasında fark  $p<0.05$  seviyesinde önemsizdir.

Tablo 10'da Italia ve Michele palieri çeşitlerine yapılan ışık uygulamalarının iyon akışı üzerine etkisi incelenmiştir. Çeşit içerisinde istatistiki fark önemli bulunmamıştır. Gün ışığı koşullarında Michele Palieri çeşidinde en yüksek (38.953) iyon akışı ölçümü yapılırken, İtalia çeşidinde ise en düşük (13.978) değer kaydedilmiştir. Uygulamaların çeşitlere etkisi gün ışığı altındaki bitkiciklerde önemli, kırmızı ve mavi ışığa maruz bırakılan bitkiciklerde önemsiz bulunmuştur. Işık uygulamaları Michele Palieri çeşidinde iyon akışı parametrelerinde düşüşe neden olurken, İtalia çeşidinde artış sağladığı gözlemlenmiştir. Uygulamalar incelendiğinde mavi LED (30.803) uygulamasının, çeşitler incelendiğinde Michele Palieri çeşidinin (35.890) en yüksek iyon akışı miktarını verdiği belirlenmiştir.

Daha önceki çalışmalarda üç farklı LED ışık spektrumuna maruz bırakılan domates meyveleri, kontrol örnekleriyle karşılaştırıldığında, likopen içeriği, askorbik asit, sertlik ve boyut, meyve kütlesi, toplam çözünür katı madde ve nem içeriği açısından gelişmiş özellikler gösterdiği; serada domates yetiştiriciliği esnasında ilave LED ara aydınlatmanın depolanabilirliği artırabileceği ve hasat sonrası meyve kalite özelliklerinin korunmasına yardımcı olabileceği bildirilmiştir (Meiramkuvola ve ark., 2023; Appolloni ve ark., 2023).

Tablo 11. *In vitro* koşullar altındaki üzüm çeşitlerinde ışık kalitesinin protein miktarı üzerine etkisi

Protein	Gün Işığı LED	Kırmızı LED	Mavi LED	Ortalama
Michele Palieri	1.94 B c	3.36 A a	2.023 B b	2.44 b
İtalia	2.24 A c	2.65 B b	3.00 A a	2.63 a
Ortalama	2.09 C	3.00 A	2.51 B	

\*Aynı satırda aynı büyük harfle gösterilen ortalamalar arasında fark  $p<0.05$  seviyesinde önemsizdir.

\*\* Aynı sütunda aynı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasında fark  $p<0.05$  seviyesinde önemsizdir.

Tablo 11’de farklı ışık özelliklerinde *in vitro* koşullar altında yetiştirilmiş Michele Palieri ve İtalia üzüm çeşitlerinde ki protein miktarları verilmiştir. Çeşit, uygulama ve çeşit x uygulama interaksyonu açısından incelendiğinde oluşan farklar istatistiki olarak önemli çıkmıştır. Michele Palieri üzüm çeşidinde en yüksek protein içeriği kırmızı LED ( 3.36) uygulamasından elde edilirken, en düşük protein içeriği gün ışığı ( 1.94) uygulamasından elde edilmiştir. İtalia üzüm çeşidinde ise en yüksek protein içeriği mavi LED ( 3.00) uygulamasında tespit edilmiş olup en düşük protein içeriği ise yine gün ışığı (2.09) uygulamasında belirlenmiştir. Uygulamalar incelendiğinde kırmızı LED (3.00) uygulamasının, çeşitlerde ise İtalia üzüm çeşidinin (2.63) en yüksek protein miktarını verdiği belirlenmiştir.

Tablo 12. *In vitro* koşullar altındaki üzüm çeşitlerinde ışık kalitesinin SOD enzim miktarı üzerine etkisi

SOD	Gün Işığı LED	Kırmızı LED	Mavi LED	Ortalama
Michele Palieri	385.523 A b	180.373 B c	403.650 A a	323.182 a
İtalia	381.380 B a	246.260 A c	273.533 B b	300.391 b
Ortalama	383.452 A	213.317 C	338.592 B	

\*Aynı satırda aynı büyük harfle gösterilen ortalamalar arasında fark  $p<0.05$  seviyesinde önemsizdir.

\*\* Aynı sütunda aynı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasında fark  $p<0.05$  seviyesinde önemsizdir.

Tablo 12.de *in vitro* koşullarda farklı aydınlatma özelliklerinde yetiştirilmiş üzüm çeşitlerinin SOD enzim miktarları verilmiştir. Tablo 12’ye göre Çeşit, uygulama ve çeşit x uygulama interaksyonu açısından incelendiğinde oluşan farklar istatistiki olarak önemli çıkmıştır. Michele Palieri üzüm çeşidinde gün ışığı (385.523) ve mavi LED (403. 650) uygulamalarında, İtalia üzüm çeşidinde ise gün ışığı (381.380 ) uygulamasında istatistiki anlamda en yüksek SOD enzim değerlerini vermiştir. Uygulamalar incelendiğinde en

yüksek SOD enzim miktarını gün ışığı (383.452), çeşitler incelendiğinde ise Michele Palieri üzüm çeşidi (323.182) vermiştir.

Tablo 13. *In vitro* koşullar altındaki üzüm çeşitlerinde ışık kalitesinin APX enzim miktarı üzerine etkisi

APX	Gün Işığı LED	Kırmızı LED	Mavi LED	Ortalama
Michele Palieri	1.16 B a	0.05 B b	0.05 B b	0.42 b
İtalia	5.09 A b	8.97 A a	0.14 A c	4.73 a
Ortalama	3.12 B	4.51 A	0.09 C	

\*Aynı satırda aynı büyük harfle gösterilen ortalamalar arasında fark  $p < 0.05$  seviyesinde önemsizdir.

\*\* Aynı sütunda aynı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasında fark  $p < 0.05$  seviyesinde önemsizdir.

Tablo 13. de *in vitro* koşullarda farklı aydınlatma özelliklerinde yetiştirilmiş üzüm çeşitlerinin APX enzim miktarları verilmiştir. Tablo 13'ye göre Çeşit, uygulama ve çeşit x uygulama interaksiyonu açısından incelendiğinde oluşan farklar istatistiki olarak önemli çıkmıştır. Michele Palieri üzüm çeşidinde gün ışığı (1.16) uygulamasında, İtalia üzüm çeşidinde ise kırmızı LED (8.97) uygulamasında istatistiki anlamda en yüksek APX enzim değerlerini vermiştir. Uygulamalar incelendiğinde en yüksek APX enzim miktarını kırmızı LED (4.51) uygulamasında, çeşitler incelendiğinde ise İtalia üzüm çeşidi (4.73) vermiştir.

Yapılan çalışmada farklı LED ışık kaynaklarının *in vitro* koşullar altında yetiştirilmiş bitkiciklerde antioksidan enzim reaksiyonlarından protein miktarı, SOD ve APX enzim miktarları belirlenmiştir. SOD,  $H_2O_2$  ve  $O_2$  'nin konsantrasyonlarının tayin edilmesiyle miktarı belirlenir ve bitkilerde savunma mekanizmasının merkezi konumundadır. Detoksifikasyon sürecinin ilk enzimi olup süperoksitin hidrojen peroksit ve oksijene dismutasyonunu katalizler (Raychaudhuri 2000, Molassiotis et al. 2006). Tüm canlılarda (mikroorganizmalardan insanlara kadar), aerobik organizmalarda ve en çok da reaktif oksijen üreten hücre içi organellerde (kloroplast, sitosol, mitokondri, peroksizom, apoplast) bulunur (Pereira et al. 2003). APX, hücreleri  $H_2O_2$ 'ye karşı yalnızca stres durumunda değil, normal koşullar altında da korumaktadır. Kloroplast, sitosol, mitokondri, peroksizom, apoplast gibi hücre içi organellerde bulunur. Farklı bitki türlerinde, NaCl tuzluluğu, üşüme, metal toksisitesi, kuraklık, ısı gibi çevresel streslerde APX aktivitesinde gözlenen artış, APX'in  $H_2O_2$ 'nin hücreden uzaklaştırılmasında olası bir rolü olduğunu göstermektedir (Davis and Swanson 2001, Bueno and Piqueras 2002).



Çalışmada çeşitlerin farklı LED ışık kaynaklarına göre antioksidan enzim reaksiyonlarında farklı tepkiler verdiği görülmektedir. Michele Palieri üzüm çeşidinde protein miktarını artırmada kırmızı LED ışık kaynağı, SOD enzim miktarında ise gün ışığı ve mavi LED kaynakları, APX enzim miktarında ise gün ışığı LED uygulaması daha etkin olmuştur (Tablo11-13). İtalia üzüm çeşidinde ise protein miktarında mavi LED ışığın, SOD enzim miktarında gün ışığı; APX enzim miktarında ise kırmızı LED uygulamalarının etkinliği görülmüştür (Tablo 11-13). Antioksidan enzimler bitkilerin biyotik yada abiotik stres koşullarına karşı savunmasının yanında bitki büyümesi, farklılaşması ve verimi olumlu şekilde düzenlemektedir (Genkov ve Ivanova,1995; Blazquez ve ark.,2009; Şafı ve ark., 2015). Yapılan bir çalışmada ışık kalitesinin antioksidan enzim metabolizmasını etkileyebileceği belirtilmiştir (Shohael, 2006). Çalışmamızda çeşitler antioksidan enzim aktivitesi açısından farklı ışık kaynaklarına değişken cevaplar vermiştir. Mastropasqua ve ark. (2012), yulaf yapraklarının APX enzim miktarının mavi spektrumda daha yüksek olduğunu; Nascimento ve ark. (2013), benzer şekilde mavi ışığın *Kalanchoe pinnata'nın* antioksidan aktivitesini olumlu şekilde etkilediğini belirtmiş; bunun yanında bezelye fidesi ve pirinç kabuklarında yapılan bir çalışmada kırmızı ışığın antioksidan enzim aktivitesini etkilediği; *Camptotheca acuminata* fidelerinde farklı Led ışık kaynaklarının antioksidan enzim aktivitesinin incelendiği bir çalışmada ise mavi ve kırmızı led ışığın SOD enzim miktarını arttırdığı belirtilmiştir (Yu ve ark., 2017). Yukarıda belirtilen çalışmalar farklı ışık kaynakları ya da spektrumlarla yetiştirilen bitkilerde antioksidan enzimlerin aktiviteleri zıt sonuçlanabileceği veyahut karmaşık cevaplar verebileceği, bu sonuçların da spektral ışık değişikliklerinin bitki türleri arasında değişebilen farklı morfojenetik, fotosentetik ve antioksidan tepkilerden kaynaklandığı belirtilmiştir ( Yu ve ark., 2017).

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Farklı değerlendirme şekilleriyle insan tüketiminde en çok tercih edilen, sağlık açısından birçok faydası bulunan üzüm tarihsel serüvenine bakıldığında ise dini, siyasi birçok simgede başrolde olan bir meyvedir. Tür ve çeşit bakımından zengin bir sayıya sahip üzümde verim, kalite gibi faktörler üzerine birçok çalışma yapılmıştır ve hala yapılmaktadır. Son yıllarda ise ışık yayan diyotların asmanın morfolojisi ve fizyolojisi üzerine etkileri konusunda çalışmalar yaygın bir şekilde araştırılmaktadır. Bu çalışma da farklı kalitedeki LED ışık uygulamalarının Italia ve Michele Palieri sofralık üzüm çeşitlerinde *in vitro* koşullar altında yapılan uygulamaların üzüm verim ve kalite özelliklerine etkisi incelenmiştir.

Sürgün uzunluğu incelendiğinde mavi ışık koşullarındaki Italia çeşidinde en iyi büyüme kaydedilirken, Michele Palieri çeşidinde en kısa sürgünler elde edilmiştir. Yaş ağırlık Italia çeşidinde mavi ışık koşullarında en yüksek, Michele Palieri çeşidinde kırmızı ışık altında en düşük değerler kaydedilmiştir. Kuru ağırlık en yüksek kırmızı ışığa maruz bırakılan Italia çeşidinde ölçülmüş olup, en düşük değer beyaz ışık altındaki Michele Palieri çeşidinde elde edilmiştir.

LED ışık uygulamalarının SPAD değerine etkisi çeşitlere göre değişkenlik göstermiş olup, Michele Palieri çeşidi daha iyi cevap vermiştir. Kontrolle karşılaştırıldığında mavi ve kırmızı ışık koşullarındaki bitkiciklerden daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. En yüksek değer mavi ışık uygulamasında Michele Palieri çeşidinde elde edilirken, beyaz ışık Italia çeşidinde SPAD değerini düşüşe neden olmuştur.

Işık uygulamalarının klorofil yapısı açısından etkileri incelendiğinde genel anlamda istatistiki farklar önemli bulunmuş olup, kontrol grubundaki bitkiciklerde veriler daha yüksek ölçülmüştür. Klorofil a ve klorofil b en yüksek gün ışığı altında Michele Palieri'de, en düşük Italia çeşidinde mavi ışık koşullarında tespit edilmiştir. Toplam klorofil incelendiğinde Michele Palieri çeşidinde beyaz ışık olumlu sonuçlar verirken, mavi ışık Italia çeşidinde azaltıcı etki yapmıştır. Yine Italia çeşidinde mavi ışık klorofil a/b oranını artırmış, beyaz ışığın ise azaltıcı etki yaptığı tespit edilmiştir.

Işık uygulamaları genel olarak her iki çeşitte de karotenoid miktarını azaltmış, en yüksek miktar gün ışığı uygulamasında Michele Palieri çeşidinde, en düşük mavi ışık altındaki

Italia çeşidinde tespit edilmiştir. İyon akışı ele alındığında LED ışık uygulamaları Michele Palieri çeşidinde azaltıcı etki gösterirken, Italia çeşidinde artırıcı etki yapmıştır.

Michele palieri çeşidinde protein miktarını artırmada kırmızı LED ışık kaynağı, SOD enzim miktarında gün ışığı ve mavi LED kaynakları, APX enzim miktarında ise gün ışığı LED uygulaması daha etkili olmuştur. İtalia üzüm çeşidinde ise protein miktarında mavi LED uygulamalarının etkili olduğu görülmüştür. Çalışmamızda çeşitler antioksidan enzim aktivitesi açısından farklı ışık kaynaklarına değişken cevaplar vermiştir.

Işığın bitki büyümesi ve gelişimi üzerindeki etkileri araştırmaya oldukça açık bir konudur. Özellikle günümüzde LED teknolojisinde yaşanan gelişmeler yapılan çalışmaların daha da artmasını sağlamıştır. Bu alanda yapılacak çalışmalarla ışık spektrumu ve etkinliklerinin daha detaylı bir şekilde ortaya konulması ve bitkilere özgü ışık reçetelerinin geliştirilmesi oldukça önem arz etmektedir. Enerji kaynağı olarak güneş enerjisinin ilave ışıklandırmanın bitki yetiştiriciliğinde daha etkin olarak kullanılması için bir çözüm olabilecek niteliktedir ( Çakırer ve ark., 2017; Dinçer Seçkin, 2019).

Çalışmamızda ışık yayan diyotların *in vitro* koşullardaki üzüm çeşitlerinde kalite özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Elde edilen veriler ışığında LED ışık uygulamalarının bazı kalite parametrelerinde olumlu yönde etkileri olduğunu göstermiştir. Elde edilen veriler yapılacak olan diğer çalışmalar için kaynak niteliği taşımakla beraber, farklı çeşitlerle farklı uygulamalara her zaman ihtiyaç vardır.

## 6. KAYNAKÇA

- Agarwal, S., Pandev, W. (2004). Antioksidant Enzyme Responses to NaCl Stress in *Cassia Angustifolia*. *Biologia Plantarum* Volume 48, Pages 555-560.
- Aksenova, N.P., Konstantinova, T.N., Sergeeva, L.I., Macha'c'kova', I., Golyanovskaya, S.A. (1994). Morphogenesis of Potato Plants *in Vitro*. I. Effect of Light Quality and Hormones. *J Plant Growth Reg* 13:143–146.
- Al-Mayahi, A.M.W. (2016). Effect of Red and Blue Light Emitting Diodes ‘‘CRB-LED’’ on *In Vitro* Organogenesis of Date Palm (*Phoenix dactylifera L.*) cv. Alshakr. *Wordl Journal of Microbiology and Biology*, Volume 32, Article Number 160.
- Al Murad, M., Razi, K., Jeong, B.R., Samy, P.M.A., Muneer, S. (2021). Light Emitting Diodes (Leds) as Agricultural Lighting: Impact and Its Potential on Improving Physiology, Flowering, and Secondary Metabolites of Crops. *Sustainability*, 13(4), 1985.
- Al-Rukabi, M.N.M., Leunov, V.I., Tarakanow, I.G., Terashonkova, T.A. (2021). The Effect of LED Lighting on The Growth of Seedlings of Hybrid Tomato. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, DOI 10.1088/1755-1315/910/1/012127.
- Appolloni, E., Pennisi, G., Paucek, I., Cellini, A., Crepaldi, A., Spinelli, F., Gianquinto, G., Gabarrell, X., Orsini, F. (2023). Potential Application of Pre-Harvest LED Interlighting to Improve Tomato Quality and Storability. *Postharvest Biology and Technology*, Volume 195, January, 112113.
- Arnon, D.I. (1949). Copper Enzymes in Isolated Chloroplasts. Poly-Phenoloxidase in *Betavulgaris*. *Plant Physiology* 24: 1-15.
- Avcı, Z. (2019). Örtü Altı Sebze Yetiştiriciliğinde Led Aydınlatma Sistemlerinin Bitki Gelişimine ve Verimine Etkisinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Tekirdağ.
- Azad, M.O.K., Chun, I.J. Jeong, J.H., Kwon, S.T., Hwang, J.M. (2011). Response of the Growth Characteristics and Phytochemical Contents of Pepper (*Capsicum annuum L.*) Seedlings with Supplemental LED Light in Glass House. *Journal of Bio-Environment Control*, Volume 20 Issue 3, Pages 182-188.
- Barlass, M., Skene, K.G.M. (1978). *In Vitro* Propagation of Grapevine (*Vitis vinifera L.*) From Fragmented Shoot Apices. *Vitis* 17:335–340.
- Bantis, F., Ouzounis, T., Radoglou, K. (2016). Artificial LED Lighting Enhances Growth Characteristics and Total Phenolic Content of *Ocimum Basilicum*, but Variably Affects Transplant Success. *Sci. Hortic.*, 198, 277–283.
- Bueno, P., Piqueras, A. (2002). Effect of Transition Metals on Stress, Lipid Peroxidation and Antioxidant Enzyme Activities in Tobacco Cell Cultures. *Plant Growth Regulation*, Volume 36, 161-167.

- Blazquez, S., Olmos, E., Hernández, J.A., Fernández-García, N., Fernández, J.A., Piqueras, A. (2009). Somatic Embryogenesis in Sa\_Ron (*Crocus sativus* L.). Histological Differentiation and Implication of Some Components of the Antioxidant Enzymatic System. *Plant Cell, Tiss. Organ Culture*, Volume 97, 49–57.
- Bradford, M.M. 1976. A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-dye Binding. *Analytical Biochemistry*, 72: 248-254.
- Çağlayan, N., Ertekin, C. (2018). Farklı Dalga Boylu LED Işıklarının Yeşil Yapraklı Bitkilerin Gelişimi Üzerindeki Etkileri. *Akdeniz Üniversitesi, Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 14(2), 105-114.
- Çakır, G., Akan, S., Demir, K., Yanmaz, R. (2017). Bahçe Bitkilerinde Kullanılan Işık Kaynakları. *Akademik Ziraat Dergisi*, Cilt 6, 63-70.
- Çelik, H. (2006). Grape Cultivar Catalog. Sunfidan A. Ş. Mesleki Kitaplar Serisi: 3, Ankara.
- Çiçekli, F. (2022). In Vitro Koşullarda Bazı Amerikan Asma Anaçlarında Bitki Gelişimini Teşvik Eden Bakterilerin Köklenme Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Tokat.
- Davis, D.G., Swanson, H.R. (2001). Activity of Stress-Related Enzymes in the Perennial Weed Leafy Spurge (*Euphorbia esula* L.). *Environ. Exp. Bot.*, Volume 46, 95-108.
- Demotes-Mainard, S., Péron, T., Corot, A., Bertheloot, J., Le Gourrierc, J., Pelleschi-Travier, S., Crespel, L., Morela, P., Huché-Thélier, L., Boumaza, R., Vian, A., Guérin, V., Leduc, N., Sakr, S. (2016). Plant Responses to Red and Far-red Lights, Applications in Horticulture. *Environ. Exp. Bot.*, 121, 4– 21.
- Demir, K., Köksal, T. (2022). Farklı Dalga Boylu LED Aydınlatma Uygulamalarının Domates (*Lycopersicon esculentum* L.) Fidelerinin Gelişimi, Kalite Özellikleri ve Mineral Element İçeriklerine Etkileri. (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Ankara.
- Demirsoy, M. Balkaya, A., Uzun, S. (2016). Farklı Işık Kaynağı ve Renk Uygulamalarının Patlıcan (*Solanum melongene* L.) Fidelerinin Büyüme Parametreleri Üzerine Etkileri. *Selçuk Üniversitesi, Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi*, 3(2): 238-247.
- Devrim, B. (2019). Bazı Üzüm Çeşitlerinin *In Vitro* Rejenerasyonuna Işık Yoğunluğu ve Eksplant Tipinin Etkisi. (Yüksek Lisans Tezi), Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Diyarbakır.

- Dinçer Seçkin, S. (2019). Farklı Led Işıkları ve Azot Uygulamalarının Marul Bitkisinin Gelişimi ve Yaprak Nitrat Konsantrasyonu Üzerine Etkileri. (Yüksek Lisans Tezi), Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı, Tokat.
- Dong, T., Zhang, P. Hakeem, A., Liu, Z., Su, L., Ren, Y., Pei, D., Xuan, X., Li, S., Fang, J. (2023). Integrated Transcriptome and Metabolome Analysis Reveals the Physiological and Molecular Mechanisms of Grape Seedlings in Response to Red, Green, Blue, and White LED Light Qualities. *Environmental and Experimental Botany*, Volume 213, 105441.
- Efe, H. (2014). Katı Ortam Kültüründe Kıvırcık Yapraklı Salata Yetiştiriciliğinde İlave LED Aydınlatma Uygulamalarının Verim, Kalite ve Bitki Gelişimine Etkileri. (Yüksek Lisans Tezi), Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı, Tokat.
- Fanwoua, J., Vercambre, G., Buck-Sorlin, G., Dieleman, J.A., de Visser, P., Génard, M. (2019). Supplemental LED Lighting Affects the Dynamics of Tomato Fruit Growth and Composition. *Scientia Horticulturae*, Volume 256, 15 October, 108571.
- Genkov, T., Ivanova, I. (1995). Effect of Cytokinin–Active Phenylurea Derivatives on Shoot Multiplication, Peroxidase and Superoxide Dismutase Activities of *In Vitro* Cultured Carnation. *Bulg. J. Plant Physiol.*, 21(1), 73-83.
- Gerevandi, M., Farshadfar, E., Kahrizi, D., (2011). Evaluation of Some Physiological Traits As Indicator of Drought Tolerance in Bread Wheat Genotypes. *Russian Journal of Plant Physiology*, 58 (1): 69-75.
- Goldy, S., Goldy, R.G. (1991). Growth Regulator and Axillary bud Position Effects on *In Vitro* Establishment of *Vitis Rotundifolia*. *HortScience* 26(3):304–307.
- Gray, D.J., Benton, C.M. (1991). *In Vitro* Micropropagation and Plant Establishment of Muscadine Grape Cultivars (*Vitis rotundifolia*). *Plant Cell Tiss Org Cult* 21:7–14.
- Gribaudo, I., Fronda, A. (1991). Effects of Thidiazuron on Grapevine Axillary Buds Cultivated *In Vitro*. *HortScience* 26(8):1083.
- Gua, Y., Zhong, Y., Mo, L., Zhang, W., Chen, Y., Wang, Y.C., Chen, H., Wang, Z., Song, X., Meng, X. (2023). Different Combinations of Red and Blue LED Light Affect the Growth, Physiology Metabolism and Photosynthesis of *In Vitro* Cultured *Dendrobium nobile* Zixia. *Horticulture, Environment and Biotechnology*. Volume 64, Pages 393-407.
- Gupta, S. Dutta., Jatothu, B. (2013). Fundamentals and Applications of Light-Emitting Diodes (LEDs) in *In Vitro* Plant Growth and Morphogenesis. *Rewiev Article/Published: 28 March 2013*. Volume 7, Pages 211-220.
- Hammud, F. (2022). *Ferragnes* ve *Ferraduel* Badem Çeşitlerinin *In Vitro* Mikroçoğaltımı. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkiler Anabilim Dalı, Şanlıurfa.

- Hanus-Fajerska, H., Wojciechowska, R. (2017). Impact of Light-Emitting Diodes (LEDs) on Propagation of Orchids in Tissue Culture. *Light Emitting Diodes for Agriculture*, 27 October, pp 305-320.
- Havan, A. (2021). Farklı Dalga Boylarındaki Led Işıkların Biber ve Domates Fidelerinin Kalitesi Üzerine Etkileri. (Yüksek Lisans Tezi), Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Kahramanmaraş.
- Heloir, M., Fournioux, J.C., Oziol, L., Bessis, R. (1997). An Improved Procedure for the Propagation *In Vitro* of Grapevine (*Vitis vinifera* cv. Pinot noir) Using Axillary-bud Microcuttings. *Plant Cell Tiss Org Cult* 49:223–225.
- Heo. J., Lee, C., Chakrabarty, D., Paek, K. (2002). Growth Responses of Marigold and Salvia Bedding Plants as Affected by Monochromic or Mixture Radiation Provided by a Lightemitting Diode (LED). *Plant Growth Regul* 38:225–230.
- Heo. J.W., Shin. K.S., Kim. S.K., Paek. K.Y. (2006). Light Quality Affects *In Vitro* Growth of Grape ‘Teleki 5BB). *Journal of Plant Biology*. Volume 49, Pages 276-280.
- Hernández, R., Kubota, C. (2016). Physiological Responses of Cucumber Seedlings Under Different Blue and Red Photon Flux Ratios Using LEDs. *Environ Exp Bot* 121:66-74.
- Hughes, K.W. (1981). *In Vitro* Ecology: Exogenous Factors Affecting Growth and Morphogenesis in Plant Culture Systems. *Environ Expt Bot* 21:281–288.
- Ibañez-Torres, A., Valero, M., Morte-Gomez, M.A. (2003). Influence of Cytokinins and Subculturing on Proliferation Capacity of Single-Axillary- Bud Microcuttings of *Vitis vinifera* L. cv. Napoleon. *Anales de Biologia* 25:81–90.
- Jao, R.C., Lai, C.C., Fang, W., Chang, S.F. (2005). Effects of Red Light on the Growth of *Zantedeschia* Plantlets *In Vitro* and Tuber Formation Using Light-Emitting Diodes. *HortScience* 40(2):436–438.
- Jiang, L., Wang, Z., Jin, G., Lu, D., Li, X. (2019). Responses of *Favorita* Potato Plantlets Cultured *In Vitro* under Fluorescent and Light-Emitting Diode (LED) Light Sources. *American Journal of Potato Research*, Volume 96, Pages 396-402.
- Karabulut, S.A. (2023). Sofralık Üzümlerde Brassinosteroid Uygulamalarının Salkım ve Tane Özelliklerine Etkileri. (Yüksek Lisans Tezi), Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Tokat.
- Kasim, M.U., Kasim, R. (2017). While Continuous White LED Lighting Increases Chlorophyll Content (SPAD), Green LED Light Reduces the Infection Rate of Lettuce During Storage and Shelf-Life Conditions. *Journal of Food Processing and Preservation*, 24 February. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13266>.
- Kiracı, M.A., Sağlam, M., Boz, Y., Aydın, S. Türkiye Sofralık Üzüm Pazarlamasında İç ve Dış Pazar Araştırmaları. Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü.

- Kong, J., Zhao, Y., Fan, P., Wang, Y., Xiu, X., Wang, L., Li, S., Duan, W., Liang, Z., Dai, Z. (2024). Far-Red Light Modulates Grapevine Growth By Increasing Leaf Photosynthesis Efficiency Transcriptome Remodelling. *BMC Plant Biology*, 15 March, Volume 24, article number 189.
- Lazzarin, M., Meisenburg, M., Meijer, D., Van Leperen, W., Marcelis, L.F.M., Kappers, I.F., Dicke, M. (2021). LEDs Make it Resilient: Effects on Plant Growth and Defense. *Trends in Plant Science*, 26(5), 496-508.
- Li, C.X., Xu, Z.G., Dong, R.Q., Chang, S.X. Wang, L.Z., Rehman, M.K.U., Tao, J.M. (2017). An RNA-Seq Analysis of Grape Plantlets Grown *in vitro* Reveals Different Responses to Blue, Green, Red LED Light and White Fluorescent Light. *Frontiers in Plant Science*, 31 January, Volume, 8.
- Li, H., Tang, C., Xu, Z., Liu, X., Han, X. (2012). Effects of Different Light Sources on the Growth of Non-heading Chinese Cabbage (*Brassica campestris* L.) *Journal of Agricultural Science*, Vol. 4, No: 4.
- Li, R., Long, J., Yan, Y., Luo, J., Xu, Z., Liu, X. (2020). Addition of White Light to Monochromatic Red and Blue Lights Alters the Formation, Growth and Dormancy of *In Vitro*-Grown *Solanum Tuberosum* L. Microtubers. *HortScience*, Volume/Issue: 55-1, Page(s): 71-77.
- Li, W., Zhang, J., Sun, J., Chen, K., Guan, X., Zhang, K., Fang, Y. (2023). Light Irradiation With Different Wavelengths Modifies the Quality Traits and Monoterpenes Biosynthesis of Postharvest Grape Berries During the Shelf Life. *LWT*, Volume 185, 1 August, 115164.
- Loyola-Vargas, V.M., Ochoa-Alejo, N. (2018). An Introduction to Plant Tissue Culture: Advances and Perspectives. *Plant Cell Culture Protocols*, 3-13.
- Manivannan, A., Soundararajan, P., Park, Y.G., Wei, H., Kim, S.H., Jeong, B.R. (2017). Blue and Red Light-Emitting Diodes Improve the Growth and Physiology of *In Vitro*-Grown Carnations *Green Beauty* and *Purple Beauty*. *Horticulture, Environment and Biotechnology*, Volume 58, Pages 12-20.
- Martinez-Zamora, L., Castillejo, N., Artés-Hernández, F. (2023). Effect of Postharvest Visible Spectrum LED Lighting on Quality and Bioactive Compounds of Tomatoes During Shelf Life. *LWT*, Volume 174, 15 January, 114420.
- Mastropasqua, L., Borraccino, G., Bianco, L., Paciolla, C. (2012). Light Qualities and Dose Influence Ascorbate Pool Size in Detached Oat Leaves. *Plant Sci*, Volume 183, 57–64.
- Meiramkulova, K., Devrishov, D., Adylbek, Z., Kydyrbekova, A., Zhangazin, S., Ualiyeva, R., Temirbekova, A., Adilbektegi, G., Mkilima, T. (2023). The Impact of Various LED Light Spectra on Tomato Preservation. *Sustainability* 2023, 15(2), 1111.



- Molassiotis, A., Sotiropoulos, T., Tanou, G., Diamantidis, G., Therios, I. (2006). Boron-Induced Oxidative Damage and Antioxidant and Nucleolytic Responses in Shoot Tips Culture of the Apple Rootstock EM 9 (*Malus domestica* Borkh). *Environ. Exp. Bot.*, Volume 56, 54-62.
- Muneer, S., Kim, E.J., Park, J.S., Lee, J.H. (2014). Influence of Green, Red and Blue Light Emitting Diodes on Multiprotein Complex Proteins and Photosynthetic Activity under Different Light Intensities in Lettuce Leaves (*Lactuca sativa* L.). *International Journal of Molecular Sciences*, 15(3), 4657-4670.
- Mutlu, S., Atıcı, Ö., Nalbantoğlu, B. (2009). Effect of Salicylic Acid and Salinity on Apoplastic Antioxidant Enzymes in Two Wheat Cultivars Differing in Salt Tolerance. *Biol Plant* 53: 334-338.
- Nakano, Y., Asada, K. (1981). Hydrogen Peroxidase in Spinach Chloroplasts. *Plant and Cell Physiology*, Volume 22, Issue 5, August, Pages 867-880.
- Nas, M.N., Bölek, Y., ve Sevgin, N. (2013). Shortcut to Long-Distance Developing of a Tissue Culture Medium: Micropropagation of Mature Almond Cultivars as a Case Study. *Turkish Journal of Botany*, 37(6).
- Nascimento, L.B.S., Leal-Costa, M.V., Coutinho, M.A., Moreira, N.S., Lage, C.L.S., Barbi, N.S., Costa, S.S., Tavares, E.S. (2013). Increased Antioxidant Activity and Changes in Phenolic Profile of *Kalanchoe Pinnata* (Lamarck) Persoon (Crassulaceae) Specimens Grown Under Supplemental Blue Light. *Photochem Photobiol*, Volume 89:391–399.
- Nassarawa, S.S, Belwal, T., Javed, M., Luo, Z. (2022). Influence of the Red LEDs Light Irradiation on the Quality and Chemical Attributes of Postharvest Table Grape (*Vitis vinifera* L.) During Storage. *Food and Bioprocess Technology*. Volume 15, Pages 1436- 1447.
- Nhut, D.T., Takamura, T., Watanabe, H., Murakami, A., Murakami, K., Tanaka, M. (2002). Sugar-Free Micropropagation of *Eucalyptus Citriodora* Using Light-Emitting Diode (LEDs) and Film Rockwool Culture System. *Environment Control Biol* 40(2):147–155.
- Nova'k, F.J., Ju'vova', Z. (1982/83). Clonal Propagation of Grapevine Through *In Vitro* Axillary Bud Culture. *Sci Hort* 18:231–240.
- Okamoto, K., Yanagi, T., Kondo, S. (1997). Growth and Morphogenesis of Lettuce Seedlings Raised Under Different Combinations of Red and Blue Light. *Acta Hort* 445:149–157.
- Özden, M., Demirel, U., Kahraman, A. (2009). Effects of Proline on Antioxidant System in Leaves of Grapevine (*Vitis vinifera* L.) Exposed to Oxidative Stress by H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. *Scientia Horticulturae*, 119: 163-168.
- Öztekin, G.B., Türe, K. (2019). Tam Spektrumlu Gün Işığı Floresan Lamba ile Yapay Işıklandırmanın Marulda Fide Kalitesine Etkisi. *Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 56(4): 437-445.

- Paudel, P.R., Kataoka, I., Mochioka, R., (2007). Effect of Red- and Blue- Light- Emitting Diodes on Growth and Morphogenesis of Grapes. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* Volume 92, Pages 147-153.
- Pereira, M.D., Herdeiro, R.S, Fernandes, P.N., Eleutherio, Eleutherio, E.C.A., Panek, A.D. (2003). Targets of Oxidative Stress in Yeast Sod Mutants. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*, Volume 1620, 245-251.
- Pérez-Romero, L.F., Stirling, P.J., Hancock, R.D. (2024). Light-Emitting Diodes Improve Yield, Quality and Inhibitory Effects on Digestive Enzymes of Strawberry. *Scientia Horticulture*, Volume 332, 1 June 113192.
- Phillips, G.C., Garda, M. (2019). Plant Tissue Culture Media and Practices: an Overview. *In vitro Cellular ve Developmental Biology-Plant*, 55(3), 242-257.
- Pool, R.M., Powell, L.E. (1975). The Influence of Cytokinins on *In Vitro* Shoot Development of 'Concord Grape'. *J Amer Soc Hort Sci* 100(2):200–202.
- Poudel, R.P., Kataoka, I., Mochioka, R. (2008). Effect of Red-and Blue-Lightemitting Diodes on Growth and Morphogenesis of Grapes. *Plant Cell Tissue Organ Cult* 92:147–153.
- Poudel, P.R., Kataoka, I., Mochioka, R. (2005). Effect of Plant Growth Regulators on *In Vitro* Propagation of *Vitis ficifolia* var. Ganebu and its Interspecific Hybrid Grape. *Asian J Plant Sci* 4(5):466–471.
- Raychaudhuri, S.S., Deng, X.W. (2000). The Role of Superoxide Dismutase in Combating Oxidative Stress in Higher Plants. *The Botanical Review*, Volume 66(1), 89-98.
- Samuoliene, G., Sirtautas, R., Brazaityte, A., Duchovskis, P. (2012). LED Lighting and Seasonality Effects Antioxidant Properties of Baby Leaf Lettuce. *Food Chem.* 2012, 134, 1494–1499.
- Schuerger, A.C., Brown, C.S., Stryjewski, E.C. (1997). Anatomical Features of Pepper Plants (*Capsicum annuum* L.) Grown Under Red Light-Emitting Diodes Supplemented With Blue or far-red Light. *Annals of Botany*, 79(3), 273-282.
- Shafi, A. Chauhan, R., Gill, T., Swarnkar, M.K., Sreenivasulu, Y., Kumar, S., Kumar, N., Shankar, R., Ahuja, P.S., Singh, A.K. (2015). Expression of SOD and APX Genes Positively Regulates Secondary Cell Wall Biosynthesis and Promotes Plant growth and Yield in Arabidopsis under Salt Stress. *Plant Molecular Biology*, Volume 87, 615–631.
- Shin, Y.S., Lee, M.J., Lee, E.S., Ahn, J.H., Do, H.W., Choi, D.W., Jeong, J.D., Lee, J.E., Kim, M.K., Park, J.U. (2013). Effect of Light Emitting Diodes Treatment on Growth and Mineral Contents of Lettuce (*Lactuca sativa* L. 'Chung Chi Ma'). *Korean Journal of Organic Agriculture*, Volume 21, Issue 4, Pages 659-668.
- Shohael, A.M., Ali, M.B., Yu, K.W., Hahn, E.J., Islam, R., Paek, K.Y. (2006). Effect of Light on Oxidative Stress, Secondary Metabolites and Induction of Antioxidant Enzymes in *Eleutherococcus Senticosus* Somatic Embryos in Bioreactor. *Process. Biochemistry*, Volume 41, 1176–1185.

- Shuai, W., Xiaodi, W., Xiangbin S., Baoliang, W., Xiaocui, Z., Haibo, W., Fengzhi, L. (2016). Red and Blue Lights Significantly Affect Photosynthetic Properties and Ultrastructure of Mesophyll Cells in Senescing Grape Leaves. CABI Databases, Horticultural Plant Journal, Vol. 2, No. 2, 82-90 ref. many.
- Simlat, M., Ślęzak, P., Moś, M., Warchol, M., Skrzypek, E., Ptak, A. (2016). The Effect of Light Quality on Seed Germination, Seedling Growth and Selected Biochemical Properties of *Stevia Rebaudiana* Bertoni. Scientia Horticulture, Volume 211, 295-304.
- Singh, S. K., Khawale, R.N., Pal Singh, S. (2004). Techniques for Rapid *In Vitro* Propagation of *Vitis vinifera* L. *Cultivars*. J Hort Sci Biotech 79(2):267–272.
- Sivritepe, N. (2006). Asmalarda Tuza Dayanıklılık Testleri ve Tuza Dayanımda Etkili Bazı Faktörler Üzerinde Araştırmalar. (Doktora Tezi), Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Bursa.
- Stagnari, F., Di Mattia, C., Galieni, A., Santarelli, V., D'Egidio, S., Pagnani, G., Pisante, M. (2018). Light Quantity and Quality Supplies Sharply Affect Growth, Morphological, Physiological and Quality Traits of Basil. Ind. Crop. Prod. 122, 277-289.
- Şahin, T. (2018). Kiraz (*Prunus avium* L. cv. 0900 Ziraat) Meyvelerinin Depolama Süresince Görsel ve Biyokimyasal Kalitesi Üzerine Led ve UV-B Işığının Etkileri. (Yüksek Lisans Tezi), Koceli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Yetiştirme ve Islahı Anabilim Dalı, Koceli.
- Tanaka, M., Takamura, T., Watanabe, H., Endo, M., Yanagi, T., Okamoto, K. (1998). *In Vitro* Growth of Cymbidium Plantlets Cultured Under Super Bright and Blue Light-Emitting Diodes (LEDs). J Hort Sci Biotech 73(1):39–44.
- Taulavuori, K., Hyöky, V., Oksanen, J., Taulavuori, E., Julkunen-Tiitto, R. (2016). Species-Specific Differences in Synthesis of Flavonoids and Phenolic Acids Under Increasing Periods of Enhanced Blue Light. Environ. Exp. Bot. 2016, 121, 145–150.
- Türkiye İstatistik Kurumu. 2023 Yılı Üzüm Üretim Verileri. <https://data.tuik.gov.tr> Erişim Tarihi (24.07.2024).
- Uluslararası Bağ ve Şarap Örgütü. OIV State Of The World Vine and Wine Sector in 2023. <https://www.oiv.int/sites/default/fi24-04>. Erişim Tarihi (24.07.2024).
- Uysal, Önder. (2011). Tarımsal Aydınlatmada Led Işık Kaynaklarının Kullanım Olanakları.(Yüksek Lisans Tezi), Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makineleri Anabilim Dalı, Isparta.
- Wang, G., Chen, Y., Fan, H., Huang, P. (2021). Effects of Light-Emitting Diode (LED) Red and Blue Light on the Growth and Photosynthetic Characteristics of *Momordica charantia* L. Journal of Agricultural Chemistry Environment, Vol. 10 No. 1 February.

- Wang, H., Gu, M., Cui, J., Shi, K., Zhou, Y., Yu, J. (2009). Effects of Light Quality on CO<sub>2</sub> Assimilation, Chlorophyll-Fluorescence Quenching, Expression of Calvin Cycle Genes and Carbohydrate Accumulation in *Cucumis Sativus*. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, Volume 96, Issue 1, 17 July, Pages 30-37.
- Witham, F.H., Blaydes, D.F., Devlin, R.M. (1971). *Experiments in Plant Physiology*. Van Nostrand Reinhold Co. New York. P. 55-56.
- Wu, M.C., Hou, C.Y. Jiang, C.M., Wang, Y.T., Chen, H.H., Chang, H.M. (2007). A Novel Approach of LED Light Radiation Improves the Antioxidant Activity of Pea Seedlings. *Food Chemistry*, Volume 101, Issue 4, 2007, Pages 1753-1758.
- Xiaoying, L., Mingjuan, Y., Xiodong, X., ABM, K., Atak, A., Caihong, Z., Dawei, L. (2022). Effect of Light on Growth and Chlorophyll Development in Kiwifruit Ex Vitro and In Vitro. *Scientia Horticulture*. Volume 291, 3 January, 110599.
- Vieira, L.N., Fraga, H.P.F., Anjos, K.G., Putkammer, C.C., Scherer, R.F., Silva, D.A., Guerra, M.P. (2015). Light-Emitting Diodes (LED) Increase the Stomata Formation and Chlorophyll Content in *Musa acuminata* (AAA) *Nanicao Corupa* In Vitro Plantlets. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*. 29 May, Volume 27, Pages 91-98.
- Yanagi, T., Okamoto, K., Takita, S. (1996). Effect of Blue, Red and Blue/Red Lights on Two Different PPF Levels on Growth and Morphogenesis of Lettuce Plants. *Acta Hort.* 440:117–122.
- Yavuz, O. (2019). Hasat Sonrası Farklı Renklerde Led Işık Uygulamalarının Depolama Süresince Çilek (*Fragaria xAnanassa Dush.*) Meyvelerinin Antosiyanin, Renk ve Diğer Kalite Bileşenlerine Etkisi. (Yüksek Lisans Tezi), Koceli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Yetiştirme ve Islahı Anabilim Dalı, Koceli.
- Yordanova, R.Y., Christov, K.N., Popova, L.P. (2004). Antioxidant Enzymes in Barley Plants Subjected to Soil Flooding. *Environmental and Experimental Botany*, 51: 93-101.
- Yu, W., Liu, Y., Song, Jacops, D.F., Du, X., Ying, Y., Shao, Q., Wu, J. (2017) Effect of Differential Light Quality on Morphology, Photosynthesis, and Antioxidant Enzyme Activity in *Camptotheca acuminata* Seedlings. *Journal of Plant Growth Regulation*, Volume 36, 148–160.



