



**TOPRAKSIZ TARIMDA  
KIVIRCIK YAPRAKLI BAŞ SALATA  
VE BİBERDE LED AYDINLATMANIN VERİM,  
BİTKİ GELİŞİMİ, MİNERAL MADDE ALIMI  
VE YAPRAK NİTRAT BİRİKİMİNE ETKİSİ**

**Seda BİCE ATAKLI**

**DOKTORA TEZİ  
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME  
ANA BİLİM DALI  
2018  
Her hakkı saklıdır**

T.C.  
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANA BİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

TOPRAKSIZ TARIMDA KIVIRCIK YAPRAKLI BAŞ SALATA VE BİBERDE LED  
AYDINLATMANIN VERİM, BİTKİ GELİŞİMİ, MİNERAL MADDE ALIMI VE  
YAPRAK NİTRAT BİRİKİMİNE ETKİSİ

SEDA BİCE ATAKLI

TOKAT  
2018

Her hakkı saklıdır



**Bu tez çalışması;**

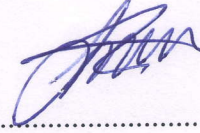
**Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Başkanlığı tarafından  
2015/53 nolu olarak doktora projesi olarak desteklenmiştir.**

Seda BİCE ATAKLI tarafından hazırlanan “**Topraksız Tarımda Kıvrıkcık Yapraklı Baş Salata ve Biberde Led Aydınlatmanın Verim, Bitki Gelişimi, Mineral Madde Alımı ve Yaprak Nitrat Birikimine Etkisi**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 19 EKİM 2018 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği / Oy Çokluğu ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANA BİLİM DALI’nda DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

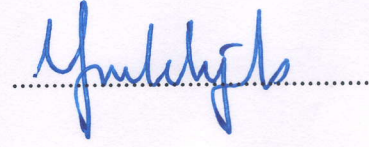
Jüri Üyeleri

İmza

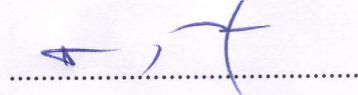
Danışman  
Doç. Dr. Sezer ŞAHİN  
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi



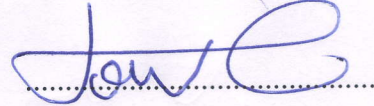
Prof. Dr. Naif GEBOLOĞLU  
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi



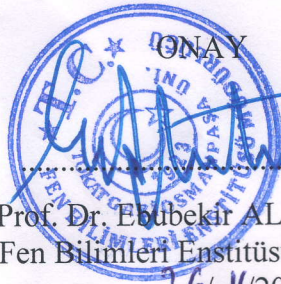
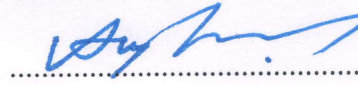
Prof. Dr. Ahmet KORKMAZ  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi



Doç. Dr. Halil ERDEM  
Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi



Doç. Dr. Ayhan HORUZ  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi



Prof. Dr. Ebubekir ALTUNTAŞ  
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

26/11/2018

## **TEZ BEYANI**

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

**Seda BİCE ATAĞLI**

**19 EKİM 2018**

# ÖZET

## DOKTORA TEZİ

### TOPRAKSIZ TARIMDA KIVIRCIK YAPRAKLI BAŞ SALATA VE BİBERDE LED AYDINLATMANIN VERİM, BİTKİ GELİŞİMİ, MİNERAL MADDE ALIMI VE YAPRAK NİTRAT BİRİKİMİNE ETKİSİ

SEDA BİCE ATAKLI

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANA BİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI:DOÇ. DR. SEZER ŞAHİN)

Bu çalışma, 2015-2016 yılı erken ilkbahar-yaz ve kış süresinde Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi'ne ait ısıtmasız cam serada topraksız yetiştirme tekniği kullanılarak yürütülmüştür. Bitkisel materyal olarak Funly F1 kıvırcık yapraklı baş salata çeşidi ve Balca F1 biber çeşidi, yetiştirme ortamı olarak ise 2:1 oranında cocopeat ve perlit karışımı kullanılmıştır. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Denemede güneş ışığına ilave farklı renkli LED ışıkların (mavi, sarı, kırmızı, mavi+sarı, mavi+kırmızı, sarı+kırmızı, mavi+sarı+kırmızı) bitki gelişimleri üzerine etkileri incelenmiştir. Işık kaynağı olarak farklı renkte SMD şerit LEDler kullanılmıştır. Işık uygulamaları bitki çapı, bitki boyu, SÇKM, pH, titredilebilir asit, C vitamini ve bitki besin elementi konsantrasyonları üzerine etki etmemiştir. İlkbahar ve kış kıvırcık yapraklı baş salata verimlerinde istatistiksel olarak önemli fark çıkmıştır. Işık uygulamaların da kontrole göre % 1 önem düzeyinde artış gözlenmiştir. Denemede kırmızı ve kırmızı mavi ışık kombinasyonları kontrole göre verimde kıvırcık yapraklı baş salatada %1, biber bitkisinde ise % 5 önem düzeyinde artış elde edilmiştir. En yüksek toplam bitki baş ağırlığı ilkbahar uygulamasında 840 gr/adet iken kış uygulamasında 732 gr/adet olarak kırmızı ışık uygulamalarında ortaya çıkmıştır. Biber bitkisinde ise en yüksek toplam meyve verimi 703.4 gr/bitki olarak mavi ışıkta elde edilmiştir. Işık uygulamalarında kontrole göre bitki yaprak nitrat miktarları istatistiksel kıvırcık yapraklı baş salatada % 1 ve biber bitkisinde % 5 önem düzeyinde azalmaya neden olmuştur. Elde edilen sonuçlar kontrol şartları ile karşılaştırıldığında en düşük nitrat içerikleri ilkbahar uygulamalarında 1764.5 mg NO<sub>3</sub>-kg<sup>-1</sup>, kış uygulamalarında 1898.6 NO<sub>3</sub>-kg<sup>-1</sup> ve biber uygulamalarında 75.4 NO<sub>3</sub>-kg<sup>-1</sup> olarak elde edilmiştir. Kış döneminde yetiştirilen kıvırcık yapraklı baş salata yapraklarında ilkbahara göre daha fazla nitrat miktarı ölçülmüştür. Işık uygulamaları ile kontrole göre yaprak nitrat miktarında azalış göstermiştir. Sonuç olarak, kırmızı ve mavi ışık uygulamaları ve bunların kombinasyonları verim ve bitki gelişimini artırırken nitrat içeriğini düşürmüştür.

2018, 87 sayfa

**ANAHTAR KELİMELELER:** Topraksız tarım, Işık yayan diyot (LED), Kıvırcık yapraklı baş salata, Biber

## ABSTRACT

### DOCTORATE THESIS

#### EFFECT OF LED LIGHT APPLICATION ON MINERAL MATTER UPTAKE, LEAF NITRATE AND GROWTH OF PLANTS (LETTUCE AND PEPPER) IN SOILLESS AGREGATE CULTURE

SEDA BİCE ATAKLI

TOKAT GAZIOSMANPASA UNIVERSITY  
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

DEPARTMENT OF SOIL SCIENCE AND PLANT NUTRITION

(SUPERVISOR:) ASS. PROF. DR. SEZER ŞAHİN

This study was performed during early spring-summer and winter period of 2015-2016 by utilizing hydroponics technique in a non-heated glasshouse that belongs to Gaziosmanpaşa University Faculty of Agriculture. Whereas Funly F1 lettuce and Balca F1 pepper species were used as vegetal materials, 2:1 ratio cocopeat and perlite mixture was used as cultivation environment. According to the experiment design, experiment coincidence parcels were performed as 3-recurrences. In the experiment, the effects of different colored LED lights (blue, yellow, red, blue + yellow, blue + red, yellow + red, blue + yellow + red) additional to sunlight were examined. SMD strip LEDs with different colors were used as light source. The light practice does not affect on the plant diameter, plant length, SÇKM, pH, titered acid, vitamin C, and plant nutrient concentrations. Statistically significant difference occurred in the yield of spring and winter curly leaf head salad. There was also an increase at 1% importance level in the light practices compared to the control. In the experiment, red and red blue light combinations had an increase of 1% in the curly leaf head salads and 5% in the pepper plants in the yield rate when it was compared to the control. Whereas the highest total plant head weight was 840 gr/piece in spring practice, and it was 732 gr/piece for the red light practices in winter practice. The highest total fruit yield for the pepper plant was 703.4 gr/plant in the blue light practice. Compared to the control, the amount of plant leaf nitrate for the light practices resulted in a decrease at 1% importance level in the curly leaf head salad and 5% in the pepper plant. When the results were compared with the control conditions, the lowest nitrate contents were obtained as 1764.5 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup>·kg<sup>-1</sup> in spring practices, 1898.6 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>·kg<sup>-1</sup> in winter practices, and 75.4 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>·kg<sup>-1</sup> in pepper practices. More amount of nitrate was observed on the leaves of curly leaf head salad in winter practice compared to the one in spring. The amount of leaf nitrate decreased in the light practices compared to the control. As a result, the red and blue light practices and their combinations improved the amount of yield and plant growth by reducing nitrate content.

2018, 87 paper

**KEYWORDS:** Soilless culture, led light, crisp lettuce, pepper

## ÖNSÖZ

Araştırma konusunu belirleme, tezin yürütülmesi ve tamamlanmasına kadar her aşamada yardım ve desteğini esirgemeyen başta sayın danışmanım Doç. Dr. Sezer ŞAHİN olmak üzere bu tezde emeği geçen herkese teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

**SEDA BİCE ATAKLI**

**2018**



# İÇİNDEKİLER

## Sayfa

ÖZET .....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ .....	iii
İÇİNDEKİLER .....	iv
ŞEKİL LİSTESİ.....	x
1. GİRİŞ .....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ/KURAMSAL TEMELLER/GENEL BİLGİLER.....	6
2.1. Topraksız Tarımın Bitkisel Üretimde Kullanımı .....	6
2.2. Yapay Işık Kaynaklarının Bitkisel Üretimde Kullanımı .....	9
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	20
3.1. MATERYAL .....	21
3.1.1. Bitkisel materyaller.....	21
3.1.2. Yetiştirme ortamı .....	22
3.1.3. Saksılar .....	29
3.1.4. Yapay ışık kaynağı.....	29
3.1.5. Sulama sistemi.....	29
3.2. YÖNTEM .....	30
3.2.1. Sera zemininin ve saksıların hazırlanması .....	30
3.2.2. Besin çözeltisinin hazırlanması .....	31
3.2.3. Dikim, bakım ve hasat işlemleri .....	32
3.2.4. Bitkide yapılan gözlem ve analizler.....	33
3.2.5. İstatistik analizi .....	35
4. BULGULAR.....	36

<b>4.1. İlkbahar Döneminde Işık Uygulamalarının Kıvırcık Yapraklı Baş Salata Bitkisinin Gelişimine Etkisi .....</b>	<b>36</b>
<b>4.2. Kış Döneminde Işık Uygulamalarının Kıvırcık Yapraklı Baş Salata Bitkisinin Gelişimine Etkisi .....</b>	<b>42</b>
<b>4.3. İlkbahar ve Kış Dönemi Kıvırcık Yapraklı Baş Salata Bitkisinin Nitrat Konsantrasyonu Üzerine Işık Uygulamalarının Etkisi .....</b>	<b>49</b>
<b>4.4. Yaz Döneminde Işık Uygulamalarının Biber Bitkisinin Gelişimine Etkisi .....</b>	<b>50</b>
<b>4.5. Yaz Dönemi Biber Bitkisinin Yaprak Nitrat Konsantrasyonu Üzerine Işık Uygulamalarının Etkisi .....</b>	<b>56</b>
<b>5.SONUÇ ve TARTIŞMA .....</b>	<b>58</b>
<b>6. KAYNAKLAR .....</b>	<b>63</b>
<b>7. EKLER .....</b>	<b>.69</b>
<b>8. ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>70</b>

## SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler	Açıklama
%	Yüzde
$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Amonyum Molibdat Tetrahidrat
$^{\circ}\text{C}$	Santigrat derece
B	Bor
Cl	Klor
$\text{cm}^3$	Santimetre küp
$\text{CO}_2$	Karbondioksit
Cu	Bakır
$\text{CuSO}_4\cdot 5\text{H}_2\text{O}$	Bakır Sülfat Heptahidrat
Fe	Demir
$\text{FeSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Demir Sülfat Heptahidrat
g	Gram
$\text{g}^{\text{l}^{-1}}$	Gigolitre
$\text{H}_2\text{O}_2$	Perklorik Asit
$\text{H}_2\text{SO}_4$	Sülfirik Asit
$\text{H}_3\text{BO}_3$	Borik Asit
Ha	Hektar
HCl	Hidroklorik Asit
$\text{HNO}_3$	Nitrik Asit
K	Potasyum
$\text{K}_2\text{SO}_4$	Potasyum Sülfat
kg	Kilogram
klux	Kilolüks
$\text{kWm}^{-2}$	Kilowattmetrekare

l	Litre
m	Metre
m <sup>2</sup>	Metrekare
Mg	Magnezyum
mg	Miligram
MgNO <sub>3</sub>	Magnezyum Nitrat
MJ	Megajoule
mm	Milimetre
mmhos	Milimos
Mn	Mangan
MnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	Magnezyum Sülfat
Mo	Molibden
mol	Molekül
N	Azot
Na	Sodyum
NaOH	Sodyum Hidroksit
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	Amonyum Nitrat
nm	Nanometre
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Nitrat
P	Fosfor
S	Kükürt
s	Saat
UV	Ultra Viole
V	Volt
W	Watt
Zn	Çinko
µmol	Mikromol

$\mu$ S

Mikrosiemens

### **Kısaltmalar**

### **Açıklama**

ATP

Adenin Tri Fosfat

B

Mavi

BFr

Kırmızı ve Mavi Far Kırmızı

CRF

Kontrollü Salınım Gübreleme

DLI

Günlük Işık İntegrali

EC

Elektiriki İletkenlik

FL

Florasan

FLB

Mavi Led Florasan

FLR

Kırmızı Led Florasan

HPS

Sodyum Ampül

ICP

Inductively Coupled Plasma

ISOSC

Uluslararası Topraksız Tarım Derneği

LB

Florasan Işık

LED

Işık Yayan Diyot

LF

Sıvı Gübre

NAD(P)H

Nicotinamide Adenine Dinucleotide Phosphate

NFT

Besleyici Film Tekniği

NiR

Nitrit Redüktaz

NR

Nitrat Redüktaz

OES

Optical Emission Spectrometry

PAR

Fotosentetik Aktif Işık

PPF

Fotosentetik Işık Akışı

PVC

Poli Vinil Clorür

R

Kırmızı

RB	Kırmızı Mavi
RFr	Kırmızı ve Far-Kırmızı
SÇKM	Suda Çözünebilir Kuru Madde
SPAD	Klorofil Miktarı
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
TA	Titre Edilebilir Asit
TFA	Tamamlayıcı Fotosentetik Aydınlatma
TYFA	Tam Yapay Fotosentetik Aydınlatma



## ŞEKİL LİSTESİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1. Serada yapay ışıklandırma örneği .....	3
Şekil 2.1.Elektromanyetik spektrum ve görünür ışınım bölgesi.....	10
Şekil 2.2. Bitkilerin fotosentez karakteristiği ile bazı yapay ışık kaynaklarının enerji tayfinin karşılaştırılması.....	11
Şekil 3.1. Funly F1 Kıvırcık yapraklı baş salata çeşidi.....	21
Şekil 3.2. Balca F1 Biber çeşidi.....	22
Şekil 3.3. Blok halindeki Hindistan cevizi lifi ( <i>Cocopeat</i> ).....	23
Şekil 3.4. Genleştirilmiş Hindistan cevizi lifi ( <i>Cocopeat</i> ).....	23
Şekil 3.5. Perlit.....	26
Şekil 3.6. Cocopeat ve perlit karışımı.....	28
Şekil 3.7. Denemede Kullanılan şerit ledler ve gece deneme görüntüsü.....	29
Şekil 3. 8. Denemede kullanılan ışık planı.....	30
Şekil 4.1. Işık uygulamalarının bitki gelişimi üzerine etkileri.....	37
Şekil 4.2. Işık uygulamalarının bitki gelişimi üzerine etkileri.....	37
Şekil 4.3. Işık uygulamalarının bitkinin özellikleri üzerine etkileri.....	38
Şekil 4.4. Işık uygulamalarının bitki gelişimi üzerine etkileri.....	43
Şekil 4.5.Işık uygulamalarının bitki gelişimi üzerine etkileri.....	44
Şekil 4.6. Işık uygulamalarının bitkinin özellikleri üzerine etkileri.....	45
Şekil 4.7. Işık uygulamalarının bitki gelişimi üzerine etkileri.....	51
Şekil 4.8. Işık uygulamalarının bitki gelişimi üzerine etkileri.....	51
Şekil 4.9. Işık uygulamalarının bitkinin özellikleri üzerine etkileri.....	52
Şekil 4.10. Işık uygulamalarının bitkinin özellikleri üzerine etkileri.....	53

## ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1. Farklı renklerin bitki üzerindeki etkileri .....	12
Çizelge 3.1. Tokat ili iklimsel değerler .....	20
Çizelge 3.2. Denemede kullanılan besin çözeltisinin element konsantrasyonu.....	31
Çizelge 3.3. Besin çözeltisini hazırlamada kullanılan kimyasal kaynaklar ve miktarları.....	32
Çizelge 4.1. Işık uygulamalarının ilkbahar döneminde yetiştirilen kıvrıkcık yapraklı baş salata bitkisinin toplam bitki ağırlığı, baş ağırlık, bitki çapı ve boyu üzerine etkisi.....	46
Çizelge 4.2. Işık uygulamalarının ilkbahar döneminde yetiştirilen kıvrıkcık yapraklı baş salata bitkisinin yapraklarının SÇKM, pH, titredilebilir asit ve C vitamini üzerine etkileri.....	38
Çizelge 4.3. Işık uygulamalarının ilkbahar döneminde yetiştirilen kıvrıkcık yapraklı baş salata yapraklarının yaprak spad düzeyine etkileri.....	39
Çizelge 4.4. Işık uygulamalarının ilkbahar döneminde yetiştirilen kıvrıkcık yapraklı baş salata bitkisinin yapraklarının % N, P, K, Ca ve Mg konsantrasyonlarına etkisi.....	40
Çizelge 4.5. Farklı led ışıklarının günün farklı saatlerinde verdikleri ışık miktarları.....	41
Çizelge 4.6. Işık uygulamalarının kış döneminde yetiştirilen kıvrıkcık yapraklı baş salata bitkisinin toplam bitki ağırlığı, baş ağırlık, bitki çapı ve boyu üzerine etkisi.....	43
Çizelge 4.7. Işık uygulamalarının kış döneminde yetiştirilen kıvrıkcık yapraklı baş salata bitkisinin yapraklarının SÇKM, pH, titredilebilir asit ve C vitamini üzerine etkileri.....	45
Çizelge 4.8. Işık uygulamalarının kış döneminde yetiştirilen kıvrıkcık yapraklı baş salata yapraklarının yaprak spad düzeyine etkileri.....	46
Çizelge 4.9. Işık uygulamalarının kış döneminde yetiştirilen kıvrıkcık yapraklı baş salata bitkisinin yapraklarının % N, P, K, Ca ve Mg konsantrasyonlarına etkisi .....	47
Çizelge 4.10. Farklı led ışıklarının günün farklı saatlerinde verdikleri ışık miktarları.....	48
Çizelge 4.11. Işık uygulamalarının ilkbahar ve kış yetiştiricilikte kıvrıkcık yapraklı baş salata yapraklarının nitrat konsantrasyonu üzerine	



etkisi.....	49
Çizelge 4.12. Işık uygulamalarının biber bitkisinin meyve verimi üzerine etkisi.....	50
Çizelge 4.13. Işık uygulamalarının biber meyvesinin SÇKM, pH, titredilebilir asit ve C vitamini üzerine etkileri .....	52
Çizelge 4.14. Işık uygulamalarının yaz döneminde yetiştirilen biber bitkisinin yapraklarının yaprak spad düzeyine etkileri.....	53
Çizelge 4.15. Işık uygulamalarının yaz döneminde yetiştirilen biber bitkisinin yapraklarının % N, P, K, Ca ve Mg konsantrasyonlarına etkisi .....	55
Çizelge 4.16. Farklı led ışıklarının günün farklı saatlerinde verdikleri ışık miktarları .....	56
Çizelge 4.17. Işık uygulamalarının yaz dönemi yetiştirilen biber yapraklarının nitrat konsantrasyonuna etkisi .....	57

## 1. GİRİŞ

Dünyadaki nüfus artışı ile birlikte gıdaya olan talep artmakta buna bağlı olarak da üreticiler üretim alanlarından daha çok ürün alma yoluna gitmektedirler. Tarım alanlarını maksimum düzeyde kullanarak daha fazla ürün alma yoluna gidilirken yapılan kimyasal gübre, ilaçlar, yanlış kültürel uygulamalar vb. sonucunda tarım alanları verimsiz hale gelmektedir. Bunun sonucunda da bitkisel üretimde ürün kayıplarına neden olunmaktadır. Bu durum üreticilerin tarımda yeni teknolojik çalışmalara girmesine neden olmuştur. Bu tarımsal uygulamalardan birisi de serada bitkisel üretimdir ve bu üretim gerek topraklı gerekse de topraksız tarım ile gerçekleştirilebilmektedir.

Topraksız tarım; toprağın bitkisel üretime uygun olmadığı yerlerde üretimi mümkün kılmak, su kullanım etkinliğini artırmak, bitkilerin kontrollü bir şekilde beslenmesini sağlamak, verimi artırmak, kaliteyi artırmak, gerekli iş gücünü azaltmak, sulamayı kolaylaştırmak ve ortam sterilizasyonuna gerek kalmadan ya da kolay üretim imkânları sağlamak gibi avantajlara sahiptir. Topraksız kültür, toprak yorgunluğu, topraktan kaynaklanan hastalık ve zararlı gibi sorunların olmaması, gübre ve su ilişkisini denetleyerek bitki gelişiminin kontrol altına alınması, topraktan kaynaklanan kaliteyi düşürücü unsurları ortadan kaldırılması ve verimi artırması gibi üstünlüklere sahiptir (Jones, 1983). Topraksız tarımın amacı bitkilerin gelişmesini besin solüsyonu ile sağlamakta, bitkilerin besin maddesi ve su gereksinimlerini stres oluşturmadan karşılamakta ve bunu en ekonomik bir şekilde gerçekleştirmektir.

Topraksız tarım seracılıkta yaygın olarak kullanılan yetiştirme yöntemlerinden birisidir. Sera üretiminde asıl ürün yaz dönemi olarak hedef alınmaktadır. Kış ve ilkbahar başlangıç döneminde yetiştirilen ürünler bu dönemlerde yeteri kadar ışık alamadığından, sıcaklık yetersizliğinden ve don sebepleriyle yetiştiricilik süresi uzamakta ve verim kayıpları söz konusu olabilmektedir. Bu da çiftçiler için maddi kayıplara neden olmaktadır. Bu dönemlerde meydana gelen kayıpları kültürel önlemler olarak azaltmak mümkündür. Bitkilerin yetiştigi ortamlara yapay ışıklandırma yapmak ve kök bölgesinde suyu ve mineral maddeleri tutabilen yetiştirme (organik ve inorganik) ortamları oluşturmak alınabilecek kültürel önlemler arasındadır.

Ülkemiz seracılığı Marmara, Ege ve Akdeniz kıyı şeridinde dağılma ve gelişme göstermektedir. Bu dağılım içerisinde yer yer yoğun üretim alanları doğmuştur. En kuzeyde Yalova çevresindeki mikro klimada görülen seracılık, batıda İzmir ve Muğla çevresinde, güneyde Antalya ve Mersin dolaylarında yoğunlaşmakta ve Hatay ilinin Samandağ ilçesine kadar varmaktadır. Ülkemizdeki sera alanlarının son yıllardaki dağılımına rakamsal olarak bakacak olursak, Türkiye'de sera alanlarının yaklaşık % 65'i Antalya'da, % 21'i Mersinde, % 7'si Muğla'da, % 2 İzmir' de ve % 1'i İstanbul' da bulunmaktadır (Anonim, 2014).

Serada yetiştirme süresi boyunca, bulutluluk, hava kirliliği, sis, yağış biçim ve yağış rejimleri, yüksek oransal nem, sera örtüsünün kirliliği, çatı eğimi dolayısıyla oluşan yansıma, örtünün cinsi ve ışınım absorpsiyonu gibi pek çok sera dışı faktör, Fotosentetik Aktif Işık (PAR) miktarının ve dalga boyunun değişmesine neden olmaktadır. Ayrıca seralarda kullanılan gölge perdeleri, sera yapımında kullanılan metal yapı parçaları, havalandırma fanları, aydınlatma üniteleri, ısıtma üniteleri gibi sera içi faktörler de sera içine giren ışınım enerjisinin farklı miktarda bitkinin yaprak bölgesine ulaşmasına neden olmaktadır (Yağcıoğlu ve ark. 2004; Yağcıoğlu, 2005). Sera içindeki ışık seviyesi güneş ışınımı gelme açısı, gün uzunluğu, güneşlenme süresi, bulutluluk, yapısal gölgeleme, bitki yoğunluğu, örtü malzemesi ve kirlilik durumu gibi birçok faktörle bağlı olarak % 35-75 oranında azalmaktadır (Fisher ve Runkle. 2004). Bu nedenle seralarda yapılacak bitkisel üretimde, tamamlayıcı fotosentetik aydınlatma (TFA), tam yapay fotosentetik aydınlatma (TYFA) ya da gölge perdeleri yardımıyla gölgeleme uygulanmalıdır (Yağcıoğlu, 2005). Ancak, aydınlatma-gölgeleme uygulamalarının büyük bir bölümü tekdüze bir aydınlanma uygulaması şeklinde; yetiştirme alanındaki tüm bitkilerin PAR miktarına aynı zamanda ve aynı oranda ihtiyaç duyduğu kabul edilerek gerçekleştirilmektedir (Yağcıoğlu, 1996). Ortalama güneşlenme süresi 4.5 saatten daha az olan bölgelerde yapay aydınlatma uygulaması pozitif sonuçlar vermektedir (Argus, 2010).

Dünyadaki bütün canlılar güneşten gelen ışıklardan bir şekilde yararlanırlar. Bitkiler fotosentez sonucu güneşin fiziksel enerjisini organik madde içerisinde kimyasal gıda enerjisine dönüştürmek suretiyle faydalanırlar. Işık intensitesinin noksanlığı ya da fazlalığı bitkide metabolik işlevler üzerine önemli etki yapar. Işığın ihtiyaç duyulandan az olması durumunda bitkilerde karbonhidrat miktarının azalmasını bir seri metabolik

değişimler izler. Işık noksanlığında gölge bitkileri yaprak alanlarını genişletirken fotosentez ürünlerini daha az göndererek kök gelişmesini yavaşlatırlar. Kök gelişmesinin yavaşlaması ile beraber bitkilerin besin elementlerinden yararlanma durumları da olumsuz yönde etkilenir (Kacar ve ark., 2010).



Şekil 1.1. Serada yapay ışıklandırma örneği (Anonim, 2015)

Işığın bitki gelişimi üzerine olan pozitif etkisi örtü altı yetiştiriciliğinde ek ışık kullanımını gündeme getirmiştir. Aynı şekilde son teknolojik seraların kendi enerjilerini üretebilme özelliklerinin de olması ve bu enerjinin sera içi aydınlatmada kullanılabilirliğinin artması ışık-bitki gelişimi çalışmalarının artmasına neden olmuştur. Özellikle ışık yoğunluğunun azaldığı kış aylarında güneş batarken yapılan ek ışıklandırmanın bitki büyümesi üzerine önemli etkileri bulunmaktadır (Decoteau ve ark., 1988; Blom ve ark., 1995; Chia ve Kubota, 2010). Güneş doğmadan önce ve/veya battıktan sonra yapılacak ek ışıklandırmalar için son yıllarda sahip olduğu bir çok avantajlarından dolayı LED ışıkların kullanımı yaygınlaşmaktadır (Pinho ve ark., 2007; Runkle, 2010; Johkan ve ark., 2010; Johansen ve ark., 2011; Yang ve ark., 2012). LED (Işık yayan diyot)'li ışıklandırma bitkinin güneşsiz saatlerde de büyümesini sağlamaktadır (Okamoto ve ark., 1996; Yanagi ve ark., 1996; Yanagi ve Okamoto, 1997; Yorio ve ark., 2001).

Serada sebze yetiştiriciliğinde bitkilerin gelişme aşamalarına göre farklı renkte LED ışıkların kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu amaçla kırmızı ve mavi LED ışık yayan lambaların yaygın kullanımı ve satışı bulunmaktadır (Johansen ve ark., 2011).

LED lambalar morötesi veya kızılötesi ışınımlar yaymadıkları ve sistemin içinde civa ve kurşun bulunmadığı için bitkilere zarar vermeden aydınlatma sağlamaktadır (Anonim, 2011).

Tarımsal üretimde aydınlatma zamanı, süresi ve miktarı doğrudan verime etki etmektedir. Verim artışını veya azalışını etkileyen bu faktör, tarımsal faaliyete ve yetiştiriciliği yapılan canlılara göre farklılık göstermektedir. Tarımsal işletmelerde doğru aydınlatma uygulamaları ile birlikte diğer faktörlerde yetiştiricilik için ideal oldukları zaman, hem üretimde maksimum bir artış hem de elektrik tüketimde tasarruf sağlanmaktadır. Hem tamamlayıcı fotosentetik aydınlatma hem de tam yapay fotosentetik aydınlatma için aydınlatmanın gereğinden fazla ya da eksik uygulanması, tarımsal işletmelerde verimin düşmesine neden olacağından, mutlaka yetiştiriciliği yapılacak canlıya göre uygun yoğunlukta ve sürede aydınlatma gerçekleştirilmelidir (Yağcıoğlu, 1996 ve 2009).

Işık tohumların çimlenmesinden başlayarak, bitkinin hasat dönemine kadar olan sürede bitki gelişimi için önemli bir faktördür. Vejetatif ve generatif organ oluşumu, fotosentez olayı, topraktan besin elementlerinin alınması olayı ve yaprağı yenen bitkilerde nitrat birikimi üzerine birçok faktör üzerinde etkilidir.

Nitrat, bitki besini olarak organik yapılara girmek ve bitkideki temel fonksiyonlarını yerine getirmek için öncelikle amonyağa indirgenmek zorundadır. Bitki hayatı için nitratın amonyağa indirgenmesi ve özümlemesinin önemi, karbondioksidin indirgenmesi ve özümlemesine eşdeğerdedir (Arslan ve Gülerüz, 2002). Nitrat Redüktaz (NR), nitratın nitrite indirgenmesini katalizlemektedir. Nitrit Redüktaz (NiR) ise nitratın amonyağa indirgenmesinden sorumludur. Bitki dokularındaki nitrat redüktaz aktivitesini uyaran faktörlerden biri ışıktır (Marschner, 1995).

Nitrat redüktazın etkinliğine; ışık intensitesi, sıcaklık, nitrat düzeyi, diğer bazı iyonlar ve fitohormonlar etki ederken mikroelementlerden molibden noksanlığı olan bitkilerde nitrat redüktaz aktivitesi düşmektedir. Bitkilerin nitrat ile beslenmemesi de nitrat redüktaz enzimini düşürmektedir (Li ve Gresshoff, 1990). Guerrero ve ark. (1981)'a göre bitki yapraklarının dokularda ATP sentezinin artışı protein sentezinin ve nitrat redüktaz sentezini artırmaktadır. Yeşil yapraklarda ışık intensitesi ile nitrat indirgenmesi

arasında pozitif bir ilişki mevcuttur. Örneğin; yaprakta nitratin indirgenmesi günün değişik saatlerinde farklılık gösterirken, köklerdeki indirgenmede yapraktaki dalgalanmalar görülmez (Turan ve Horuz, 2012).

Çalışmanın amacı, bir yıl içerisinde topraksız yetiştiricilik şartlarında ısıtmasız cam serada ilkbahar, yaz ve kış döneminde yapay ışıklandırmanın bitki gelişimi, bitkilerin yapraklarındaki mineral madde konsantrasyonları ve yaprak nitrat miktarları üzerine etkilerini belirlemektir.



## 2. KAYNAK ÖZETLERİ/KURAMSAL TEMELLER/GENEL BİLGİLER

### 2.1. Topraksız Tarımın Bitkisel Üretimde Kullanımı

Dünyada tarım alanlarının giderek verimsizleşmesi, diğer taraftan artan nüfus, küresel ısınma ve şehirlerin tarım alanlarına kurulmasıyla var olan tarım alanları da azalmaktadır. Bunun beraberinde getirdiği gıda fiyatlarındaki artış gelecekte büyük sıkıntıların habercisi durumuna gelmiş ve insanoğlunun gelecek kaygısıyla bilim dünyası yeni arayışlar yapmaya yönelmiştir. Topraksız tarım üretimiyle ilgili dünyanın farklı yerlerinde araştırmalar yapılmakta, hatta araştırma aşamasından uygulama aşamasına geçilmektedir. Özellikle Hollanda, Belçika, İtalya ve Japonya gibi ülkelerde gelişme göstermektedir. Türkiye’de ise tarihi yaklaşık 50 yıl önceye dayanmasına rağmen son yıllarda gelişme gösteren bu tarım şekli hakkında çeşitli yönlerden birçok araştırma yapılmıştır (Gül, 2008).

Topraksız ortamda bitki yetiştiriciliği özellikle bahçe bitkileri dalında gelişmiştir. Daha çok sebze ve süs bitkilerinin üretiminde kullanılmaktadır. Topraksız kültür veya hidroponik, bitkilerin köklerini destekleyen bir ortam kullanılarak ya da kullanılmaksızın besin çözeltileriyle yetiştirilmesidir (Varış, 1991). Uluslararası Topraksız Tarım Derneği (ISOSC) tarafından yapılan tanımlama ise; “Sucul olmayan bitkilerin köklerinin besin solüsyonuyla desteklenmiş tamamen inorganik ortamlarda yetiştirilmesi” şeklindedir. Diğer bir tanımında ise; topraksız tarım, topraksız kültür, besin kültürü ve kimyasal kültürde denilmektedir (Sevgican, 2003).

Seradaki problemlerin en büyüğü sürekli yetiştiricilik yapılması sonucu oluşan toprak yorgunluğudur. Sera toprakları yağmursuzluk, sera bitkilerinin ömrünün uzunluğu, bitki artığı bırakılmaması, mikroorganizma faaliyetlerinin az olması gibi nedenlerle fazla gübreleme yapmayı gerektiren topraklardır. Bu nedenle daha az gübre kullanımı gerektiren topraksız kültüre geçiş seralarda daha hızlı olmuştur (Sevgican, 1990; Genç, 1985 ).

Günümüzde topraksız tarımın seracılıkta hızla yayılmasının en büyük sebeplerinden birisi toprak kökenli sorunlardır. Topraksız kültür, toprak yorgunluğu, topraktan

kaynaklanan hastalık ve zararlı gibi sorunların olmaması, gübre ve su ilişkisini denetleyerek bitki gelişimini kontrol altına alması, topraktan kaynaklanan kaliteyi düşürücü unsurları ortadan kaldırması ve verimi arttırması gibi üstünlüklere sahiptir (Jones, 1983).

Topraksız kültür iki şekilde yapılır; 1) Su kültürü (Hidroponik) 2) Agregat kültürü. Su kültürü; durgun su kültürü, besleyici film tekniği (NFT) ve aeroponik sistemlerini kapsamaktadır. Ortam kültüründe ise inorganik ve organik ortam materyalleri kullanılmaktadır (Gül, 1991).

Katı ortam kültürlerinden olan torba kültürleri, yatay ve dikey torba kültürü olarak da kendi içinde ikiye ayrılır. Dikey torba kültürü Avrupa'da geniş, İtalya ve İspanya'da ise kısıtlı kullanım alanları bulmuş, salata-marul ve çilek yetiştiriciliği için oldukça uygun bir yetiştiricilik yöntemidir. Toprağa alternatif olarak kullanılan bütün katı ortam materyalleri substrat veya agregat olarak adlandırılır (Papadopoulos, 1994).

Topraksız tarım uygulamalarında besin eriyiğinin idaresi ise açık ve kapalı sistemler olmak üzere iki şekilde yapılır. Açık sistemde bitki kök bölgesine uygulanan besin eriyiği drene olduktan sonra dışarı atılırken, açık sisteme göre su ve gübre tasarrufu sağlayan, daha az çevre kirliliğine neden olan kapalı sistemde kök bölgesinden drene olan besin eriyiği tekrar sisteme verilmektedir (Sevgican, 2003). Ancak yine de bu yöntem yüzde yüz gübre ve su tasarrufu sağlamaz, çünkü eriyikteki artan tuz ve hastalık etmenleri nedeniyle 1-2 haftada bir yenilenmesi gerekir (Jones, 1983).

Sevgican (2000)'a göre dünyada olduğu gibi ülkemizde de topraksız kültür uygulamaları gittikçe artmaktadır. Özellikle Antalya bölgesinde serada sebze ve süs bitkisi üretimi yapan büyük şirketler topraksız tarım tekniklerine yönelmişlerdir. Serada mono kültür ve yıl boyu yetiştiricilik yapılması, yoğun gübre kullanımı vb. nedenlerle toprak kaynaklı hastalık ve zararlıları ile tuz birikimi sonucu toprak yorgunluğu oluşmaktadır. Bu nedenle topraksız kültür uygulamaları bu sorunlara çözüm olarak öncelikle serada yaygınlaşmaktadır. Doğru uygulandığı sürece toprağa oranla verim ve kalitede önemli artışlar sağlanmaktadır.



Topraksız tarımda en çok kullanılan yetiştirme ortamlarından birisi kokopittir. Kokopit, tropik bölgelerde yetiştirilen bir palmiye türü olan Hindistan cevizi (*Cocus nucifera*) bitkisinden elde edilen lifli organik bir ortamdır. Hindistan cevizi meyvelerinin kabuk kısmından üretilmiştir. Uzun lifler çeşitli amaçlarla (halat, hasır, sepet vb. yapımında) kullanılır, kalan kısmı ise yığınlar halinde kompostlaştırılarak hindistan cevizi lifi üretilir (Anonim, 2014a).

Knoshita ve ark. (2016), Malezya'da bulunan Cameron Highland bölgesinde tepsi sistemi ve kanal sistemini kapsayan iki topraksız tarım sisteminde krizantem yetiştiriciliği yapmışlar. Tohum yetiştirme kabı olarak polietilen tabaka ile çevrili tepsi sistemleri (50 bölme, 140 cm<sup>3</sup>/bölme) kullanmışlar. New Yellow krizantemlerinin çelikleri bu tepsilerde bitki arası 81 bitki / m<sup>2</sup> olarak yetiştirmişler. Her bir bitki damla sulama yöntemi ile günde 6 saat 200 N, 60 P, 300 K, 50 Mg, 75 S, 12 Fe, 2 Mn, 0.3 B, 0.1 Cu, 0.1 Zn mg/l bitki besin solüsyonu ile sulamışlar. Kanal sistemi yüksekliği 15 cm, genişliği 1cm ve 0,04 mm kalınlığındaki polietilen tabaka ile kaplı olarak oluşturmuşlar. Krizantem çelikleri 10 cm yüksekliğinde Hindistan cevizi lifi ile kaplı kanal içerisinde yetiştirilmiş ve bitkiler bitki besin solüsyonu ile haftada 3 kez sulandıktan sonra 3 hafta boyunca günde bir kez olmak üzere damlaticılarla birlikte sulama suyu ile gübrelemişler. İki sistemde krizantemlerin çiçeklenmesi ve gelişimi gözlemlemişler. Kanal ve tepsi ile yetiştirilen çiçeklerin kalitesi ve gelişimini benzer bulmuşlar. Çiçek renkleri dışında iki sistem arasında çiçek karakteristikleri bakımından önemli farklılıklar gözlemlememişler. Her iki topraksız tarım sisteminde üretilen krizantemler toprakta yetiştirilen krizantemler birinci kalitede yetişmiştir. Bu çalışmanın sonucunda topraksız tarımla yetiştirilen krizantemler dağlık alanlarda toprakla bağlantılı olan hastalıklardan korumak için uygulanabilir olduğunu bildirmişlerdir.

Kinoshita ve ark. (2016), Kuzey Japonya'da modern topraksız tarım domates yetiştiriciliğinde sulama suyu ile birlikte yapılan kontrollü salınım gübreleme (CRF) üzerine bir araştırma yapmışlardır. Bu programın kullanımı Ağustos-Ocak süresinde yaprak alanı ve besin elementi kullanımı bakımından bitki gelişiminin ölçümü, meyve tutumu, ürün miktarı, ışıklenme süresi açısından değerlendirilmişler. Kapalı sistemde kullanılan CRF'ye 5 gübreleme seviyesi (5-15 g N bitki başına) sulama tankı ile uygulamışlar ve açık sistemde EC (Elektirik İletkenlik) kontrolü ile sıvı gübre (LF) verilen bitkileri karşılaştırmışlar. LF sistemindeki toplam N ihtiyacı CRF

uygulamasından daha yüksek bulmuşlar. İkincisinde taze meyve tutumu 12,5 g N seviyesinin üzerinde gübrelendiğinde artış olduğunu bildirmişler. 12,5 ve 15,0 g N üzerinde meyve tutumu LF sistemi ile benzerlik gösterdiğini bulmuşlar. Meyve kuru madde miktarı benzerlik gösteren CRF uygulamaları dikkate alındığında yüksek kuru madde tutumundan kaynaklandığını ifade etmişler. Kümülatif ışık tutumu ve toplam kuru madde üretimi arasında yüksek bir korelasyon olmadığını bildirmişler. Sonuç olarak LF sisteminde aşırı meyve gelişimi ile CRF ve LF uygulamaları arasındaki kuru ve taze meyve tutumunun benzer olduğunu bulmuşlar. Kapalı CRF uygulama sistemi besin kullanımının % 37' sini karşılamış fakat açık LF sistemi ve EC kontrollü üretim ile yapılan yetiştiricilikteğine eşdeğer bir meyve ürünü elde etmişler.

## **2.2. Yapay Işık Kaynaklarının Bitkisel Üretimde Kullanımı**

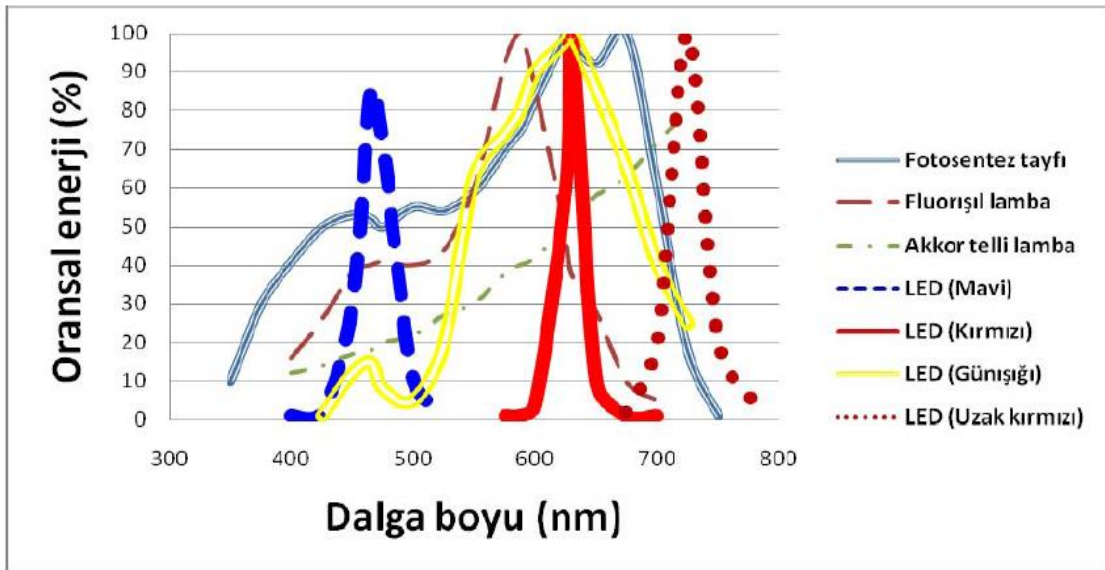
Bitkileri etkileyen en önemli fizyolojik faktörlerden biri ışıktır. Işık, bitkilere sadece enerji taşımaz aynı zamanda çeşitli fotomorfogenetik mekanizmalarla, enerjinin farklı metabolik yollara yönlendirilmesinde önemli rol oynar (Wassink ve Stolwijk, 1956).

Işık; çoğunlukla güneş ışımmasının gözle görülür bölümünü veya göze etki eden bir enerji çeşidini ifade eder. Işığın yayılım şekli elektromanyetik dalgalar biçiminde olurken, bu dalga hareketlerinin hızı  $3 \times 10^8$  m/s'dir. Hem doğal (güneş) hem de yapay kaynaklardan oluşan elektromanyetik dalgalar yayılma yönünde sinüzoidal eğri biçimindeki bir yörüngede ilerler. Bu eğrinin birbirine yakın iki tepe noktası arasındaki uzaklık 'dalga boyu' olarak ifade edilir. Doğal ve yapay kaynaklardan yayılan elektromanyetik dalgalar farklı dalga boylarında olabilirler (Yıldız ve ark., 2010). Şekil 2.1.'de elektromanyetik spektrum ve görünür ışınım bölgesi verilmektedir. Elektromanyetik spektrum (tayf), elektromanyetik dalgaların boylarına göre sınıflandırılmasıyla elde edilir.



2007). Görünür ışık spektrumunda kırmızı - turuncu ışık dalga boyu (600-700 nm) en uzun olan ışıktır (Yang ve ark., 2012). Bitkiler fotosentez yaparken spektrumdaki görünür ışığı kullanmaktadır (Eriş, 2007). Güneşin yaydığı elektromanyetik ışınlardan görünür dalga boyundaki fotonların enerjisi bitkiler tarafından fotosentezde kullanılmaktadır (Zhu ve ark., 2008). Işık, bitkiler için sadece fotosentezde enerji kaynağı olmayıp aynı zamanda farklı gelişim süreçlerini kontrol eden ve yönlendiren bir faktördür (Andiç, 1993; Padem ve Özdamar, 2002). Işık yoğunluğu, dalga boyu gibi ışıkla ilgili pek çok faktör bitki büyüme parametreleri (boğum uzunluk farklarını, bitki boyu, dallanma düzeni, yaprak boyutları ve biomass gibi özellikler) üzerine etkili olmaktadır (Lee, 1988; Lee ve ark., 1996, 1997, 2000; Stuefer ve Huber, 1998; Fisher ve ark., 2002; Croster ve ark., 2003; Griffith ve Sultan, 2005).

Bitkilerin fotosentez karakteristiği, yapay aydınlatma kaynaklarının kullanımı konusunda çok önemli ipuçları vermektedir. Bu karakteristikten yararlanarak hangi dalga boyu aralığında ne tür bir ışık kaynağının kullanılması gerektiği anlaşılabilir. Şekil 1.3'de verilen grafikte fotosentez karakteristik eğrisiyle beraber 7 farklı yapay ışık kaynağına ait eğriler görülmektedir. Bunlardan soğuk beyaz renkli flüorışıl lamba ile akkor telli lambaya ait olanların yanı sıra mavi, kırmızı, gümüşü ve uzak kırmızı renkli LED'lerin eğrileri de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Bitkilerin fotosentez karakteristiği ile bazı yapay ışık kaynaklarının enerji tayfinin karşılaştırılması (McFate, 1989)

Şekil 2.2.'deki eğriler incelendiğinde mavi, kırmızı ve uzak kırmızı ışık veren LED'lerin fotosentez karakteristiğinin ilgili dalga boylarındaki enerjiyi karşılamak için uygun olduğunu göstermektedir. Gerçekten de klorofil sentezi 445 ve 650 nm dalga boylarında maksimuma ulaşmaktadır. 500-575 nm'lik dalga boyu aralığında ise azalarak % 20 ve daha altındaki oranlara düşmektedir (McFate, 1989). Diğer yandan gün ışığına destek olmak ya da bitki kabini gibi kapalı ortamlar için kullanılması mümkün olan gün ışığı tayfına sahip LED'in, fotosentez karakteristiğiyle uyumlu bir karakteristiğe sahip olduğu görülmektedir.

Türkiye'de PAR değeri açısından özellikle sonbahar ve kış aylarında bulutluluk oranı yüksek olan yörelerde yüksek ışınımsal aydınlık gereken bitkilerin yetiştirilmesinde az da olsa bir eksiklik olduğu görülmektedir. Bitkilerin normal bir gelişim gösterebilmesi için günlük enerji ihtiyacı 1,2-1,7 MJ m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> değerleri arasında olmalıdır. Günlük toplam PAR değeri ile bitkinin fotosentez için ihtiyaç duyduğu ışınım bilinmeden, fotosentezi artırmak için aydınlatma uygulamalarının gerekli ya da gereksiz olduğu söylenilememektedir (Yağcıoğlu, 2009).

Çizelge 2.1. Farklı renklerin bitki üzerindeki etkileri (Weir, 1975; Mpelkas, 1991)

Işık Cinsi	Bitki Üzerindeki Etkisi
UV-B Işıkları (280-315 nm)	Bitkilerin bodur büyümesine ve cüce kalmasına neden olmaktadır. Özellikle dağlık bölgelerde miktarı artar. Bu ışınımlardan korunmak için bitkilerde; aşırı tüylenme diken oluşumu ve üst koruyucu dokuda mantar meydana gelmektedir.
UV-A Işıkları (315-400 nm)	Bitki üzerinde farklı karakterlerde sürgünlerin oluşmasına ve bunun sonucunda yeni çeşitlerin elde edilmesine neden olmaktadır. Bu ışınımlardan korunmak için bitkilerde; aşırı tüylenme, diken oluşumu ve üst koruyucu dokuda mantar meydana gelmektedir.
Mor Işık	Bitkilerde fotosentezi sağlamaktadır.
Mavi Işık	Bitkilerin bodur kalmasını sağlamaktadır.
Yeşil Işık	Bitkilerde fotosentezi, fototropizmi, kloroplast değişimini ve mantar dokusu oluşumunu sağlamaktadır.
Kırmızı Işık	Bitkilerin hayatsal faaliyetlerini devam ettirebilmeleri için gerekli olmaktadır.
Sarı Işık	Bazı bitkilerde seksüel gelişmeyi kuvvetlendirmektedir.

Bitkilerin farklı renklere karşı gösterdikleri tepkiler Çizelge 2.1.'de verilmiştir (Weir, 1975; Mpelkas, 1991). Bitki büyümesi ve gelişmesi açısından PAR değeri önemlidir. PAR 400-700 nm dalga boyu aralığındaki ışığın foton miktarı olarak tanımlanabilir. Bu nedenle PAR ölçümleri fotosentetik foton akısı yoğunluğu ölçümü şeklinde de ifade edilmektedir. PAR değerinin birimi  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  dir ve tamamlayıcı aydınlatmalı seralar için 50-200  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  olması önerilmektedir (Weir, 1975; Mpelkas, 1991).

Bitkiler güneşten yeryüzüne gelen  $1.3 \text{ kWm}^{-2}$  ışık enerjisinin yaklaşık % 5 kadarını fotosentezde kullanarak karbonhidratlara dönüştürürler. Yeryüzüne gelen ışığın % 60'ı dalga boyunun uygun olmaması nedeniyle bitkiler tarafından değerlendirilemez, % 8'i yansıtılır ya da geçirilir, % 8'i ısı şeklinde yitirilir ve % 19'u da metabolizma faaliyetleri sırasında kaybolur. Bitkiler tarafından güneş ışığının çok küçük bir bölümünden yararlanılması fotosentetik pigment maddelerinin belli dalga boyuna sahip ışık absorbe edebilmelerindedir.

Işığın bitki gelişimindeki önemli etkileri örtü altı yetiştiriciliğinde ek ışık kullanımını gündeme getirmiştir. Özellikle ışık yoğunluğunun azaldığı kış aylarında güneş batarken yapılan ek ışıklandırmanın bitki büyümesi üzerine önemli etkileri bulunmaktadır (Decoteau ve ark., 1988; Blom ve ark., 1995; Chia ve Kubota, 2010).

Kim ve ark. (2004), in vitro krizanteminin kesilen çeliklerini (1.0 cm)  $30 \text{ gl}^{-1}$  sakkaroz ile ana damara ilave edilerek şaşırtmışlar ve 6 farklı ışık değeri altında 35 günlük sürede üretimini yapmışlar. Işık olarak, florasan ışık (LB), mavi led (B), kırmızı led (R), kırmızı mavi led (RB), kırmızı ve far-kırmızı (RFR) ve kırmızı ve mavi far kırmızı (BFR) kullanmışlar. Sonuç olarak, R ve RFR'de gövde boyunun uzunluğunun en yüksek değere ulaşmasının yanı sıra 3. internodun aşırı uzamasından dolayı gövdede kırılma olduğunu gözlemlemişler. Gövde büyümesinin RB ve FL altında en üst düzeyde olduğunu bildirmişler.

Berkovich ve ark. (2005), yapay aydınlatma koşullarının, bitkilerin ışığa verdikleri tepkileri belirlenmesi için en iyi yöntem olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar, birkaç dalga boyunun kısa bant spektrumuna sahip olmalarından dolayı, farklı aydınlatma koşullarına bitkilerin tepkisini belirlemek için en uygun ışık kaynağının LED'ler

olduğunu bildirmişlerdir. Günümüzde kullanılan süper parlak LED'lerin bitki büyümesi için gerekli olan PAR değerlerinin üretilmesinde yeterli olduğunu ifade etmişlerdir.

Li ve Kubota (2009), büyüme odası içerisinde ışık ana kaynağı olarak beyaz florasan ışık lambası altında ve fotokimyasal içerisinde yüksek dikim yoğunluğunda gelişen Red Cross küçük yapraklı marul için farklı tamamlayıcı ışık kalitesinin etkilerini incelemişlerdir. Işık akışına ek olarak sırasıyla 18, 130, 130, 130 ve 160  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  UV-A, B, G, R ve FR ledler eklemişler. Beyaz kontrol ışığı kapsayan bütün örneklerde fotosentetik ışık akışı (PPF, 400-700nm), ışıklandırma süresi ve hava sıcaklığı 300  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , 16s ve 25  $^{\circ}\text{C}/20^{\circ}\text{C}$  değerinde olduğunu bildirmişler. Farklı ek ışık kalitesi altında fotokimyasal içerisindeki değişim mekanizmaları iyi bilinmemesine rağmen, beyaz ışık altında küçük yapraklı marulun gelişimi ve besin değerini artırmada kullanılan ilave ek ışık kalitesinin kullanılabilir olduğunu saptamışlardır.

Samuoliene ve ark. (2009), yaptıkları çalışmada marul (*Lactuca sativa cv. Grand Rapids*), mercanköşk (*Majorana hortensis, Moench.*) ve yeşil soğan (*Allium cepa, L. cv. Lietuvos didieji*) bitkilerini ek aydınlatma sistemi ile birlikte sera ortamında yetiştiriciliği yapmışlardır. Basınçlı sodyum lambalar ( $130 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) ve 638 nm'lik ışık yayan diyotlar ( $500 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) altında hasat öncesi yapılan 3 günlük uygulama nitrat konsantrasyonunun % 44'ten % 65'e düşmesine neden olduğunu gözlemlemişlerdir.

Yeah ve Chung (2009), 1980'nin ortalarından beri yarı elektronik iletken teknolojisinin hızlı gelişimi led ışıklarının etkinliğini ve parlaklığını önemli şekilde değiştirdiğini ifade etmektedirler. Araştırmacılar, Led ışıkların biyolojik canlı yaşam desteği sistemleri ya da açık-kapalı bitki yetiştirme ortamları için önemli bir ışık kaynağı olarak uzun süredir önerildiğini ifade etmektedirler. Enerji fiyatının artışı ticari amaçlı yapılan bitkisel üretimde aynı zamanda ledlerin kullanımını artırdığını savunmaktadırlar. Bu enerjinin etkisi ile ledler topraklı ya da topraksız kültürde enerji değişimini iyileştirmek ve besin ihtiyacını karşılamak için yeni görüşler ortaya çıkarmışlardır. Kapalı ortamda tarımsal üretim için etkili ışık kaynaklarından birisi olan ledlerin güçlerinin oldukça yüksek olduğunu keşfetmişlerdir. Doku kültür odaları ve gelişim odaları gibi kontrollü ortamlarda bitki gelişimini desteklemek için ledlerin kullanımı ile ilgili pek çok araştırma yapılmıştır. Araştırmacılar bu makalede 1990'dan beri kapalı ortamda bitkisel

üretimde led uygulamasında ledlerin tarihsel gelişiminin özetini vermiş ve mevcut bilgilere yenilerinin eklenmesine katkı sağlamışlardır.

Macedo ve ark. (2011), in vitro'da gelişen *Alternanthera brasiliana* Kuntze'nin (Amaranthaceae) yaprak gelişimi üzerine ışık kalitesinin etkisini araştırmışlardır. Belirli yaprak kütlesi, kalınlığı ve yaprak yoğunluğunu kapsayan gelişim parametreleri kırmızı ışık altında bitki gelişimi oldukça düşük değerler aldığını bulmuşlardır. Mavi ışık yaprak-bitki sayısı, yaprak kalınlığı ve yaprak yüzeyi üzerine artırıcı etki ettiğini ve yeşil ve kırmızı ışık yaprak yüzeyinin küçülmesi üzerine etki ettiğini bildirmişler. Araştırmacılar bu çalışma ile *Alternanthera* bitkilerinin mavi ve kırmızı ışık koşullarının bitkinin morfolojik özellikleri üzerine etki ettiğini kanıtlamışlardır.

Samuoliene ve ark. (2011), yaptıkları çalışmada marul (*Lactuca sativa L.*) çeşitleri (kırmızı yapraklı 'Multired 4', yeşil yaprak 'Multigreen 3' ve açık yeşil yapraklı 'Multiblond 2') endüstriyel serada yüksek basınçlı sodyum lambalar (16-h) ve ek olarak led lambaları ile birlikte yetiştirmişlerdir. Hasattan 3 gün önce, 16 saatlik bir fotoperid içinde kırmızı 638-nm ledleri ve net fotosentetik olarak aktif akı yoğunluğu  $\sim 300 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  uygulamışlardır. Kırmızı ve yeşil yapraklı maruldaki nitrat içeriğini sırasıyla % 56.2 ve % 20.0'a düşürdüğünü bildirmişlerdir.

Dayıoğlu ve Silleli (2012), Afyon ve Aydın'da günlük ışık integrali yöntemi kullanarak cam ve plastik örtülü seralarda yapay aydınlatma sistemi tasarımı yapmışlardır. Günlük ışık integrali (DLI) 12 ay olarak hesaplanmış, her iki lokasyonda en düşük seviyeler Aralık ayında ölçmüşler. Tasarım ölçütleri olarak kullanılan en düşük DLI seviyeleri Afyon için 7-9 mol/m<sup>2</sup>gün ve Aydın için 8-10 mol/m<sup>2</sup>gün olarak saptanmışlar. Taban alanı 1000 m<sup>2</sup> olan örnek plastik ve cam seralarda iyi kalite (15 mol/m<sup>2</sup>gün) domates üretimi için gerekli fotosentez etkili ışınım (PAR) seviyeleri ve armatür sayıları tespit etmişler. Araştırmacılar, Afyon'daki cam ve plastik seralar için gerekli PAR sırasıyla 139 ve 185  $\mu\text{mol/m}^2\text{s}$ , Aydın'da ise 116 ve 162  $\mu\text{mol/m}^2\text{s}$  olarak bulmuşlar ve bu ışık seviyelerini sağlamak için gerekli lamba sayıları sırasıyla Afyon için 265 ve 352 Aydın için 221 ve 309 olarak belirlemişler.



Johkan ve ark. (2012), yaptıkları çalışmada marul bitkisinin gelişimi ve fotosentezi üzerine ışık etmeni ve farklı dalga boyları ile yeşil led ışıklarının etkisini değerlendirmişlerdir. G530 (532 nm; dalga boyu, 510 nm; yarım band genişliğinde tepe yüksekliği, 18nm), G520 (524nm; 30nm) ve G530 (532nm; 36nm) 100, 200 ve 300  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  fotosentetik ışık akışı (PPF) sırasıyla G530'dan azami 260 PPF çıkan yeşil ledler kullanmışlardır. Araştırmacılar, bu çalışma ile yüksek kapasiteli yeşil led ışıklarının bitki gelişimini teşvik edici etkisi olduğunu ve özellikle kısa dalga boylu yeşil ışıkların bitki gelişim aktivitesinde kullanılabilir olduğunu göstermişlerdir.

Xu ve ark. (2012), son zamanlardaki çalışmalarda kullanılan Arabidopsisin mavi ışıkta bitki içerisinde proteinin taşınmasını düzenlediği ve psikolojik ve morfolojik düzenleyicileri teşvik ettiğini belirtmektedirler. Araştırmacılar bu çalışmada ledten yayılan mavi ışığın kuraklık stresi düzenleyicisi olarak iki saatlik ışıklanmadan sonra domates üretiminde canlandırıcı olarak kullanmışlar. 0.48 W, 24 V ve 45  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  özelliğe sahip mavi beyaz (450 nm) ve kırmızı (660 nm) led lambaları ile ışıksız kontrol koşullarını karşılaştırmışlar. Araştırmacılar sonuç olarak, mavi led ışıkları ile yapılan ek aydınlatma domates üretiminde hastalıklara direnci geliştirme kadar kaliteyi artırma ve meyve verimini artırmada da etkili olduğunu bildirmişler.

Fan ve ark. (2013), değişmeyen ışık spektrumun farklı ışık şiddetini sağlayan kırmızı led ve mavi led ışıkları kullanmışlar ve genç domates bitkisinin yaprak ve bitki gelişiminde farklı ışık şiddetinin etkilerini araştırmışlardır. Sonuç olarak farklı ışık muameleleri karşılaştırıldığında genç domates bitkilerinin üretimi için en uygun 300  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  olduğunu ve 300  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  üzerinde PPFB den gelen kazancın önemli olmadığını göstermişlerdir.

Li ve ark. (2013), *In vitro* bitki kültüründe genellikle kullanılan ışık kaynağının florasan lambalar olduğunu belirtmektedirler. Daha etkili bir ışık kaynağı seçmek için, son zamanlardaki çalışmalar gelişim üzerine farklı ışık şiddetlerinin etkilerini ve *in vitro* wester bitkileri kültür bitkisi kolzanın başkalaşımını değerlendirmişlerdir. Bitki ortamları 6 farklı ışık şiddeti altında 12 saatlik ışıklanma için 60  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  fotosentetik ışık akışına maruz bırakmışlardır. Işıklar florasan lambaları, monokromik mavi led ışık, monokromik kırmızı led ve 3 tane mavi kırmızı karışımı 3 tane led ışık (3:1,1:1,1:3).B:R=3:1 led ışığı *in vitro* gelişim ortamı kolza için uygun olduğunu ve

farklılaşma oranı, çoğalma oranı, gelişim oranı ve şaşırtma sonucu tutunabilme oranına göre kolza kültür sisteminde öncelikli ışık kaynağı olarak kullanılabilir olduğunu göstermişlerdir.

Lin ve ark. (2013), geçmiş çalışmalar kırmızı (R) ve mavi (B) led ışıklarının karışımının bitki büyüme ve gelişmesi üzerine ışık kaynağının etkili olduğunu ve yapay gelişim ortamlarında ışık spektrumu, yoğunluğu ve süreleri yetiştiriciler tarafından kolaylıkla kontrol edildiği kanıtlandığını ifade etmektedirler. Araştırmacılar, marul yapraklarında çözümler klorofil, karotenoid, proteinler ve şekerler, nitrat birikimi ve bitkisel biyokütle üzerinde ışığın 3 farklı değerinin etkisini araştırmışlardır. Bitkileri su kültüründe (ekimden 15 gün sonra) 20 günlük yetiştirme odaları içerisinde kırmızı mavi led ve beyaz led ve bir florasan lamba altında 24/20 °C de 16 saatlik ışıklandırma periyodu, % 75 nem değeri, 900  $\mu\text{mol m}^{-1} \text{CO}_2$  seviyesi ve 210  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  ışık akışı yoğunluğu ile yetiştirmişler. Araştırmalarının sonucunda ilave ışık özelliği RBW led ışıkları altında gelişen marul bitkilerinin gelişim ve besin değerini artırmak için kullanılabilir olduğunu kanıtlamışlardır.

Chen ve ark. (2014), aydınlatma süresi ve aydınlatmanın marul bitkisinin gelişimi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Araştırmacılar, bitkisel üretim için kırmızı- mavi led ve beyaz florasan ışıklarını karşılaştırmışlardır. Her bir ışık altında 600  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  ışık şiddetli 4 ışıklandırma zamanı (12 s, 16 s, 20 s ve 24 s) uygulayarak marul bitkisinin gelişimini sağlamışlardır. Yaptıkları çalışma sonucunda kontrol şartlarında marul bitkisi gelişimi için marul yetiştiriciliğinde en uygun ışıklandırmanın 24 saatlik kırmızı-mavi led aydınlatmasının olduğunu ispatlamışlardır.

Chen ve ark. (2014), *Gren OakLeaf* marul çeşidinin tohumlarını 6 ışık tarafından gelen farklı ışık spektrumu altında şaşırtılma olmadan 50 günlük ekim ve su kültüründe yetiştirmişler. Araştırmacılar, farklı üretim koşullarında güneşlenme ışığına eşdeğer olarak kırmızı led florasan (FLR), mavi led etkili florasan ışığı (FLB), monokromik kırmızı (R) ya da mavi (B) led, kırmızı ve mavi led (RB) karışımı ve florasan (FL) ışığını kullanmışlardır. Araştırmacılar sonuç olarak, FLR ve FLB den morfolojik, biyokütle artışı ve marulun pigment oranının monokromik R, B, FL yada RB ve FL karışımı ile R ya da B ledlerinden daha çok artırdığını, *Gren OakLeaf* marulun su kültüründe etkili ışık kaynağı olarak kullanılabilir olduğunu kanıtlamışlardır.

Hernandez ve Kubota (2014), yaptıkları çalışmada güneş ışığı ihtiyacı yetersiz olduğu zaman yüksek şiddetli ledleri sera koşullarında tamamlayıcı ışık teknolojisi olarak kullanmışlardır. Araştırmacılar, biber (*Cucumis sativus L. cv. Cumlaude*) tohumları sera içerisinde farklı günlük güneş ışığı altında kırmızı ışık akış oranı ve farklı mavi led ışıklarına ihtiyaç duyulmadan yetiştirmişlerdir. Sera koşullarında ihtiyaç duyulan ışıklandırma kullanıldığı zaman kırmızı ledin %100'ünün kullanımı biber tohumları için tercih etmişler ve ek olarak mavi led yarar sağlamadığını bildirmişlerdir.

Köksal ve ark. (2014), yaptıkları çalışmada led lambaların domates bitkisinin (*Lycopersicon esculentum L.*) gelişimi üzerine etkisini incelemişlerdir. Deneme, özel olarak planlanmış alçak plastik tünellerde yürütmüşlerdir. Bitkilerin yetiştirildiği tünellerde ışık kaynağı olarak: 1) doğal güneş ışığı (kontrol grubu), 2) Gündüz saatlerinde güneş ışığı, güneş battıktan sonra ise kırmızı-turuncu ışık veren LED lambalar (623 nm) kullanmışlardır. Yaptıkları çalışma sonucunda, kırmızı-turuncu LED ışığı ile ek aydınlatmanın, bitki boyu, yaprak sayısı, çiçek sayısı ve biyomass ağırlığı bakımından kırmızı-turuncu LED ışık ile yapılan ek aydınlatmanın istatistiksel olarak farklılık yarattığını belirlemişlerdir.

Liu ve ark. (2014), Asya'nın büyük bir kısmında, balon çiçeği (*Platycodon grandiflorum (Jacq.) A.DC., P. grandiflorum*) süs bitkisi ve tedavi edici özelliğe sahip olduğundan dolayı oldukça değerli olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar, daha önceki yapılan çalışmalarda tedavi edici bitki olarak tanımlanmasına rağmen, farklı ışık etkisi altındaki etkileri üzerine bir çalışma yapılmadığını ifade etmektedirler.  $50 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  luk fotosentetik ışık akışı yoğunluğunda olan led ışıkları altında yetiştirilen yapay ortam üretiminde kullanılan yaprakların morfolojik, anatomik ve kimyasallar üzerine ışık spektrumunun etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar, Monokromatik mavi ışık (B), % 75 mavi + % 25 kırmızı ışık (BR 31), % 50 mavi + % 50 kırmızı ışık (BR 11), % 25 mavi + % 75 kırmızı ışık (BR 13) ve monokromatik kırmızı ışık (R) muameleleri yapmışlar. Beyaz florasan ışık kontroler olarak kullanmışlardır. Yaptıkları çalışma sonucunda, güçlü spektrumlu ışık invitro kültüründe üretilen *P. grandiflorum* bitkilerinin gelişim ve morfolojisini etkilemekte olduğunu göstermişlerdir.

Bian ve ark. (2016), yaptıkları bir çalışmada; kırmızı, mavi ve yeşil ledleri marul bitkisinde nitrat içeriği, bitkideki antioksidant aktivitesi üzerine yeşil ışığa göre kırmızı

- mavi ışıkların ve bunların kombinasyonlarının yaprak nitrat içeriğini düşürdüğünü ve marulun kalitesinde artışa neden olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar 24 saat led ışıklandırmanın yapılmasını tavsiye etmişlerdir.

Wojciechowska ve ark. (2016), led aydınlatma sistemlerinin nitrat konstrasyonu ve metabolizması üzerine nasıl bir etki yaptığını araştırmak için *Valerianella locusta L.* Kuzu marulu üzerinde 30 ve 60 günlük gün ortasında ve akşam saatlerinde çalışmak üzere Led ve Sodyum ampül (HPS) lambalarını kullanmışlar. Yapılan bu iki yıllık çalışmada sonbahar ve kış aylarında HPS ışıkları altındaki gözlemlenen bitkilerde nitrat konsantrasyonuna bakıldığında % 90 kırmızı ve % 10 mavi led ışık altındaki kuzu marulunun gelişiminin önemli derecede azaldığı gözlemlenmiştir. En fazla azalmayı kış aylarında 30 günlük ışıklandırma süresinde akşam saatlerinde yapılan sulama süresince gözlemlenmiştir. Araştırmacılar örtü altı yetiştiriciliğinde kuzu marulunun yalnızca bu ışık kombinasyonu tarafından yetiştiriciliğini tavsiye etmişlerdir. Araştırmacılar, nitrat redüktaz aktivitesi (NRA) ışık uygulamaları tarafından vejetasyon süresinin uzaması üzerine daha fazla etki yaptığını ifade etmişler. Ortalama olarak, *V. Lacusta* yapraklarının 30 günlük ışıklandırmasından sonra NRA ve nitrat seviyeleri 60 günlük uygulama ile karşılaştırıldığında daha yüksek sonuçlar bulmuşlar. Araştırmacılar sonuç olarak örtü altı yetiştiriciliğinde nitratin yüksek miktarlarda toplanma potansiyeli nedeniyle diğer türler üzerinde yapılacak benzer çalışmaların geliştirilmesi gerektiğini bildirmişlerdir.

Zhang ve ark. (2018), su kültüründe marul bitkisinin gelişimine, fotosentez oranına ve meyve kalite özellikleri üzerine led ışıkları ve normal florasanın etkilerini araştırmak için yaptıkları çalışmada led ışıklarının mavi ve kırmızı renk tonlarını seçmişler ve ışık düzeyleri olarak  $150 \mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ ,  $200 \mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ ,  $250 \mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ , ve  $300 \mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$  ışık düzeylerini seçmişlerdir. Tüm uygulamalarda;  $250 \mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ , ve  $300 \mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$  ışık koşullarında bitki verimi, C vitamini, çözülebilir şeker miktarı, kuru madde miktarlarını en yüksek değerlerde bulmuşlardır. Florosanla en düşük ışık değeri uygulamasında yaprak nitrat miktarı  $783 \text{ mg kg}^{-1}$  iken en yüksek ışık uygulamasında sırasıyla  $339$  ve  $292 \text{ mg kg}^{-1}$ , Led aydınlatma ile en düşük ışık uygulamasında yaprak nitrat miktarı ( $150 \mu\text{mol}/\text{m}^2$ )  $810 \text{ mg kg}^{-1}$  iken en yüksek ışık düzeyinin ( $300 \mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ ) olduğu koşullarda yaprak nitrat miktarını  $456 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak bulmuşlardır.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Katı ortam kültüründe kıvrıkcık yapraklı marul ve biber yetiştiriciliğinde ilave LED aydınlatma uygulamalarının verim kalite ve bitki gelişimine etkilerinin araştırıldığı bu çalışma 2015 yılında erken ilkbahar, yaz ve kış döneminde Tokat Merkez İlçede Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama ve Araştırma alanında bulunan ısıtmasız bir cam serada yürütülmüştür. Doğu-batı yönünde kurulu olan tek çatılı cam seranın boyutları; 12 x 35 (420 m<sup>2</sup>), yan yüksekliği 2,2 m ve çatı yüksekliği ise 5 m'dir.

Tokat ili Orta Karadeniz Bölgesinde, Karadeniz Bölgesi ile İç Anadolu Bölgesi arasında geçit iklimine sahiptir. Tokat ilinin Kuzeyinde Samsun, Kuzeydoğusunda Ordu, Güney ve Güneydoğusunda Sivas, Güneybatısında Yozgat ve Batısında Amasya illeri bulunmaktadır.

Çizelge 3.1. Tokat ili iklimsel değerler (Anonim, 2015a)

TOKAT AYLAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1950 - 2015)												
Ortalama Sıcaklık (°C)	1.9	3.4	7.4	12.5	16.5	19.9	22.3	22.4	18.8	13.7	7.9	3.8
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	6.2	8.2	13.1	18.9	23.4	26.7	29.0	29.6	26.5	20.6	13.6	7.8
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-1.7	-0.7	2.4	6.6	10.0	13.0	15.5	15.6	12.1	8.1	3.4	0.3
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2.5	3.4	4.5	6.1	7.3	8.2	8.5	9.2	8.3	6.6	4.1	2.3
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	11.0	10.6	12.3	12.7	13.6	8.7	3.0	2.3	4.7	8.1	9.4	11.6
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (kg/m <sup>2</sup> )	39.8	33.7	40.6	54.8	58.3	38.3	11.2	5.7	17.9	40.0	44.7	47.4
Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen En Yüksek ve En Düşük Değerler (1950 - 2015)												
En Yüksek Sıcaklık (°C)	20.2	22.8	31.1	35.1	36.4	39.8	45.0	40.8	38.9	35.3	35.6	23.0
En Düşük Sıcaklık (°C)	-23.4	-22.1	-21.2	-6.3	0.0	2.7	6.1	6.7	2.4	-3.2	-11.8	-21.0

Çizelge 3.1.'de Tokat ili iklimsel değerleri verilmiştir. Meteorolojiden alınan değerler doğrultusunda Tokat ilinde Aralık, Ocak ve Şubat ayları itibari ile sıcaklık değerleri, güneşlenme saati ve süresi diğer aylara oranla oldukça düşüktür (Anonim, 2015a). Bu durumda örtü altı sebze yetiştiriciliğinde, verim ve kaliteyi artırmanın yanı sıra üretimin

devamlılığının sağlanması açısından ek aydınlatma uygulama çalışmalarının denenmesi ve ortaya konması gerekmektedir.

### 3.1. MATERYAL

#### 3.1.1. Bitkisel materyaller

Çalışmada *Funly F1* kıvrıkcık yapraklı baş salata çeşidi ve *Balca F1* biber çeşidi kullanılmıştır. *Funly F1* bitkilerinin gelişmiş hali şekil 3.1’de, *Balca* biber bitkilerinin genel görünümü şekil 3.2’ de verilmiştir.



Şekil 3.1. *Funly F1* kıvrıkcık yapraklı baş salata çeşidi



Şekil 3.2. *Balca F1* biber çeşidi

Funly F1 kıvrıkcık yapraklı baş salata çeşidi (Şekil 3.1.), her dönem yetiştiricilik için uygun bir çeşittir. Bitki yapısı güçlü, yaprakları açık yeşil renklidir. Parlak bitki görüntüsü ile albenili bir çeşittir. Yaprak sayısı çok fazla olduğu için iri görünüme sahiptir. Yaprak kenarları son derece kıvrıkcıktır. Sapa kalkmaya mukavemetlidir. Esnek yaprak yapısından dolayı hasat ve yıkama sırasında kırılma yapmaz. Yaprak kalitesini uzun süre korur, raf ömrü uzundur. Yaprak uç yanıklığına toleransı yüksektir. Sulu ve gevrek yaprak yapısı ile lezzetlidir. Sera, alçak tünel ve tarla üretimine uygundur (Anonim, 2015b).

Balca F1 biber çeşidi (Şekil 3.2.), çok güçlü bitki yapısına sahiptir. Erkeni ve yüksek verimlidir. İklim şartlarından kaynaklanan streslere dayanıklılık gösterir. Boğum araları orta uzunluktadır. Düzgün meyve şekline sahiptir (Anonim, 2018).

### 3.1.2. Yetiştirme ortamı

Bitki yetiştirme ortamı olarak, topraksız tarım çalışmalarında yaygın olarak kullanılan *cocopeat* (Hindistan cevizi lifi) ve perlitin 2:1 oranındaki karışımı kullanılmıştır.

#### **Cocopeat ( Hindistan cevizi lifi)**

*Cocopeat*, tropik bölgelerde yetiştirilen bir palmye türü olan Hindistan cevizi (*Cocosnucifera*) bitkisinden elde edilen lifli organik bir ortamdır. Hindistan cevizi meyvelerinin kabuk kısmından üretilmiştir. Uzun lifler çeşitli amaçlarla (halat, hasır, sepet vb. yapımında) kullanılır, kalan kısmı ise yığınlar halinde kompostlaştırılarak Hindistan cevizi lifi üretilir.



Şekil 3.3. Blok halindeki Hindistan cevizi lifi (*Cocopeat*)



Şekil 3.4. Genleştirilmiş Hindistan cevizi lifi (*Cocopeat*)

Fiziksel özelliği iyi olan Hindistan cevizi lifi yetiştirme ortamı olarak kullanıma uygundur. Hindistan cevizi lifinin kullanım nedenleri şunlardır:

- Yüksek su tutma kapasitesi ve kolay alınabilir su içeriği.
- Yeterli hava kapasitesinin bulunması.
- Düşük hacim içeriği ve düşük besin element içeriği.



- Herhangi bir kimyasal işleme tabi tutulmadan kullanılabilmesi.
- Fiziksel ve kimyasal olarak torf ile karıştırılabilmesi.
- Kireç içermez.
- Su tasarrufu sağlar.
- Suyun buharlaşmasını engeller.
- Topraksız tarımda kullanılır.
- Hastalık ve haşere barındırmaz.
- Kuru ağırlığının dokuz katı suyu ve besinleri emerek bünyesinde depolar.
- Bitkilerin mantarsı hastalıklara yakalanmasını önler.
- Gevşek yapısı sayesinde en üst düzeyde köklenme ve büyüme ortamı sağlar (Anonim, 2018a).

#### Kimyasal ve Yapısal Özellikleri

- % 100 organik maddeden oluşur.
- % 31 oranında "Lignin" içerir.
- % 27 oranında "Selüloz" içerir.
- pH değeri 5.7-6.5 aralığındadır.
- EC 180  $\mu$ S/cm
- Katyon değişim kapasitesi çok yüksektir.
- Karbon-Azot oranı 104:1 dir. Bu *cocopeatin* bozulma hızının yavaşlığını gösterir.
- *Cocopeatin* porozite oranı % 96'dır.
- Kendi kuru ağırlığının 8-9 katı su ve besini absorbe eder ve ihtiyaç duydukça bitkiye iletir (Anonim, 2018b).

% 100 doğal Hindistan cevizi lifi *Cocopeat* ile sağlıklı kök gelişimi daha kolaydır. Hindistan cevizi kabuklarından üretilen birinci sınıf bir bitki yetiştirme ortamı ve toprak düzenleyicidir. Profesyonel olarak tarımda veya salon bitkilerinde kolaylıkla kullanılabilir. Topraksız kültür yetiştiriciliğinde faydaları yıllar içinde gözlenmiş ve kullanımı artarak devam etmektedir. Normal toprak gibi sıkı değildir, dolayısıyla köklerin havalanması ve nefes alması daha iyi olur, iyi kök gelişimi bitkilerin genel gelişimine yansır.

Aynı zamanda çok iyi bir toprak düzenleyicisidir. Lifli ve süngerimsi yapısı her toprak tipinde düzenleyici olmasını sağlar. Killi ağır bünyeli topraklarla karıştırılırsa daha iyi havalanma, kumlu topraklarla karışırsa daha iyi su ve besin elementlerinin tutulmasını sağlar.

*Cocopeat* doğal olarak bol miktarda lignin içerir, bu da kök bölgesinde faydalı mikroorganizma oluşumunu destekler. Problemlili toprakları hiçbir kirlilik riski olmadan terbiye eder. Toprakta ayrışma süreci yavaştır. Bu ayrışma süreci toprağın pH'ının optimum seviyelere yaklaşmasına yardımcı olur.

*Cocopeat* sıradan torflara göre bozulmadan daha fazla kalır. Kuruduğu zaman yeniden ıslanma özelliği sıradan torflara göre çok daha iyidir, hidrofilik özelliğinden dolayı herhangi bir kimyasal yayıcı kullanmadan suyu ve besin elementlerini bünyesinde tutabilir, salabilir (Anonim, 2018c).

Hindistan cevizi lifinin diğer bir olumlu özelliği ise lignin ve selüloz içeriğinin yüksek olmasıdır; bu nedenle hava ve su dengesini uzun süre koruyabilir. Hacimce yaklaşık % 20 hava içerir ve pH değeri kararlı bir seviyede devam eder. Yetiştirme ortamının en önemli olumsuz yanı ise yeşil kabuklarının işlenmesi sırasında deniz suyunun kullanılmasıdır. Bunun sonucunda da Na ve Cl ile tuz içeriği artar (Anonim, 2018d).

### **Perlit**

Perlit bünyesinde % 2-5 su içeren volkanik kökenli alüminyum silikattır. Camsı yapıdaki perlit kayacının yüksek sıcaklıklarda patlatılarak genişlemesinden elde edilir. Perlit tarımda bitki yetiştirme ortamı ve toprak düzenleyici olarak kullanılır. Perlit ilk önce çeliklerin köklendirilmesi, tohumların çimlendirilmesi ve fide yetiştirme ortamı olarak kullanılmaktaydı. Daha sonraları saksılı süs bitkileri yetiştiriciliğinde torf ile karıştırılarak kullanılmaya başlandı. Bugün ise seralarda hemen hemen her türlü amaçla çok sayıda bitki yetiştirmek için tek veya karışım halinde kullanılmaya başlanmıştır.



Şekil 3.5. Perlit

Perlitin bitki yetiştirme ortamı olarak avantajları ve bazı özellikler şunlardır:

- Yeterli su tutma kapasitesinin yanında çok yüksek havalanma porozitesine sahiptir. Bu nedenle bitki kök ortamına uygun bir hava ve su dengesi sağlar.
- Perlit taneleri irileştikçe suyun alt tabakalarına doğru sızması artar. Buna bağlı olarak köklerin havalanma koşulları iyileşir. Buna karşılık perlitin su tutma kapasitesi tane iriliği arttıkça düşer. Perlit taneleri küçüldüğünde ise su tutma kapasitesi artarken havalanması azalır.
- Tarımda kullanılan iri perlitin havalanma porozitesi bitki köklerinin oksijen ihtiyacını karşılayacak durumdadır. Perlitin yetiştirme ortamı olarak üstünlüğü yeterince havalanabileceği uygun bir kök ortamı oluşturmasından kaynaklanır.
- Tarımda kullanılan perlitin genellikle iri taneli olması tercih edilir; ancak kullanım amacına, sulama yöntemine ve iklim koşullarına bağlı olarak perlitin iriliği değişir. Genel olarak çeliklerin köklendirilmesinde ortamın çok iyi havalanması gerektiğinden 3,0-6,0 mm olan iri perlitler kullanılmalıdır; çünkü çeliklerin köklendirilmesi sırasında sık uygulanan sisleme işlemi köklerin yeterince havalanmamasına neden olur. Kök kısmında yeterli oksijen yoksa

kökler çürümeye başlar. Fazla oranda iri perlit içeren ortamlarda genellikle böyle sorunlarla karşılaşılmaz.

- Perlit bitkilere toksik etkisi yapacak iyon içermez; ancak düşük pH değerinde alüminyum çözünürlüğü artacağından bitkilere toksik etkisi yapacak düzeyde olabilir.
- Perlit yüksek sıcaklıkta genleştiği için hastalık ve zararlı etmenleri içermez; ayrıca yabancı ot tohumları da taşımaz.
- Isı geçirgenliği düşük olduğundan kök ortamını aşırı sıcaklık dalgalanmalarından etkilenmesini engeller.
- Perlit inorganik bir materyal olduğundan biyolojik faktörlerden etkilenmez ve ayrışmaz.
- Perlit % 90`ın üzerindeki toplam gözenekliliği ve % 60 dolayındaki havalanma gözenekliliği ile toprağın havalanmasını sağlar, drenajını düzenler.
- Perlit infiltrasyonu artırır, buharlaşmayı azaltır. Sulamada ekonomi sağlar.
- İnorganik olmasından dolayı yabancı ot tohumu ve hastalık taşımaz.
- Çözünebilir iyonların yok denecek kadar az olması nedeniyle tuzluluk ve alkalilik yönünden herhangi bir sorun yaratmaz.
- Nötr (pH=6,5-7,5) oluşu ve düşük kimyasal tamponluğu ile ortam pH`ını kolayca düzenler.
- Isı iletkenliği düşük olduğundan, bitkinin günlük sıcaklık değişimlerinden zarar görmesini en aza indirger.
- Topraksız tarımda; sterilizasyondan sonra yapısının bozulmaması, üst üste 6 yıl kullanım şansı getirir.
- Erken ürün almayı sağlar.
- Fide köklerinde zedelenme ve kayıpları önler. (Anonim, 2018e)

Çimlendirme ve fide yetiştirme ortamı olarak, perlit sıralanan bu özellikleri ile seralarda toprak düzenleyici olarak, fide harçlarında katkı maddesi olarak ve topraksız tarımda yetiştirme ortamı olarak başarı ile kullanılır. Perlit sebze ve çiçek tohumlarının çimlendirilmesi için çok elverişli bir ortamdır. Bu amaçla hazırlanan saksı veya kasalara nemlendirilmiş perlit doldurulur. Daha sonra iyice ıslatılır. Bu ortama tohumlar alışıla gelenden biraz daha derine ekilir. Tohum ekim yerlerinde fideler kotiledon yaprakları tam açılıp yere paralel bir görünüm alıncaya kadar tutulur.

Bu uygulama genellikle sera üretimine yönelik fide yetiştirmek için önerilmektedir. Perlitin çimlendirme ortamı olarak en büyük üstünlüğü fidelerin şaşırtma sırasında hiç zedelenmeden çıkartılması ile kök kaybının olmamasından kaynaklanır. Steril olması ve özelliğini koruması ile yıllarca kullanımı mümkündür. Çimlendirme ortamı olarak kullanılan perlitin süper iri olması gerekmektedir.

Perlit, ağır ve yapışkan topraklara karıştırıldığında drenaj ve havalanma özelliklerinden dolayı kaymak tabakası oluşmasını, çatlama, göllenme, şişme ve büzülme engeller. Toprak düzenleyici olarak seralarda kullanılan perlit toprağa kaba bir yapı kazandırdığı gibi toprağın su tutma gücünü ve besin maddelerinin yayışlılığını da arttırmaktadır.

Perlit düşük hacim ağırlığa sahip hafif bir materyal olduğundan bitkilere yeterli destek sağlamaması dezavantaj oluşturur. Ayrıca perlitin hafif olması açık alanlarda ve özellikle rüzgârlı günlerde zorluk çıkartır. Bunu önlemek için perlitin kullanımdan önce ıslatılması gerekir.



Şekil 3.6. *Cocopeat* ve perlit karışımı

### 3.1.3. Saksılar

Bitki yetiştirme derinliği 18 cm, iç genişliği 20 cm ve iç uzunluğu 71 cm olan yaklaşık 25,6 litre hacimli toplamda kenar tesirleriyle beraber 96 adet ayaklı sert PVC saksı kullanılmıştır.

### 3.1.4. Yapay ışık kaynağı

Kırmızı, mavi ve sarı olmak üzere 3 Farklı Led ışık kaynağı kullanılmıştır. Her parselin üzerine LED ışıkları şerit halinde 4 sıra yerleştirilmiştir. Buna göre, kullanılan toplam LED miktarı = parsel sayısı x parseldeki LED sıra sayısı x parsel uzunluğu = 21 x 4 x 2,25 = 198 m. dir. Bu ledler birer adet adaptör ve timer aracılığı ile çalıştırılmıştır (Şekil 3.7)



Şekil 3.7. Denemede kullanılan şerit ledler ve gece deneme görüntüsü

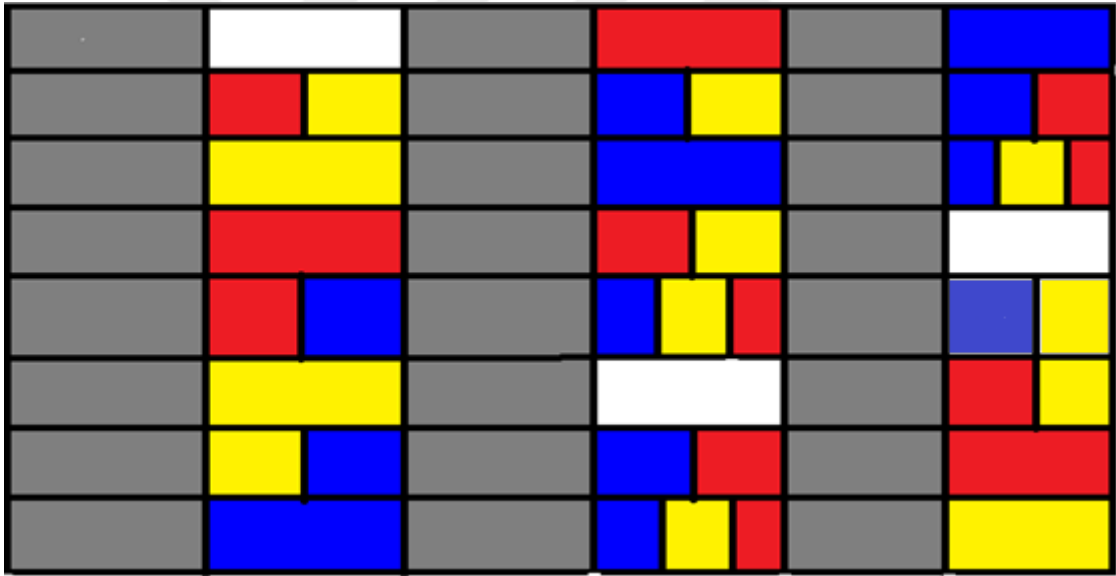
### 3.1.5. Sulama sistemi

Bitkilerin sulanmasında damlama sulama sistemi kullanılmıştır. 2 tonluk besin çözeltisinin bulunduğu tanktan elektroomotopomp sistemi ile damla sulama sistemi çalıştırılmıştır.

### 3.2. YÖNTEM

Deneme, tesadüf parselleri deneme desenine uygun şekilde 3 tekrarlı olarak düzenlenmiştir (Düzgüneş ve ark., 1987). Denemede, şerit led faktörleri incelenmiştir. Ele alınan led renk faktörünün seviyeleri aşağıda belirtilmiştir:

1. Mavi renkli LED ( 3 Adet )
2. Sarı renkli LED ( 3 Adet )
3. Kırmızı renkli LED ( 3 Adet )
4. Mavi+sarı renkli LED ( 3 Adet )
5. Mavi + kırmızı renkli LED ( 3 Adet )
6. Sarı + kırmızı renkli LED ( 3 Adet )
7. Mavi + sarı + kırmızı renkli LED ( 3 Adet )
8. Kontrol ( 3 Adet )



Şekil 3.8. Denemede kullanılan ışık planı

#### 3.2.1. Sera zemininin ve saksıların hazırlanması

Sera zemini temizlenerek, saksıların toprak ile bağlantılarını kesmek amacıyla çakıl taşı ile örtülmüştür. Denemede besin çözeltisi havuzu oluşturacak şekilde tabanının 3 cm üst kısmından 1.5 cm çapında ikişer adet delik açılmış saksılar kullanılmıştır. Drene olan besin çözeltisini seradan uzaklaştırmak amaçlı açılan bu deliklere çift yanaklı conta ve

PVC nipel manşonu takılarak saksı-PVC boru bağlantısı gerçekleştirilmiştir. Saksılar sıra arası mesafe 1,5 m olacak şekilde dizilmiştir. Sıra üzerine 12 saksı dizilmiş ancak 9 adet saksı denemeye alınmış, diğer 3 saksı kenar tesiri olarak kabul edilmiştir.

Blok halinde olan *cocopeatler* su ile doyurularak perlit ile 2:1 oranında homojen bir harç elde edilecek şekilde karıştırılmıştır. Saksılar harcın doldurulması ile fide dikimine hazır hale getirilmiştir.

2000 litrelik besin tankı sera içerisine yerleştirilerek çıkış kısmına sırası ile elektromotopomp, bypass sistemi ve PVC filtre monte edilmiş ve saksı sıra başlarına boydan boya yerleştirilen ana kangal borusu yerleştirilmiştir. Her saksıya 2 adet damlatıcı denk gelecek şekilde saksı sıralarının üzerine yerleştirilen 16 mm çaplı damlama sulama boruları ana boru ile bağlantı nipeli kullanılarak birleştirilmiştir.

Fide dikiminden 15 gün sonra şerit LED'ler şeffaf flexiglass şeritler altına yapıştırılmış ve bu plakalar çatıya misina yardımı ile asılarak bitkilerin 50 cm üzerine yerleştirilmiştir. Kontrol parsellerinin üstüne boş şeffaf flexiglass yerleştirilmiştir. LED'lerin saksıların üzerine yerleştirilmiş hali Şekil 3.8'de gösterilmiştir.

### 3.2.2. Besin çözeltisinin hazırlanması

Denemede kullanılan besin çözeltisi Çizelge 3.2.'deki gibi hazırlanmıştır.

Çizelge 3.2. Denemede kullanılan besin çözeltisinin element konsantrasyonu (mg/l)

Element	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
<b>Kıvırcık yapraklı baş salata</b> Doz (mg/l)	150	60	150	150	50	5	0.5	0.05	0.5	0.03	0.02
<b>Biber</b> Doz (mg/l)	200	60	200	200	50	5	0.5	0.05	0.5	0.03	0.02

(Resh 1991; Kahraman, 1997; Gül ve ark. 2003; Gül ve ark. 2005)

Bitki besin çözeltisinin pH'ı 6,5 ve EC değeri 1.8-2.2 mmhos/cm aralığında ayarlanmıştır. pH seviyesini düşürmek için nitrik asit ilave edilmiştir. Besin çözeltisini hazırlamada kullanılan kimyasal kaynaklar ve miktarları Çizelge 3.3.'de verilmiştir.



Çizelge 3.3. Besin çözeltilisini hazırlamada kullanılan kimyasal kaynaklar ve miktarları

Makro Besin Elementleri		
Besin Elementi	Kimyasal Kaynaklar	1000 litre sulama suyuna kullanılan miktar
N	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	165gr (95gr Mg ve Ca'dan geldi)
P	Fosforik Asit	230gr
K	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	400gr
Ca	Kalsiyum Nitrat	390gr
Mg	MgNO <sub>3</sub>	350gr
Makro Besin Elementleri		
Besin Elementi	Kimyasal Kaynaklar	100 mililitre sulama suyuna kullanılan miktar
Zn*	Çinko şelatı-Edta(%14)	215gr
Fe**	FeSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	1500gr
Cu	CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	20gr
B	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	180gr
Mn	MnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	160gr
Mo	(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> .4H <sub>2</sub> O	10gr

(Resh 1991; Kahraman, 1997; Gül ve ark. 2003; Gül ve ark. 2005)

### 3.2.3. Dikim, bakım ve hasat işlemleri

Hazır olarak alınan torf ortamında yetiştirilen 1. aşama kıvrıkcık yapraklı baş salata fideleri 16 Mart 2015 tarihinde, biber fideleri 14 Mayıs 2015 tarihinde ve 2. aşama kıvrıkcık yapraklı baş salata fideleri 1 Aralık 2015 tarihinde 1 saksıya 3 bitki ve parsele 9 bitki gelecek şekilde dikilmiştir. 24 parselde toplam 216 bitki yetiştirilmiştir.

Bitki gelişimi için gerekli (esansiyel) tüm besin elementlerini içeren besin çözeltilisinin bitkilere verilmesi damlama sulama sistemi ile sağlanmıştır. Elektromotopomp 60 dakika hassasiyetli zaman saati ile sera içi sıcaklık ve bitki gelişimine göre çalıştırılmıştır. Bitkilerde fungal hastalıklarla fungusit uygulanarak mücadele edilmiştir.

1. aşama kıvrıkcık yapraklı baş salatalar çeşit iriliğine geldiğinde 8 Mayıs 2015, biber 24 Kasım 2015 ve 2. aşama kıvrıkcık yapraklı baş salatalar 25 Şubat 2016 tarihinde hasat edilmiştir.

### 3.2.4. Bitkide yapılan gözlem ve analizler

**Toplam Bitki Ağırlığı (g):** Kökleri ile birlikte hasat edilen bitkiler, kökleri akan suda yıkanıp temizlendikten sonra yaprak aralarında ve yaprak yüzeyinde biriken su uzaklaştırılarak bitkiler kökleri ile birlikte tartılmıştır.

**Pazarlanabilir Baş Ağırlığı (Kıvırcık yapraklı baş salata) (g):** Hasat edilen bitkiler dış yaprakları ve kökleri uzaklaştırıldıktan sonra tartılmış ve her parsel için ortalama pazarlanabilir baş ağırlığı belirlenmiştir.

**Pazarlanabilir Verim (ton/ha):** Bir parselden elde edilen pazarlanabilir verim önce parsele göre hesaplanmış ve daha sonra bir hektar için hesaplamalar yapılmıştır.

**C Vitamini (mg/100g):** C vitamini içeriği Spektrofotometrik yöntemle Pearson ve Churchill (1970 ) tespit edilmiştir. Tüm yetiştirme periyodu süresince ve aylık olarak hesaplanmıştır. Çalışmada Shimadzu UV-1208 marka spektrofotometre kullanılmıştır. Bu yöntemin uygulanması için öncelikle 4 çözelti hazırlanmıştır. Bu çözeltiler ve hazırlanma şekilleri aşağıda sunulmuştur:

1. % 0.4' lük Okzalik Asit Çözeltisi: 4 gr okzalik asit tartılır balon joje içerisine alınır ve saf su içerisinde eritilerek 1000 ml' ye tamamlanır.

2. Stok Askorbik Asit Çözeltisi: 100 mg askorbik asit bir balon joje içerisine alınır ve üzeri saf su ile 100 ml' ye tamamlanır.

3. Standart Askorbik Asit Çözeltisi: Hazırlanan stok askorbik asit çözeltisinden sırasıyla 1, 2, 3, 4, 5, ml alınarak daha önceden numaralandırılmış balon jöjeler içerisine aktarılarak üzerleri %0.4' lük okzalik asit çözeltisi ile 100' ml ye tamamlanır.

4. Standart Boya Çözeltisi: 12 mg 2.6. diklorofenolindofenol tartılarak saf su içerisinde eritilir ve üzeri saf su ile 1000 ml ye tamamlanır.

Standart Kurvenin Hesaplanması: 4 adet tüp alınır ve bunlara 1, 2, 3, 4 yazılarak numaralama işlemi gerçekleştirilir. Daha sonra 1 nolu tüp içerisine 10 ml saf su konulur. 2 nolu tüpe 1 ml %0.4'lük oksalik asit ve 9 ml standart boya çözeltisi ilave edilir (L1). 3 nolu tüpe 1 ml standart askorbik asit çözeltisi ve 9 ml saf su konulur. 4 nolu tüp içerisine ise 1ml standart askorbik asit çözeltisi ve 9 ml standart boya çözeltisi (L2)

ilave edilir. Spektrofotometre çalışmaya başlamadan 15- 20 dakika önce açılmış, dalga boyu 254 nm' ye ayarlanmış ve 1 nolu tüp kullanılarak sıfırlandırılmıştır. 2 nolu tüp ile L1 okuması yapılmıştır. Ancak 1 ml % 0.4' lük oksalik asitin üzerine 9 ml standart boya çözeltisi eklendikten sonra 15 saniye içerisinde okuma yapılmalıdır. 3 nolu tüp kullanılarak spektrofotometre tekrar sıfırlandırılmış ve daha sonra 4 nolu tüp ile L2 okuması yapılmıştır. Her bir standart askorbik asit çözeltisi için ayrı ayrı L2 ve (L2-L1) değerleri hesaplanmıştır. Daha sonra kurve faktörü hesaplanmıştır.

Askorbik asit içeriği=(L2-L1) x Kurve Faktörü / Seyreltme Faktörü x 100 formülüne göre hesaplanmıştır.

**Suda Çözünabilir Kuru Madde (SÇKM) (%):** Meyvelerin katı meyve sıkacağı ile parçalanması ile elde edilen meyve suyundan el refraktometresi ile ölçülerek belirlenmiştir. Refraktometre prizması üzerine 1-2 damla gelecek şekilde damlatılmıştır.

**pH:** pH metre yardımı ile ölçüm yapılmıştır. Her parsel için ayrı ayrı alınan bitki örnekleri bir blenderda suyu çıkarılacak şekilde öğütülmüş ve elde edilen bitki öz suyunda pH metre yardımı ile ölçüm yapılmıştır.

**Titre Edilebilir Asitliği (TA) (%):** pHmetrik yöntemle hesaplanmıştır. Her bir çeşit için 1 ml meyve suyu alınmış ve üzerine 50 ml saf su eklenmiştir. Üzerine renk dönüşümünü sağlaması için 1- 2 damla fenol fitaleyn damlatılmıştır. Daha sonra meyve suyu örnekleri 0,1 N' likNaOH ile pH 8.1 olana kadar titre edilerek harcanan sodyum hidroksit oranı belirlenmiştir. Hesaplamalar sitrik asit cinsinden yapılmıştır.

% Asit = Sitrik Asit Sabiti (0.007) x Harcanan NaOH x NaOH Faktörü x 100 Kullanılan Meyve Suyu Miktarı formülü ile hesaplanmıştır ( Cemeroğlu, 2007).

**Nitrat Analizi:** Bitkide nitrat birikimi salisilik asitin nitritleşmesi yoluyla kolometrik olarak Cataldo ve ark. (1975)'e göre spektrofotometrik yöntemle yapılmıştır. Taze bitki örneğinden 1 g alınıp üzerine 10 ml saf su eklenerek homojenize edilmiştir. Bir tüp içerisine alınan homojenize edilmiş örnekler inkübatörde 45 °C sıcaklıkta 1 saat bekletilmiş, daha sonra 5000 devirde 15 dakika santrifüj edilerek bitki parçacıkları içermeyen süzük elde edilmiştir. Süzükten 0.2 ml alınarak 50 ml'lik erlenmayere konulup, üzerine 0.8 ml salisilik sülfürik asit ilave edilerek iyice karışması için hafifçe

çalkalanmış ve oda sıcaklığında 20 dakika bekletilmiştir. Daha sonra 19 ml 2 N NaOH çözeltisi hafif çalkalanarak konulmuş ve örnekler oda sıcaklığına gelinceye kadar beklenildikten sonra 410 nm dalga boyuna ayarlı Shimadzu model UV 1201 spektrofotometresinde okunmuştur. Standart nitrat stok çözeltisinden bir seri 50 ml' lik ölçü balonuna konularak 0, 2, 4, 6, 8, 10 ve 12 mg L<sup>-1</sup> NO<sub>3</sub><sup>-</sup>N içeren standartlar hazırlanmış ve örneklerle aynı işlemlere tabi tutulmuştur.

**SPAD Değeri (Klorofil Miktarı) :** Spad ölçümü, yapraktaki klorofil miktarını dolaylı olarak ölçen, taşınabilir klorofil metre cihazı (SPAD-502, Konica Minolta Sensing, Inc. Japan) ile yapılmıştır.

**Işık Yoğunluğu:** Muamelelerin ışık yoğunluğu lüksmetre ışık ölçer (pozometre) aleti ile ölçülmüştür.

**Bitkide Azot, Fosfor, Kalsiyum, Magnezyum ve Potasyum analizi:** Azot analizi standart kjeldahl yöntemi 1 gr olarak tartılan kuru, öğütülmüş örnekler yaş yakma tüplerine konmuş ve katalizatör olarak 5 gr K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> kullanılmıştır. Tüplere 15 ml derişik H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> eklenmiş ve bu tüpler yaş yakma ünitesine konularak yakma işlemi tamamlanmıştır. Soğuduktan sonra tüplere 75 ml saf su eklenmiştir. Çözelti, damıtma ünitesinde derişik NaOH ile 5 dakika distile edilmiş ve daha sonra 0.2 ml HCl ile titre edilerek, % azot miktarı hesaplanmıştır. Diğer elementler için numuneler 0.5 gr numune+1 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>+5 ml HNO<sub>3</sub> asit eklenerek, mikrodalga yakma cihazının uygulama kitabındaki uygun yakma programında yakılarak hazırlanmıştır. Oluşan çözelti 25 ml'ye tamamlanarak cihaza verilmiştir. Analizleri ICP-OES cihazı kullanılarak yapılmıştır. Potasyum (K), fosfor (P) ve kalsiyum (Ca) analizleri radyal modda; magnezyum (Mg) aksiyal modda; Ca 317.933, Fe 238.204, K 766.490, Mg 285.213 ve P214.914 dalga boylarında yapılmıştır.

### 3.2.5. İstatistik analizi

Denemede elde edilen verilerin değerlendirmesi ve varyans analizlerinde (ANOVA) SPSS (Version 12.00; Chicago, IL, USA) istatistik yazılımı kullanılmıştır. Ortalamaların karşılaştırılması Duncan testine göre  $P \leq 0,05$  ve  $P \leq 0,01$  düzeyinde yapılmıştır.

## 4. BULGULAR

### 4.1. İlkbahar Döneminde Işık Uygulamalarının Kıvırcık Yapraklı Baş Salata Bitkisinin Gelişimine Etkisi

Farklı renkteki LED ışıklarının ve kombinasyonlarının kullanıldığı bu çalışmada ilkbahar dönemi kıvırcık yapraklı baş salata bitkisinin verim ve bazı özellikleri Çizelge 4.1 ve 4.2’de verilmiştir. İlkbahar döneminde yapılan denemede ışık uygulamaları toplam bitki ağırlığı üzerine % 1 önem düzeyinde etkili olmuştur. Kontrol şartlarında toplam bitki ağırlığı (kök+baş ağırlığı) 958 gr/adet iken en yüksek toplam ağırlıklar kırmızı, kırmızı+mavi ve sarı+mavi ışıkların (sırasıyla 994, 990 ve 984 gr/adet) kombinasyonlarından elde edilmiştir. Kontrol uygulamasında bitki baş ağırlıkları 804 gr/adet iken en yüksek baş ağırlığını kırmızı ve mavi kırmızı ışıkların kombinasyonları uygulamalarından sırasıyla 840 gr/adet ve 836 gr/adet elde edilmiştir.

Çizelge 4.1. Işık uygulamalarının ilkbahar döneminde yetiştirilen kıvırcık yapraklı baş salata bitkisinin toplam bitki ağırlığı, baş ağırlık, bitki çapı ve boyu üzerine etkisi

Işık Uygulamaları	Toplam bitki ağırlığı (gr/adet)**	Bitki baş ağırlığı (gr/adet)**	Bitki çapı (cm) Ö.D.	Bitki boyu (cm) Ö.D.
Kontrol	958 d	804 c	31.3	30.5
Mavi	976 c	820 c	32.5	28.3
Sarı	984 b	828 c	32.6	27.6
Kırmızı	994 a	840 a	31.9	27.3
Mavi + Kırmızı	990 a	836 b	32.6	30.7
Sarı + Mavi	984 b	825 c	32.5	27.9
Kırmızı + Sarı	970 c	814 d	32.3	27.2
M + S + K	966 c	820 c	31.9	26.5
<b>Ortalama</b>	<b>977</b>	<b>823</b>	<b>32.2</b>	<b>28.2</b>

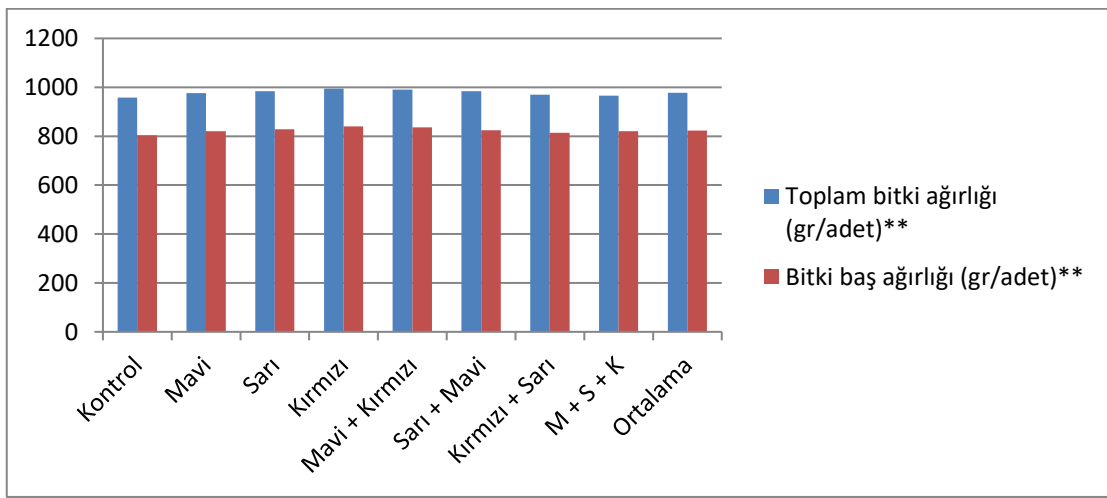
Her sütunda ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testiyle belirlenmiştir.

Ö.D: Önemli Değil; \*P<0.05; \*\*P<0,01 önemlidir;

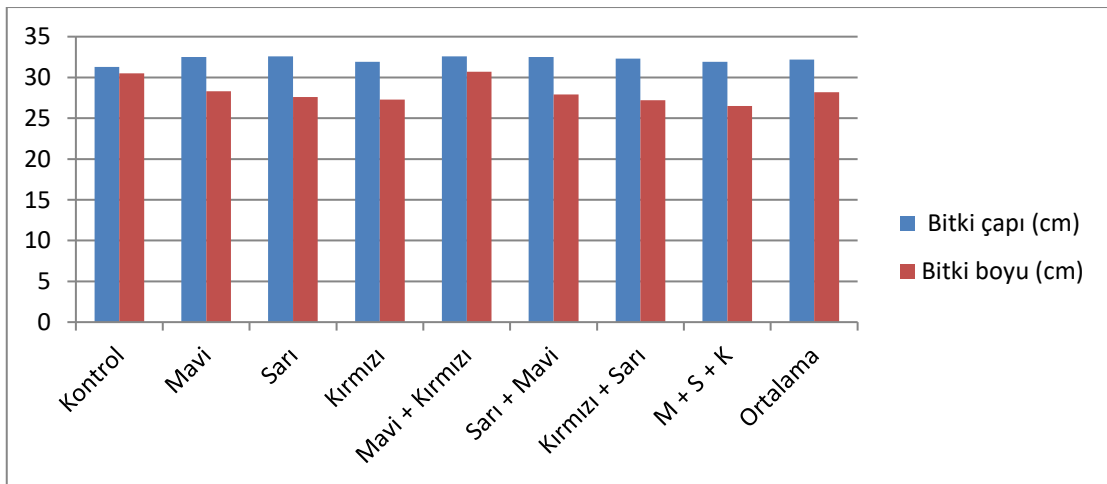
Kırmızı ışık uygulamalarında kıvırcık yapraklı baş salatanın baş ağırlığı 840 gr/adet iken mavi+kırmızı kombinasyonunda 836 gr/adet olarak bulunmuştur. Işık uygulamaları

İlkbahar dönemi kıvrıkcık yapraklı baş salata bitkisinin baş ağırlığı üzerine % 1 önem düzeyinde etkili olmuştur.

Kıvrıkcık yapraklı baş salata bitkisinin bitki çapı ve bitki boyları üzerine ışık uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak önemli olmamıştır. En yüksek bitki çapı sarı ve mavi ışık uygulamasında sırasıyla 32.6 cm ve 32.5 cm olarak bulunmuştur. Bitki boyu ortalaması 28.2 cm iken en yüksek kıvrıkcık yapraklı baş salata boyları kontrol ve mavi ile kırmızının karışımından sırasıyla 30.5 cm ve 30.7 cm olarak bulunmuştur (Şekil 4.1. ve şekil 4.2.).



Şekil 4.1. Işık uygulamalarının bitki gelişimi üzerine etkileri



Şekil 4.2. Işık uygulamalarının bitki gelişimi üzerine etkileri

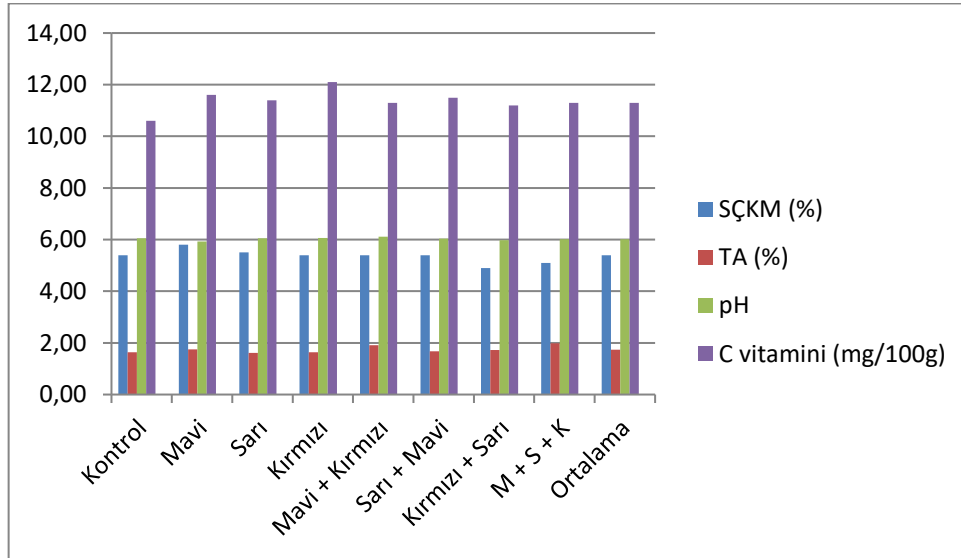
Kıvrıkcık yapraklı baş salata bitkisinin yapraklarında incelenen SÇKM, titredilebilir asit, pH, C vitamini ve yaprak SPAD değeri üzerine ışık uygulamalarının etkisi

istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. İlkbahar döneminde yetiştirilen kıvırcık yapraklı baş salatanın suda çözünebilir kuru madde miktarı % 5.4 iken diğer uygulamalarda bu miktara yakın çıkmıştır. Kıvırcık yapraklı baş salata bitkisinin titre edilebilir asit miktarı ortalama % 1.74 iken, pH değerleri ortalama 6.02 olarak ve C vitamini miktarı 11.3 mg/100 g olarak ölçülmüştür. (Şekil 4.3)

Çizelge 4.2. Işık uygulamalarının ilkbahar döneminde yetiştirilen kıvırcık yapraklı baş salata bitkisinin yapraklarının SÇKM, pH, titre edilebilir asit ve C vitamini üzerine etkileri

Işık Uygulamaları	SÇKM (%) Ö.D.	TA (%) Ö.D.	pH Ö.D.	C vitamini (mg/100 g) Ö.D.
Kontrol	5.4	1.64	6.05	10.6
Mavi	5.8	1.75	5.93	11.6
Sarı	5.5	1.61	6.05	11.4
Kırmızı	5.4	1.64	6.06	12.1
Mavi + Kırmızı	5.4	1.91	6.11	11.3
Sarı + Mavi	5.4	1.68	6.04	11.5
Kırmızı + Sarı	4.9	1.73	5.98	11.2
M + S + K	5.1	1.98	6.01	11.3
<b>Ortalama</b>	<b>5.4</b>	<b>1.74</b>	<b>6.02</b>	<b>11.3</b>

Her sütunda ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testiyle belirlenmiştir. Ö.D: Önemli Değil; \*P<0.05; \*\*P<0,01 önemlidir;



Şekil 4.3. Işık uygulamalarının bitkinin özellikleri üzerine etkileri

Çizelge 4.3. Işık uygulamalarının ilkbahar döneminde yetiştirilen kıvırcık yapraklı baş salata yapraklarının yaprak spad düzeyine etkileri

<b>Işık Uygulamaları</b>	<b>Spad değerleri Nisan 5</b>	<b>Spad değerleri Nisan 20*</b>	<b>Spad değerleri Mayıs 5</b>
Kontrol	6.4	9.1 c	14.1
Mavi	6.7	9.8 b	14.2
Sarı	6.9	10.2 a	14.3
Kırmızı	6.5	9.8 b	14.4
Mavi + Kırmızı	6.9	10.3 a	14.3
Sarı + Mavi	6.8	10.1 b	14.5
Kırmızı + Sarı	6.5	10.3 a	14.3
M + S + K	6.6	10.2 a	14.2
<b>Ortalama**</b>	<b>6.7 C</b>	<b>10.0 B</b>	<b>14.3 A</b>

Her sütunda ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testiyle belirlenmiştir. Ö.D: Önemli Değil; \*P<0.05; \*\*P<0,01 önemlidir;

Yaprağın yeşil renk yoğunluğunun (SPAD) klorofil konsantrasyonuyla yakın ilişkisi bulunmaktadır. Kıvırcık yapraklı baş salata bitkisinin dikiminden sonraki ilk haftalar bitkinin yapraklarının ve taç oluşum sürecinin devam ettiği dönemlerdir. Kıvırcık yapraklı baş salata bitkisi beslenme şartları devam ettiği sürece iyi bir gelişim göstermekte ve son dönemlerinde yapraklarında özellikle azot bileşiklerinin birikip rengin koyulaşması sağlanmaktadır.

İlkbahar döneminde yetiştirilen kıvırcık yapraklı baş salata yapraklarında kıvırcık yapraklı baş salata fideleri dikimi gerçekleştirildikten sonra spad ölçümleri belli aralıklarla spadmetre ile yapılmıştır. Bu ölçümleri yaparken her ölçümde aynı yapraklar işaretlenmiş ve ölçümler alınmıştır. Ölçümlerde karşılıklı yapraklardan ölçüm yapılmış ve bu değerlerin ortalaması alınmıştır. Spad ölçümleri; 5 Nisan, 20 Nisan ve 5 Mayıs tarihlerinde gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümlere ait değerler Çizelge 4.3’de verilmiştir. Ek Çizelge 2’de yaprak spad ve ışık miktarlarına ait varyans analiz sonuçları verilmiştir. 5 Nisan’da ölçülen değerler 6.4 ile 6.9 arasında gerçekleşirken hasada geliş tarihlerinde Mayıs ayının 5’inde ölçülen değerler 14.1 ile 14.5 arasında ölçülmüştür. Bitki dikimi gerçekleştiğinde yapraktaki besin elementi miktarlarının SPAD değerlerinin düşüklüğü ve bitkinin yeni yaprak oluşturması devam ettiği için ilk ölçülen spad miktarı son



ölçülen spad miktarına göre düşük çıkmıştır. Ortalamalar dikkate alındığında yaprak spad miktarlarında % 1 önem düzeyinde dönemsel örnekleme zamanı etkili olmuştur. 20 Nisan’da ölçülen SPAD değerleri üzerine ışık uygulamalarının etkisi % 5 önem seviyesinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.4. Işık uygulamalarının ilkbahar döneminde yetiştirilen kıvrıcık yapraklı baş salata bitkisinin yapraklarının % N, P, K, Ca ve Mg konsantrasyonlarına etkisi

<b>Işık Uygulamaları</b>	<b>% N (Ö.D.)</b>	<b>% P (Ö.D.)</b>	<b>% K (Ö.D.)</b>	<b>% Ca (Ö.D.)</b>	<b>% Mg (Ö.D.)</b>
Kontrol	3.75	0.54	6.25	1.90	0.65
Mavi	3.53	0.56	6.14	1.78	0.59
Sarı	3.66	0.50	6.33	1.89	0.59
Kırmızı	3.55	0.58	6.12	1.77	0.61
Mavi + Kırmızı	3.58	0.55	6.34	1.84	0.63
Sarı + Mavi	3.70	0.58	6.33	1.82	0.61
Kırmızı + Sarı	3.76	0.53	6.23	1.73	0.63
M + S + K	3.67	0.57	6.12	1.77	0.64
<b>Ortalama</b>	<b>3.66</b>	<b>0.55</b>	<b>6.23</b>	<b>1.81</b>	<b>0.61</b>

Her sütunda ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testiyle belirlenmiştir. Ö.D: Önemli Değil; \*P<0.05; \*\*P<0,01 önemlidir;

İlkbahar döneminde yetiştirilen kıvrıcık yapraklı baş salata bitkisinin besin elementi konsantrasyonları Çizelge 4.4’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre ilkbahar döneminde ışık uygulamalarının incelenen besin elementleri konsantrasyonu üzerine etkisinin önemsiz olduğu bulunmuştur. Jones ve ark. (1991) kıvrıcık yapraklı baş salata için baş oluşum evresinde olgunlaşmasını tamamlamış orta yapraklar için verilen sınır değerler ile denemeden çıkan sonuçlar karşılaştırıldığında makro elementlerinin yeterlilik sınırları içerisinde ve yakın olduğu gözlemlenmiştir. Farklı ışık uygulamalarında yaprak besin elementi konsantrasyonunda birbirine yakın sonuçlar elde edilirken en yüksek N konsantrasyonu % 3.75 ile kontrol şartlarında, en yüksek P konsantrasyonu kırmızı ve sarı ile mavi kombinasyonu ışık uygulamasında % 0.58, en yüksek K % 6.34 ile mavinin kırmızı ile kombinasyonunda gerçekleşmiştir. En yüksek Ca konsantrasyonu kontrol ve mavi ışık uygulamalarında olurken en yüksek Mg konsantrasyonu mavinin kırmızı ışık ile kombinasyonundan elde edilmiştir.

Işık uygulamalarının ışık değeri üzerine etkisi saat 10.00 daki okuma değerlerinde % 1 önem düzeyinde etkili olurken saat 15.00'deki okumalar üzerine % 5 önem düzeyinde etkili olmuştur. İlkbahar döneminde kıvırcık yapraklı baş salata yetiştiriciliğinde ışık uygulamalarının etkisini ışık şiddeti şeklinde görebilmek için led ışıklarının altında yetişen bitkilerin hemen üzerinden ışık ölçer ile ışık şiddeti değerleri her gün saat 10.00'da ve saat 15.00'de alınmıştır. Bu değerler toplanarak saat 10.00 ve 15.00 ortalamaları Çizelge 4.5'de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Farklı led ışıklarının günün farklı saatlerinde verdikleri ışık miktarları

<b>Işık Uygulamaları</b>	<b>Saat 10.00 (klux)** (Ö.D.)</b>	<b>Saat 15.00 (klux)* (Ö.D.)</b>
Kontrol	16.2 c	15.3 c
Mavi	16.9 c	16.3 b
Sarı	16.2 c	16.1 b
Kırmızı	19.4 b	16.8 b
Mavi + Kırmızı	18.3 bc	16.5 b
Sarı + Mavi	20.4 a	18.5 a
Kırmızı + Sarı	18.9 bc	16.5 b
M + S + K	19.8 a	16.3 b
<b>Ortalama</b>	<b>18.5 A</b>	<b>16.2 B</b>

Her sütunda ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testiyle belirlenmiştir.  
Ö.D: Önemli Değil; \*P<0.05; \*\*P<0,01 önemlidir;

Saat 10.00 okumasında kontrol şartlarında 18.5 klux gelirken sarı+mavi ışık uygulamasında 20.4 klux kırmızı renk ışık uygulamasında 19.4 klux olarak ölçülmüştür. İlkbahar döneminde sera üzerinde gölge tozu uygulaması yapılmamıştır. İlkbahar

döneminde güneşin etkisi sabahın ilk saatlerinde sera içerisine daha iyi geldiği gözlemlenmiştir. Ortalamalar dikkate alındığında sabah 10.00 ışık ölçümü 18.5 klux iken saat 15.00 okuması 16.2 klux olarak ölçülmüştür. Saat 15.00 de güneşin geliş açısının seraya girişi sabah 10.00 okumasından değerin düşmesini sağlamıştır.

#### **4.2. Kış Döneminde Işık Uygulamalarının Kıvırcık Yapraklı Baş Salata Bitkisinin Gelişimine Etkisi**

İlkbahar yetiştiriciliğinde uygulamaların ortalama baş verimi 823 gr/adet iken kış döneminde bu miktar 703 gr/adet olarak bulunmuştur. Bu verim farkının yetiştirilme süresi, sera içi sıcaklık farklılığı, ışıklandırma sürelerindeki farklılıktan kaynaklanmaktadır. İlkbahar döneminde ışıklandırma ve sıcaklık fazla olduğundan bitki gelişimi de buna bağlı olarak daha iyi olmaktadır.

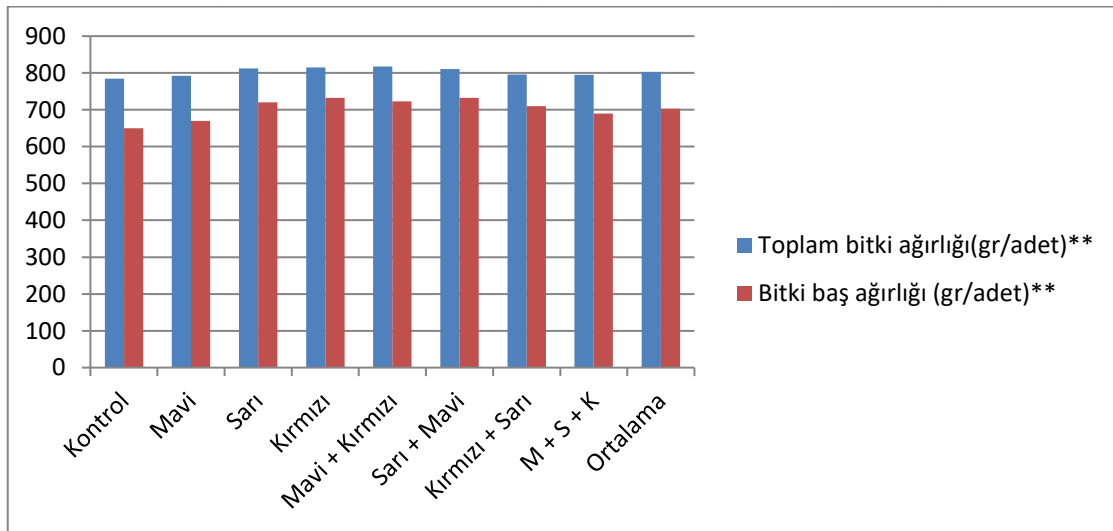
Farklı renkteki LED ışıklarının ve kombinasyonlarının kullanıldığı bu çalışmada kış dönemi kıvırcık yapraklı baş salata bitkisinin verim ve bazı özellikleri Çizelge 4.6 ve 4.7’de verilmiştir. Kış döneminde yapılan denemede ışık uygulamaları toplam bitki ağırlığı üzerine % 1 önem düzeyinde etkili olmuştur. Kontrol şartlarında toplam bitki ağırlığı 785 gr/adet iken en yüksek toplam ağırlıklar kırmızı, kırmızı+mavi ve sarı+mavi ışıkların (sırasıyla 815, 818 ve 811 gr/adet) kombinasyonlarından elde edilmiştir.

Kontrol uygulamasında bitki baş ağırlıkları kontrolde 650 gr/adet iken en yüksek baş ağırlığını 732 gr/adet ile kırmızı ve sarı-mavi ışık uygulamalarından elde edilmiştir. Kontrol uygulamasında yapılan ışıkta baş ağırlığı düşmüştür. Işık uygulamaları % 1 önem düzeyinde etkili olmuştur. Kıvırcık yapraklı baş salata bitkisinin bitki çapı ve bitki boyları üzerine ışık uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak önemli olmamıştır. Mavi-kırmızı ışık uygulamasında bitki çapı 33.2 cm ve mavi-sarı-kırmızı ışık uygulamasında 33.2 cm olmuştur. Bitki boyu ortalaması 26.4 cm iken en yüksek kıvırcık yapraklı baş salata boyları kontrol ve mavi ile kırmızının kombinasyonundan elde edilmiştir. (Şekil 4.4 ve Şekil 4.5)

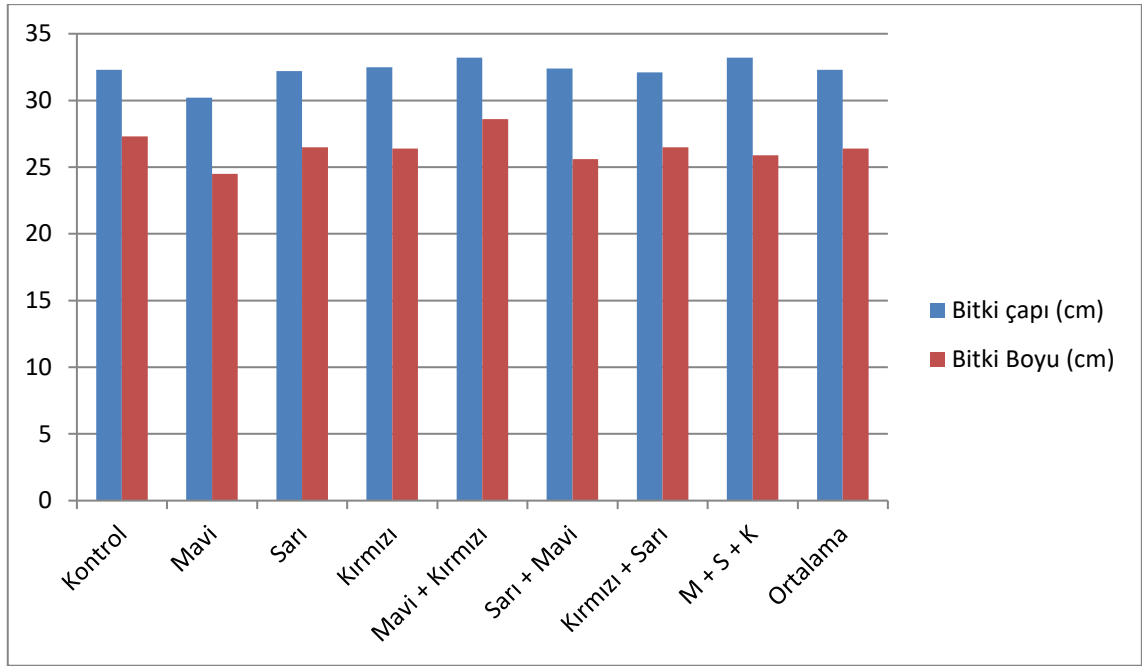
Çizelge 4.6. Işık uygulamalarının kış döneminde yetiştirilen kıvrıkcık yapraklı baş salata bitkisinin toplam bitki ağırlığı, baş ağırlık, bitki çapı ve boyu üzerine etkisi

Işık Uygulamaları	Toplam bitki ağırlığı (gr/adet)**	Bitki baş ağırlığı (gr/adet)**	Bitki çapı (cm) Ö.D.	Bitki boyu (cm) Ö.D.
Kontrol	785 d	650 c	32.3	27.3
Mavi	792 c	670 bc	30.2	24.5
Sarı	812 b	720 b	32.2	26.5
Kırmızı	815 a	732 a	32.5	26.4
Mavi + Kırmızı	818 a	723 b	33.2	28.6
Sarı + Mavi	811 b	732 a	32.4	25.6
Kırmızı + Sarı	796 c	710 b	32.1	26.5
M + S + K	795 c	690 bc	33.2	25.9
<b>Ortalama</b>	<b>803</b>	<b>703</b>	<b>32.3</b>	<b>26.4</b>

Her sütunda ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testiyle belirlenmiştir. Ö.D: Önemli Değil; \*P<0.05; \*\*P<0,01 önemlidir;



Şekil 4.4. Işık uygulamalarının bitki gelişimi üzerine etkileri



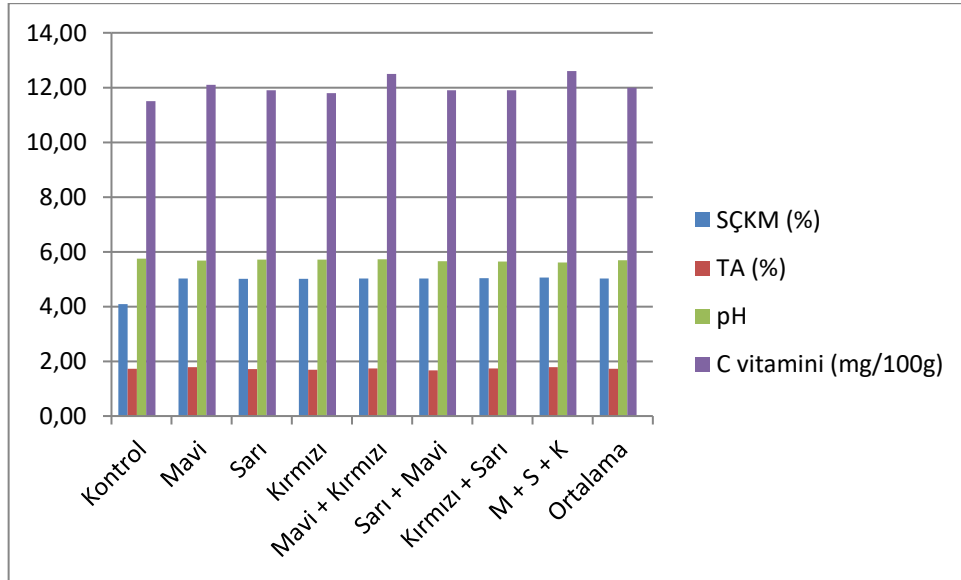
Şekil 4.5. Işık uygulamalarının bitki gelişimi üzerine etkileri

Kıvırcık yapraklı baş salata bitkisinin yapraklarında incelenen SÇKM, titre edilebilir asit, pH, C vitamini ve yaprak klorofil miktarı üzerine ışık uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Kış döneminde yetiştirilen kıvırcık yapraklı baş salata bitkisinin suda çözünebilir kuru madde miktarı ortalaması % 5.2 çıkmıştır. En yüksek SÇKM düzeyi mavi, sarı ve kırmızı ışık kombinasyonunda % 5.6 bulunurken, en düşük SÇKM düzeyi kontrol şartlarında % 4.9 olarak bulunmuştur. Kıvırcık yapraklı baş salata bitkisinin titre edilebilir asit düzeyi ortalama % 1.73 iken, pH düzeyi ortalama 5.69 ve C vitamini düzeyi ortalama 12 mg/100 g olduğu ortaya çıkmıştır. En yüksek titre edilebilir asit düzeyi mavi ve mavi+sarı+kırmızı ışık kombinasyonlarında %1.78, pH düzeyi kontrol koşullarında 5.75 ve C vitamini mavi+sarı+kırmızı ışık konsantrasyonlarında 12 mg/100g olarak bulunmuştur. Kıvırcık yapraklı baş salata yapraklarında dönemsel olarak yaprak spad değerine bakılmıştır ve değerler Çizelge 4.8’de verilmiştir. (Şekil 4.6)

Çizelge 4.7. Işık uygulamalarının kış döneminde yetiştirilen kıvrıkcık yapraklı baş salata bitkisinin yapraklarının SÇKM, pH, titre edilebilir asit ve C vitamini üzerine etkileri

Işık Uygulamaları	SÇKM (%) (Ö.D.)	TA (%) (Ö.D.)	pH (Ö.D.)	C vitamini (mg/100 g) (Ö.D.)
Kontrol	4.9	1.73	5.75	11.5
Mavi	5.2	1.78	5.68	12.1
Sarı	5.1	1.71	5.71	11.9
Kırmızı	5.1	1.69	5.72	11.8
Mavi + Kırmızı	5.2	1.74	5.73	12.5
Sarı + Mavi	5.2	1.67	5.66	11.9
Kırmızı + Sarı	5.4	1.74	5.64	11.9
M + S + K	5.6	1.78	5.61	12.6
<b>Ortalama</b>	<b>5.2</b>	<b>1.73</b>	<b>5.69</b>	<b>12.0</b>

Her sütunda ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testiyle belirlenmiştir. Ö.D: Önemli Değil; \*P<0.05; \*\*P<0,01 önemlidir;



Şekil 4.6. Işık uygulamalarının bitkinin kalite özellikleri üzerine etkileri

Çizelge 4.8. Işık uygulamalarının kış döneminde yetiştirilen kıvrıkcık yapraklı baş salata yapraklarının yaprak spad düzeyine etkileri

Işık Uygulamaları	Spad Value değerleri Aralık 20	Spad Value değerleri Ocak 15	Spad Value değerleri Şubat 15
Kontrol	6.3	9.3	9.7
Mavi	6.6	9.5	9.4
Sarı	6.4	9.3	9.7
Kırmızı	6.3	9.5	9.7
Mavi + Kırmızı	6.5	9.6	9.5
Sarı + Mavi	6.3	9.6	9.6
Kırmızı + Sarı	6.7	9.3	9.7
M + S + K	6.4	9.4	9.4
<b>Ortalama</b>	<b>6.4 B</b>	<b>9.4 A</b>	<b>9.5 A</b>

Her sütunda ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testiyle belirlenmiştir. Ö.D: Önemli Değil; \*P<0.05; \*\*P<0,01 önemlidir;

Kış döneminde serada yetiştirilen kıvrıkcık yapraklı baş salata yapraklarında spad ölçümleri belli aralıklarla spadmetre ile yapılmıştır. Spad ölçümleri 20 Aralık, 15 Ocak ve 15 Şubat tarihlerinde gerçekleştirilmiştir. Spad ölçümlere ait değerler Çizelge 4.8’de verilmiştir. 20 Aralık’da ölçülen değerler 6.3 ile 6.7 arasında değişirken, hasad zamanı olan Şubat ayının 15’inde ölçülen spad değerleri 9.3 ile 9.6 arasında değişmiştir. Spad düzeyleri 20 Aralık tarihinde en yüksek düzey olan 6.7 ile kırmızı ve sarı kombinasyonunda, 15 Ocak tarihinde en yüksek düzey olan 9.6 ile mavi kırmızı ve sarı mavi kombinasyonlarında ve 15 Şubat tarihinde en yüksek değer olan 9.7 ile kontrol, sarı, kırmızı ve kırmızı sarı kombinasyonlarında bulunmuştur. Bitki dikimi gerçekleştiğinde yapraktaki besin elementi miktarlarının değerlerinin düşüklüğü ve bitkinin yeni yaprak oluşturması devam ettiği için ilk ölçülen spad düzeyleri son ölçülen spad düzeylerine göre düşük çıkmıştır. Ortalamalar dikkate alındığında yaprak spad düzeylerinde % 1 önem düzeyinde dönemsel örnekleme zamanı etkili olurken ışık uygulamalarının spad düzeyi üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur. Ocak ve Şubat ayında ölçülen spad düzeylerinin ortalaması aynı grupta yer almıştır.

Çizelge 4.9. Işık uygulamalarının kış döneminde yetiştirilen kıvırcık yapraklı baş salata bitkisinin yapraklarının % N, P, K, Ca ve Mg konsantrasyonlarına etkisi

<b>Işık Uygulamaları</b>	<b>% N (Ö.D.)</b>	<b>% P (Ö.D.)</b>	<b>% K (Ö.D.)</b>	<b>% Ca (Ö.D.)</b>	<b>% Mg (Ö.D.)</b>
Kontrol	3.86	0.56	6.12	2.13	0.68
Mavi	3.74	0.54	6.18	2.14	0.71
Sarı	3.72	0.58	6.24	2.02	0.72
Kırmızı	3.81	0.55	6.16	2.08	0.69
Mavi + Kırmızı	3.77	0.56	6.22	2.06	0.71
Sarı + Mavi	3.83	0.58	6.25	2.13	0.68
Kırmızı + Sarı	3.71	0.58	6.25	2.08	0.68
M + S + K	3.73	0.53	6.18	2.09	0.69
<b>Ortalama</b>	<b>3.77</b>	<b>0.56</b>	<b>6.20</b>	<b>2.10</b>	<b>0.70</b>

Her sütunda ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testiyle belirlenmiştir. Ö.D: Önemli Değil; \*P<0.05; \*\*P<0,01 önemlidir;

Kış döneminde yetiştirilen kıvırcık yapraklı baş salata bitkisinin besin elementi konsantrasyonları Çizelge 4.9'da verilmiş. Elde edilen sonuçlara göre kış döneminde ışık uygulamalarının marul bitkisinin yaprak N, P, K, Ca ve Mg konsantrasyonları üzerine etkisinin önemsiz olduğu ortaya çıkmıştır. Jones ve ark. (1991) kıvırcık yapraklı baş salata için baş oluşum evresinde olgunlaşmasını tamamlamış orta yapraklar için verilen sınır değerler ile denemeden çıkan sonuçlar karşılaştırıldığında makro besin elementlerinin yeterlilik sınırları içerisinde ve yakın olduğu gözlemlenmiştir. Işık uygulamalarında yaprak besin elementi konsantrasyonunda birbirine yakın sonuçlar elde edilirken en yüksek N konsantrasyonu % 3.86 ile kontrol şartlarında, en yüksek P konsantrasyonu kırmızı+sarı, sarı+mavi ile sarı ışık uygulamalarında % 0.58, en yüksek K % 6.25 ile sarı+mavi ile kırmızı+sarı ışık uygulamalarında ortaya çıkmıştır. En yüksek Ca konsantrasyonu mavi ışık uygulamasında % 2.14 olurken, en yüksek Mg konsantrasyonu sarı ışık uygulamasında (% 0.72) ortaya çıkmıştır.



Çizelge 4.10. Farklı led ışıklarının günün farklı saatlerinde verdikleri ışık miktarları

<b>Işık Uygulamaları</b>	<b>Saat 10.00** (klux)</b>	<b>Saat 15.00** (klux)</b>
Kontrol	8.5 d	9.4 c
Mavi	11.5 cd	12.6 b
Sarı	13.4 b	11.8 cd
Kırmızı	14.2 b	13.6 a
Mavi + Kırmızı	14.9 a	13.4 a
Sarı + Mavi	11.4 cd	12.9 b
Kırmızı + Sarı	11.3 cd	13.7 a
M + S + K	12.1 c	13.3 a
<b>Ortalama</b>	<b>12.1</b>	<b>12.7</b>

Her sütunda ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testiyle belirlenmiştir. Ö.D: Önemli Değil; \*P<0.05; \*\*P<0,01 önemlidir;

Kış döneminde kıvrıkcık yapraklı baş salata yetiştiriciliğinde ışık uygulamalarının etkisini ışık şiddeti şeklinde görebilmek için led ışıklarının altında yetişen bitkilerin hemen üzerinden ışık ölçer ile ışık şiddeti değerleri her gün saat 10.00'da ve saat 15.00'de alınmıştır. Bu değerler toplanarak saat 10.00 ve 15.00 ortalamaları Çizelge 4.10'da verilmiştir. Ek Çizelge 5'de varyans analiz sonuçları verilmiştir. Kış döneminde ışık ölçüm değerleri dikkate alındığında saat 10.00 ve 15.00 okumaları ortalaması bakımından istatistiksel fark bulunmamıştır. Bu durumu kış dönemi güneşlenme sürelerinin eşitliği ve gün uzunluğunun kısalığı ile açıklamak mümkündür. Saat 10.00'deki ortalama ışık şiddeti 12.1 klux iken saat 15.00'deki ortalama ışık şiddeti 12.7 klux olarak ölçülmüştür. Işık uygulamalarının ışık değeri üzerine etkisi saat 10.00 daki ve 15.00'deki okuma değerlerinde % 1 önem düzeyinde etkili olmuştur. Kontrole göre saat 10.00 okumasında kırmızı ve mavi ışık kombinasyonunun (14.9 klux), saat 15.00 okumasında kırmızı ve sarı ışık kombinasyonunun (13.7 klux) ışık şiddeti değeri yüksek çıkmıştır. Saat 10.00 okumasında kontrol uygulaması ışık şiddeti 8.5 klux ölçülürken saat 15.00 okumasında mavi+kırmızı 14.9 klux ve kırmızı ışık uygulaması 14.2 klux olarak ölçülmüştür.

### 4.3. İlkbahar ve Kış Dönemi Kıvırcık Yapraklı Baş Salata Bitkisinin Nitrat Konsantrasyonu Üzerine Işık Uygulamalarının Etkisi

Yaprakların nitrat konsantrasyonlarını bir çok faktör etkilemektedir. Bu faktörlerden etkili olanı ise ışık ve azotlu gübrelemedir. Çizelge 4.11’de ilkbahar ve kış döneminde yetiştiriciliği yapılan kıvırcık yapraklı baş salata yaprağının nitrat konsantrasyonları verilmiştir. İlkbahar dönemi ortalaması ile kış dönemi ortalamasına bakıldığında kış dönemi kıvırcık yapraklı baş salata yapraklarının ortalama  $1968.3 \text{ mg NO}_3^- \text{ kg}^-$  olduğu ve İlkbaharda bu miktarın  $1792.8 \text{ mg NO}_3^- \text{ kg}^-$  olarak ölçülmüştür. Bu sonucun çıkmasında bitkinin ilkbahar döneminde daha fazla ışık aldığı ışık ölçümleri ile test edilmiştir.

Çizelge 4.11. Işık uygulamalarının ilkbahar ve kış yetiştiricilikte kıvırcık yapraklı baş salata yapraklarının nitrat konsantrasyonu üzerine etkisi

Işık Uygulamaları	İlkbahar Dönemi Nitrat Konsantrasyonu** $\text{mg NO}_3^- \text{ kg}^-$	Kış Dönemi Nitrat konsantrasyonu** $\text{mg NO}_3^- \text{ kg}^-$
Kontrol	1880.5 a	2008.8 a
Mavi	1784.5 b	1910.8 b
Sarı	1794.8 b	1920.3 cd
Kırmızı	1772.5 d	1924.6 cd
Mavi + Kırmızı	1775.8 d	1950.6 c
Sarı + Mavi	1785.5 c	1898.6 d
Kırmızı + Sarı	1784.7 c	1954.6 c
M + S + K	1764.5 d	1978.3 c
<b>Ortalama</b>	<b>1792.8 B</b>	<b>1968.3 A</b>

Her sütunda ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testiyle belirlenmiştir. Ö.D: Önemli Değil; \*P<0.05; \*\*P<0,01 önemlidir;

İlkbahar ve kış döneminde bitkinin yaprak nitrat konsantrasyonu düzeyinin en yüksek olduğu uygulama kontrol şartları uygulamasıdır (sırasıyla  $1792.8 \text{ mg NO}_3^- \text{ kg}^-$  ve  $1968.3 \text{ mg NO}_3^- \text{ kg}^-$ ). İlkbahar döneminde en düşük nitrat konsantrasyonu mavi+sarı+kırmızı kombinasyonlarında  $1764.5 \text{ mg NO}_3^- \text{ kg}^-$  iken kış döneminde en

düşük nitrat konsantrasyonu sarı ve mavi ışık kombinasyonunda 1898.6 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> kg<sup>-1</sup> olarak ölçülmüştür. Işık şiddeti ölçümleri ile kıvrıkcık yapraklı baş salata yapraklarının nitrat miktarları üzerine negatif bir korelasyon tespit edilmiştir. Işık şiddetinin artışı ile bitkide yaprak nitrat konsantrasyonlarında istatistiksel olarak bir düşme gerçekleşmiştir (r: -0.7842\*\*).

#### 4.4. Yaz Döneminde Işık Uygulamalarının Biber Bitkisinin Gelişimine Etkisi

Yaz döneminde Balca biber çeşidinde farklı renkteki LED ışıklarının ve kombinasyonlarının uygulandığı çalışmada ışık uygulamalarının meyve verimi, meyve ağırlıkları ve biberin meyve adedi üzerine etkileri Çizelge 4.12’de verilmiştir. Kontrol uygulamasında toplam meyve verimi 666.1 gr/bitki iken en yüksek meyve verimi 703.4 gr/bitki ile mavi ışık uygulaması altında yetişen biberlerden elde edilmiştir. Sarı, kırmızı ve mavi ile kırmızının kombinasyonunun uygulandığı biberlerin verimleri kontrole göre yüksek çıkmıştır. Işık uygulamaları biber bitkisinin toplam meyve verimi üzerine istatistiksel olarak % 5 önem düzeyinde etkili olmuştur.

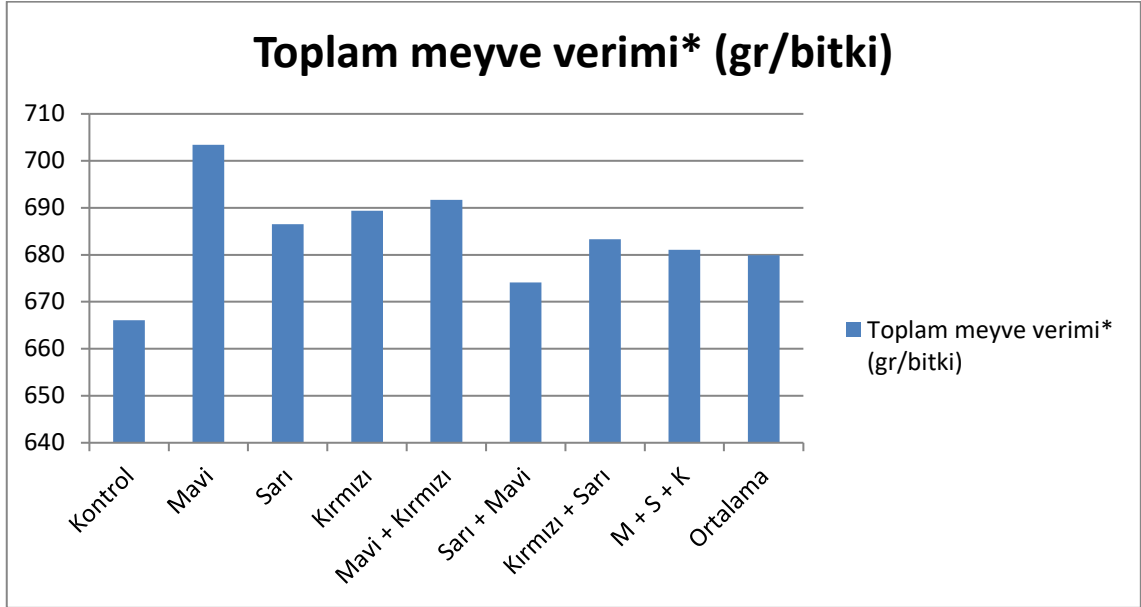
Çizelge 4.12. Işık uygulamalarının biber bitkisinin meyve verimi üzerine etkisi

Işık Uygulamaları	Toplam meyve verimi* (gr/bitki)	Meyve ağırlığı (gr/bitki) Ö.D.	Meyve adedi (adet/bitki) Ö.D.
Kontrol	666.1 c	20.4	31.3
Mavi	703.4 a	20.9	34.3
Sarı	686.5 b	20.8	34.3
Kırmızı	689.4 b	21.2	33.0
Mavi + Kırmızı	691.7 b	21.5	31.6
Sarı + Mavi	674.1 c	21.9	31.0
Kırmızı + Sarı	683.3 d	21.4	30.6
M + S + K	681.1 c	21.2	31.5
<b>Ortalama</b>	<b>679.9</b>	<b>21.2</b>	<b>32.1</b>

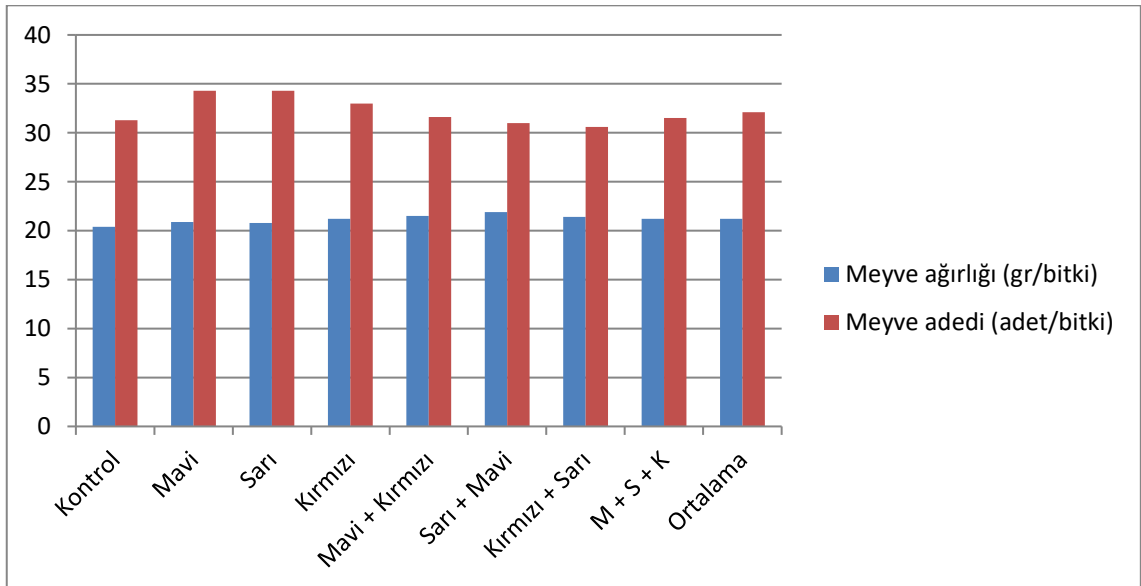
Her sütunda ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testiyle belirlenmiştir. Ö.D: Önemli Değil; \*P<0.05; \*\*P<0,01 önemlidir.

Işık uygulamaları biber bitkisinin meyve ağırlıkları ve meyve adedi üzerine istatistiksel olarak önemli olmamıştır. Biberin meyve ağırlıkları 20.4 ile 21.9 gr/bitki arasında

değişmiştir. En yüksek meyve ağırlığı sarı ve mavi ışık kombinasyonunda 21.9 gr/bitki bulunmuştur. Meyve adetleri 31.0 ile 34.3 adet/bitki arasında değişim göstermiştir. En yüksek meyve adetleri mavi ve sarı ışık uygulamalarında 34.3 adet/bitki olarak bulunmuştur. (Şekil 4.7 ve Şekil 4.8)



Şekil 4.7. Işık uygulamalarının bitki gelişimi üzerine etkileri

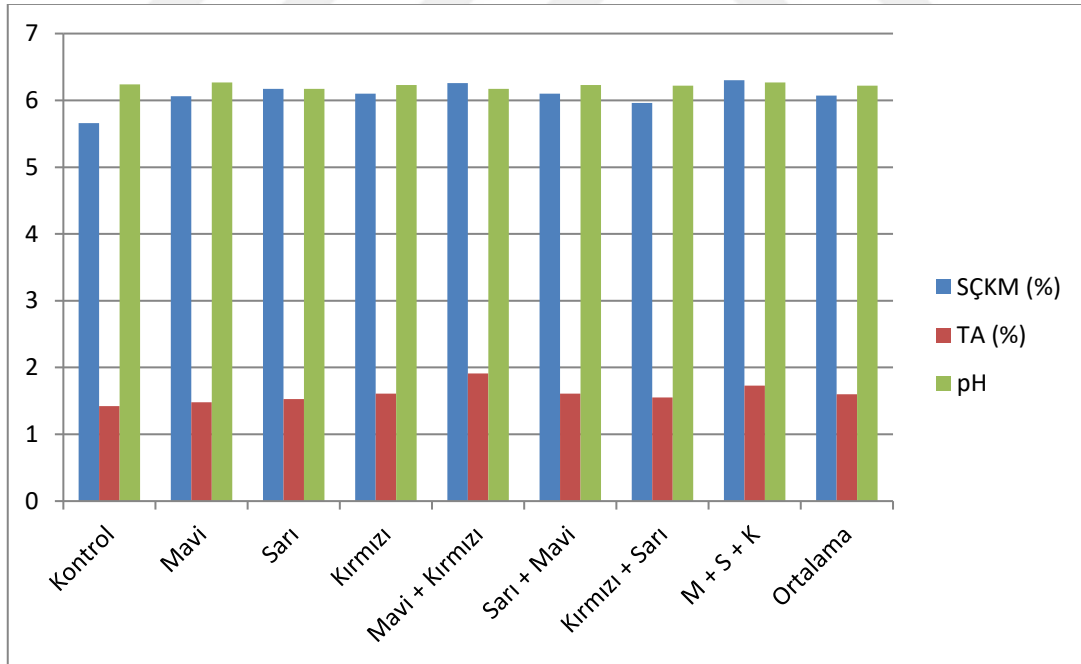


Şekil 4.8. Işık uygulamalarının bitki gelişimi üzerine etkileri

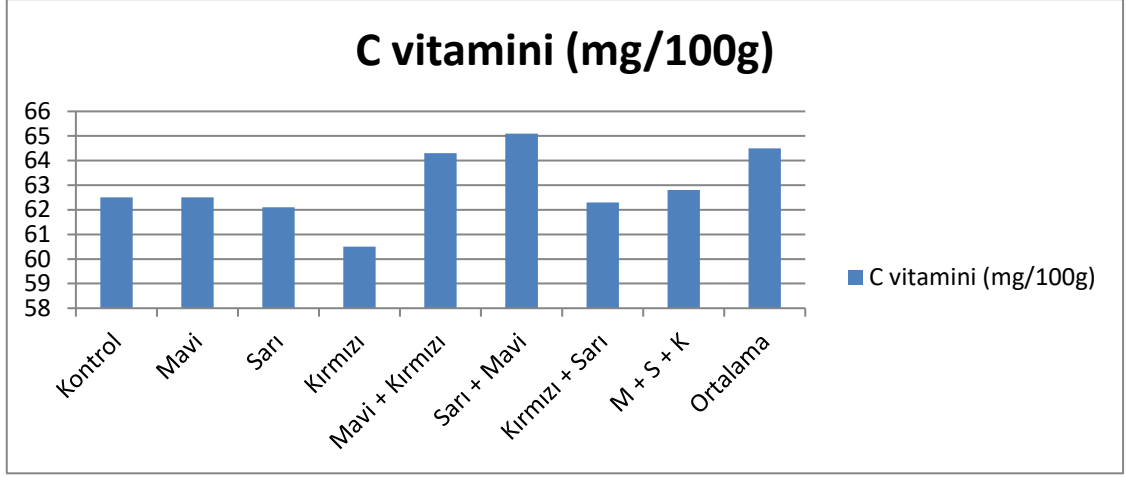
Çizelge 4.13. Işık uygulamalarının biber meyvesinin SÇKM, pH, titre edilebilir asit ve C vitamini üzerine etkileri

Işık Uygulamaları	SÇKM (%)	TA (%)	pH	C vitamini (mg/100 g)
Kontrol	5.66	1.42	6.24	62.5
Mavi	6.06	1.48	6.27	62.1
Sarı	6.17	1.53	6.17	60.5
Kırmızı	6.10	1.61	6.23	64.3
Mavi + Kırmızı	6.26	1.91	6.17	65.1
Sarı + Mavi	6.10	1.61	6.23	62.3
Kırmızı + Sarı	5.96	1.55	6.22	62.8
M + S + K	6.30	1.73	6.27	64.5
<b>Ortalama</b>	<b>6.07</b>	<b>1.60</b>	<b>6.22</b>	<b>63.0</b>

Her sütunda ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testiyle belirlenmiştir. Ö.D: Önemli Değil; \*P<0.05; \*\*P<0,01 önemlidir;



Şekil 4.9. Işık uygulamalarının bitki özellikleri üzerine etkileri



Şekil 4.10. Işık uygulamalarının bitki özellikleri üzerine etkileri

Biber bitkisinin yapraklarında incelenen SÇKM, titre edilebilir asit, pH, C vitamini üzerine ışık uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.13). Yaz döneminde yetiştirilen biberin suda çözünebilir kuru madde miktarı % 5.66 ile 6.30 arasında değişmiştir. Biber bitkisinin titre edilebilir asit miktarı ortalama % 1.60 iken, pH değeri ortalama 6.22 ve C vitamini 63.0 mg/100 g olduğu ortaya çıkmıştır. Biber yapraklarında dönemsel olarak yaprak spad değerlerine bakılmıştır ve değerler Çizelge 4.14’de verilmiştir.

Çizelge 4.14. Işık uygulamalarının yaz döneminde yetiştirilen biber bitkisinin yapraklarının yaprak spad düzeyine etkileri

İşık Uygulamaları	Spad Değeri Temmuz (Ö.D.)	Spad Değeri Ağustos (Ö.D.)	Spad Değeri Eylül (Ö.D.)
Kontrol	66.2	58.3	51.4
Mavi	64.5	57.3	52.4
Sarı	67.8	55.2	50.4
Kırmızı	62.1	54.7	50.6
Mavi + Kırmızı	61.5	53.9	51.2
Sarı + Mavi	65.4	56.8	52.3
Kırmızı + Sarı	64.1	55.6	50.2
M + S + K	68.1	53.2	49.3
<b>Ortalama</b>	<b>64.9</b>	<b>55.6</b>	<b>50.9</b>

Her sütunda ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testiyle belirlenmiştir. Ö.D: Önemli Değil; \*P<0.05; \*\*P<0,01 önemlidir;

SÇKM değeri mavi+sarı+kırmızı ışık uygulamalarında % 6.30, TA mavi kırmızı ışık kombinasyonunda % 1.91, pH 6.27 ile mavi ışık ve mavi+sarı+kırmızı ışık kombinasyonunda ve C vitamini mavi+kırmızı ışık kombinasyonunda en yüksek değerleri ölçülmüştür.

Kültür sebzeleri içerisinde biber, patlıcan ve lahana grubu bitkilerin yaprakları daha yeşildir. Yeşil renk içeriği klorofil konsantrasyonunun (SPAD) artışını göstermektedir. Biber fideleri dikiminden yaklaşık iki ay sonra SPAD değerleri okuması her ay yapılmıştır. Ay içerisinde toplamda 5 kez okuma yapılmış ve ortalaması verilmiştir. Temmuz ayı ortalama SPAD değeri 64.9, Ağustos ayı 55.6 ve Eylül ayı ortalaması 50.9 olarak ölçülmüştür. Temmuz ayı spad değerleri 61.5 ile 68.1 değerleri arasında değişirken en yüksek değeri mavi+sarı+kırmızı ışık uygulamasında, Ağustos ayı değerleri 53.2 ile 58.3 değerleri arasında değişirken en yüksek değer kontrol şartlarında ve eylül ayı değerleri 49.3 ve 52.4 değerleri arasında değişirken en yüksek değeri mavi ışık uygulamalarında bulunmuştur. Işık uygulamaların etkisi istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır. Biber bitkisinin gelişimi arttıkça sürgün uçları büyümesi, yeni yaprakların oluşumu devam etmektedir. Biber, patlıcan ve domates gibi sürgün uçları büyüyen ve bioamas miktarı yüksek olan bitkiler özellikle çiçeklenme ve meyve tutumu döneminde yapraktan besin elementlerinin taşınımını yükseltmektedirler. Dolayısıyla yapraktaki besin elementi taşınımı ilerleyen haftalarda artmaktadır. Bu durum çalışmamızdaki SPAD değerleri sonuçlarına yansımıştır.

Yaz döneminde yetiştirilen biber bitkisinin besin elementi konsantrasyonları Çizelge 4.15'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yaz döneminde ışık uygulamalarının bitkilerin N, P, K, Ca ve Mg konsantrasyonları üzerine etkisinin önemsiz olduğu bulunmuştur. Jones ve ark. (1991), biber için çiçekli ve meyveli bitki aşamasında olgunlaşmasını tamamlamış orta yapraklar için verilen sınır değerler ile denemeden çıkan sonuçlar karşılaştırıldığında makro elementlerinin yeterlilik sınırları içerisinde ve yakın olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.15. Işık uygulamalarının yaz döneminde yetiştirilen biber bitkisinin yapraklarının % N, P, K, Ca ve Mg konsantrasyonlarına etkisi

Işık Uygulamaları	% N (Ö.D.)	% P (Ö.D.)	% K (Ö.D.)	% Ca (Ö.D.)	% Mg (Ö.D.)
Kontrol	3.72	0.63	6.32	2.21	0.55
Mavi	3.67	0.67	6.28	2.19	0.52
Sarı	3.71	0.64	6.29	2.22	0.55
Kırmızı	3.68	0.64	6.33	2.23	0.58
Mavi + Kırmızı	3.71	0.67	6.25	2.23	0.53
Sarı + Mavi	3.78	0.64	6.25	2.21	0.55
Kırmızı + Sarı	3.67	0.61	6.29	2.26	0.52
M + S + K	3.72	0.62	6.27	2.21	0.56
<b>Ortalama</b>	<b>3.71</b>	<b>0.64</b>	<b>6.28</b>	<b>2.22</b>	<b>0.54</b>

Her sütunda ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testiyle belirlenmiştir.

Ö.D: Önemli Değil; \*P<0.05; \*\*P<0,01 önemlidir;

Işık uygulamalarında yaprak besin elementi konsantrasyonunda birbirine yakın sonuçlar elde edilirken en yüksek N konsantrasyonu % 3.78 ile sarı ile mavi ışık kombinasyonlarında, en yüksek P konsantrasyonu mavi ve mavinin kırmızı ile yaptığı kombinasyonu ışık uygulamasında % 0.67, en yüksek K % 6.33 ile kırmızı ışıkta elde edilmiştir. En yüksek Ca konsantrasyonu % 2.26 ile kırmızının sarı ile yaptığı kombinasyonu uygulamalarında olurken, en yüksek Mg konsantrasyonu % 0.58 ile kırmızı ışık uygulamasında elde edilmiştir.

Yaz döneminde biber yetiştiriciliğinde ışık uygulamalarının etkisini ışık şiddeti şeklinde görebilmek için led ışıkların altında yetişen bitkilerin hemen üzerinden ışık ölçer ile ışık şiddeti değerleri her gün saat 10.00'da ve saat 15.00'de alınmıştır. Bu değerler toplanarak saat 10.00 ve 15.00 ortalamaları Çizelge 16'da verilmiştir. Saat 10.00 okumasında kontrol şartlarında 20.1 klux iken gelirken kırmızı ışık uygulamasında 26.1 klux en yüksek değer olarak ölçülmüştür. Saat 15.00 okumasında kontrol uygulaması 21.6 klux olarak ölçülürken kırmızı+sarı ışık uygulamasında 23.3 klux olarak en yüksek değer ölçülmüştür. Işık uygulamalarının ışık değeri üzerine etkisi saat 10.00 daki okuma



değerlerinde % 5 önem düzeyinde etkili olurken saat 15.00'deki okumalar üzerine etkisi önemli çıkmamıştır.

Çizelge 4.16. Farklı led ışıklarının günün farklı saatlerinde verdikleri ışık miktarları (Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ortalamaları)

<b>Işık Uygulamaları</b>	<b>Saat 10.00* (klux)</b>	<b>Saat 15.00 (klux) (Ö.D.)</b>
Kontrol	20.1 c	21.6
Mavi	25.1 b	21.8
Sarı	24.4 b	20.3
Kırmızı	26.1 a	21.3
Mavi + Kırmızı	25.5 b	20.8
Sarı + Mavi	25.4 b	19.0
Kırmızı + Sarı	21.1 bc	23.3
M + S + K	21.7 bc	22.1
<b>Ortalama</b>	<b>23.7</b>	<b>21.3</b>

Her sütunda ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testiyle belirlenmiştir. Ö.D: Önemli Değil; \*P<0.05; \*\*P<0,01 önemlidir;

#### **4.5. Yaz Dönemi Biber Bitkisinin Yaprak Nitrat Konsantrasyonu Üzerine Işık Uygulamalarının Etkisi**

Çizelge 4.16'da yaz dönemi yetiştiriciliği yapılan biber yapraklarının nitrat içerikleri verilmiştir. Biber yapraklarının nitrat konsantrasyonları farklı ışık uygulamaları altında 75.4 ile 84.4 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> kg<sup>-</sup> arasında ölçülmüştür.

Çizelge 4.17. Işık uygulamalarının yaz dönemi yetiştirilen biber yapraklarının nitrat konsantrasyonuna etkisi

<b>Işık Uygulamaları</b>	<b>Yaz Dönemi Biber Yapraklarında Nitrat konsantrasyonu* mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> kg<sup>-</sup></b>
Kontrol	84.4 a
Mavi	79.5 c
Sarı	82.5 b
Kırmızı	75.4 c
Mavi + Kırmızı	81.3 bc
Sarı + Mavi	82.8 b
Kırmızı + Sarı	79.5 cb
M + S + K	78.7 cb
<b>Ortalama</b>	<b>80.5</b>

Her sütunda ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan testiyle belirlenmiştir. Ö.D: Önemli Değil; \*P<0.05; \*\*P<0,01 önemlidir;

Bitkinin oluşturmuş olduğu toplam biomas ile nitrat içeriğinde doğrusal bir ilişki söz konusudur. Biber bitkisinin verim değerleri birbirine yakın ve yaprakların N konsantrasyonlarında farklılık gözlenmemiştir. Ancak ışık uygulamalarının yaprak nitrat konsantrasyonları üzerine etkisi % 5 önem düzeyinde etkili olmuştur. Bitkinin ışıklandırma süresi arttıkça nitrat redüktaz enzimi artırıp yaprak nitrat miktarı düşmüştür. Farklı ışık uygulamaları ise kendi aralarında miktar bakımından değişiklik göstermiştir. Özellikle kırmızı ve mavi ışık uygulamaları nitrat konsantrasyonlarında önemli düşüşler sağlamıştır. Kırmızı ışık uygulamasında nitrat konsantrasyonları 75.4 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> kg<sup>-</sup> ve mavi ile kırmızı+sarı ışık uygulamalarında nitrat konsantrasyonları 79.5 mg NO<sub>3</sub><sup>-</sup> kg<sup>-</sup> ile en düşük sonuçlar bulunmuştur.

## 5.SONUÇ ve TARTIŞMA

Çalışmada bitkinin 50 cm üst kısmına farklı renkte LED ışıkları koyarak sera içerisinde daha fazla ışık alması sağlanması hedeflenmekteydi. Amaç ışıklenme süresini artırarak bitki gelişimde artışları yakalamaktı. Çalışma sonuçları sera ortamında ek ilave ışık kullanarak verimde artışlar yaşandığını göstermiştir. İlkbahar kıvırcık yapraklı baş salata yetiştiriciliğinde kontrol şartlarında toplam bitki ağırlığı 958 gr/adet iken kırmızı led uygulamasında toplam bitki ağırlığı 994 gr/adet olarak tespit edilmiştir. Bitki baş ağırlığı dikkate alındığında kontrol şartlarında 804 gr/adet gelirken kırmızı led uygulamasında 840 gr/adet olarak ölçülmüştür. Aynı şekilde kış dönemi kıvırcık yapraklı baş salata yetiştiriciliğinde de kontrol şartlarına göre ışık uygulamaları ile verimde artışlar gerçekleşmiştir. Bu dönemde kırmızı, kırmızının mavi kombinasyonu ve sarı ışığın mavi ile kombinasyonlarında verim artışları yaşanmıştır. Klorofil a ve b'nin etkinliğinin yüksekliğine kırmızı ve mavi ışık etki ederken yeşil ışık zayıf etki etmektedir (Nishio, 2000). Bitkilerin gelişimde ışık fotosentez miktarını artırırken, yaprak alanının artmasına sebep olmakta ve solunum olaylarının artmasını sağlamaktadır. Dolayısıyla bitkinin kökleri vasıtasıyla su ve besin elementi alımlarının artmasını sağlamaktadır (Decoteau ve ark., 1988; Blom ve ark., 1995; Chia ve Kubota, 2010). Son yıllarda LED ışık teknolojisinin gelişimi, yaydıkları ışık miktarının yüksekliğinin artırılması ile bu teknolojinin bitkisel üretimde (sera içerisinde) kullanılması ticari anlamda gelişmektedir (Morrow, 2008; Folta and Childers, 2008; Stute, 2009).

Yaz döneminde sera içerisinde biber bitkisi seçilerek uzun sürecek bir yetiştiricilik seçilmiştir. Deneme sürecinde ışık uygulamalarının beslenme ve bitkilerin gelişimlerini sekteye uğratacak bir hastalık unsuruna rastlanmamıştır. Bu çalışmada da verim artışları kontrole mavi, kırmızı ve kırmızı ışık kombinasyonlarının yapıldığı uygulamalarda gerçekleşmiştir. Daha önce literatür çalışmalarında da bir çok araştırmacının yaptıkları çalışmalarda LED ışıkları kullanımda verimde artışlara neden olduğu bildirilmiştir (Jokkan ve ark., 2012; Xu ve ark., 2012; Lin ve ark., 2013; Hernandez ve Kubota, 2014; Köksal ve ark., 2014). Araştırmacılar yaptıkları çalışmalarda ışık uygulamasının yaprak alanını artırarak verimde artışa sebep olduğunu bildirmişlerdir (Kinoshita ve ark., 2016; Demirsoy ve ark., 2016). Bazı araştırmacılar ışık ile yaptıkları çalışmalarda zıt sonuçlar

bulmuşlardır. Dougher ve Bugbee (2004) mavi ışık uygulamasının kıvrıkcık yapraklı baş salata bitkisinin gelişimde ve yaprak alanı gelişiminde düşüöşlere neden olduğunu bildirirken Son ve Oh (2013) mavi ışık uygulaması ile kıvrıkcık yapraklı baş salata bitkisinin biomas ve yaprak alanında artışlara neden olduğunu bildirmiştir. Snowden (2015), yaptığı çalışmada mavi ve yeşil ışığın farklı bitkiler üzerine etkilerini araştırmıştır. Mavi ışığın bitki gelişimi üzerine etkisinin yeşil ışıktan daha fazla olduğunu bildirmiştir. Bitkinin ışıklanma oranı arttıkça bitkilerin kuru madde, yaprak alanı ve net asimilasyon oranının arttığını bildirmiştir. Mortensen ve Stromme (1987), domateste yaptıkları çalışmada mavi ışığın bitki boyunu kuvvetli bir şekilde azalttığını bildirlerdir. Wyżgolik ve ark. (2008), plastik seralarda farklı ışık koşullarında yetiştirilen biberde düşük PAR değeri altında yetişen bitkilerde bitki boyu uzama hızının daha yavaş olduğunu bildirmişlerdir.

Işık uygulamalarının yetiştiricilik dönemleri içerisinde Kıvrıkcık yapraklı baş salata ve biber bitkisinin yapraklarında incelenen SÇKM, titredilebilir asit, pH, C vitamini ve yaprak SPAD değeri üzerine ışık uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Fotosentez için enerji kaynağı güneştir. Güneş bitkilerin gelişmeleri ve organik bileşikleri oluşturmaları için gerekli bir kaynaktır (Smith, 2013). Farklı renkteki ışıkların fotosentez üzerine etkileri farklıdır. Klorofil sentezi 445 ve 650 nm dalga boylarında maksimum noktalar göstermekte, 500-575 nm'lik dalga boyu aralığında ise azalarak % 20 ve daha altındaki oranlara düşmektedir (McFate, 1989).

Çalışmamızın hedeflerinden birisi bitkinin gün boyunca kontrol şartlarına göre daha fazla ışık almasını gerçekleştirmektir. Her denemede her gün olmak kaydıyla ışık ölçer aleti ile ölçümleri yapılmıştır. Sabah 10.00 ve öğleden sonra saat 15.00 de ölçümler yapılmıştır. Bu ölçümler toplanarak ilkbahar kıvrıkcık yapraklı baş salata, kış dönemi kıvrıkcık yapraklı baş salata ve yaz döneminde aylara bölünerek ölçümler verilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda kontrol şartlarına göre ışık uygulamaları bitkinin üzerine gelen ışık miktardığı görülmüştür. İlkbahar ve kış döneminde ışık değerine bakıldığında saat okumaları arasında fark yaşanırken yaz dönemi biber yetiştiriciliğinde saat okumalarında önemli farklar yaşanmamıştır. Bu durumu yaz dönemi yüksek

sıcaklıktan kaçınmak için sera üzerine atılan gölge tozunun etkili olduğu düşünülmektedir.

Çalışmamızın bir diğer hedefi ise yaprağı yenen sebzelerden kıvırcık yapraklı baş salata bitkisinin yaprak nitrat miktarları üzerine ışık uygulamasının etkilerini belirlemektir. Yapraktaki nitratin birikmesinde başta bitkilerin azotlu gübrenmesi ve ışık yetersizliği gibi sebepler gelmektedir.

Nitrat, bitki besini olarak organik yapılara girmek ve bitkideki temel fonksiyonlarını yerine getirmek için öncelikle amonyağa indirgenmek zorundadır. Bitki hayatı için nitratin amonyağa indirgenmesi ve özümlemesinin önemi, karbondioksitin indirgenmesi ve özümlemesine eşdeğerdedir (Arslan ve Gülerüz, 2002). Nitrat Redüktaz (NR), nitratin nitrite indirgenmesini katalizlemektedir. Nitrit Redüktaz (NiR) ise nitratin amonyağa indirgenmesinden sorumludur. Bitki dokularındaki nitrat redüktaz aktivitesini uyaran faktörlerden biri ışıktır (Marschner, 1995).

Bitkilerin nitrat içeriğini belirleyen temel faktörlerden biri ışıktır. Bitkilerdeki nitrat içerikleri ışık yoğunluğu, fotoperyot ve fotoperyot sırasındaki ışık süresi tarafından etkilenmektedir. Yapılan araştırmalar ile kış mevsimi gibi ışık yoğunluğunun düşük olduğu şartlarda nitrat akümüasyonu (birikiminin) arttığı, yüksek ışık yoğunluklarında ise, nitrat içeriğinin azaldığı belirlenmiştir (Cantliffe, 1973).

Çizelge 4.11’de ilkbahar ve kış döneminde yetiştiriciliği yapılan kıvırcık yapraklı baş salata yaprağının nitrat içerikleri verilmiştir. İlkbahar dönemi ortalaması ile kış dönemi ortalamasına bakıldığında kış dönemi kıvırcık yapraklı baş salata yapraklarının ortalama  $1968.3 \text{ mg NO}_3^- \text{ kg}^-$  olduğu ve İlkbaharda bu miktarın  $1792.8 \text{ mg NO}_3^- \text{ kg}^-$  olarak ölçülmüştür. Bitkinin oluşturmuş olduğu toplam biomas ile nitrat içeriğinde doğrusal bir ilişki söz konusudur. Hua Bian ve ark. (2016) ve Zhang ve ark., (2018) yaptıkları çalışmalarda özellikle bitkilere verilen ışık miktarının yüksekliği arttıkça yaprakta nitrat konsantrasyonunun düştüğünü bildirirken kırmızı ve mavi ışığın diğer ışıklardan nitrat miktarının düşmesinde daha etkili olduğunu yaptıkları çalışmalarda bildirmişlerdir. Bu sonucun çıkmasında bitkinin ilkbahar döneminde daha fazla ışık aldığı ışık ölçümleri ile test edilmiştir.

İlkbahar dönemi nitrat konsantrasyonu kontrol şartlarında  $1880.5 \text{ mg NO}_3^- \text{ kg}^-$  olarak ölçülürken mavi+sarı+kırmızı ışık kombinasyonlarında  $1764.5 \text{ mg NO}_3^- \text{ kg}^-$ , kış dönemi nitrat konsantrasyonu kontrol şartlarında  $2008.8 \text{ mg NO}_3^- \text{ kg}^-$  olarak ölçülürken mavi+sarı ışık kombinasyonlarında  $1978.3 \text{ mg NO}_3^- \text{ kg}^-$  ve yaz dönemi nitrat konsantrasyonu kontrol şartlarında  $84.4 \text{ mg NO}_3^- \text{ kg}^-$  olarak ölçülürken kırmızı ışık uygulamasında  $75.4 \text{ mg NO}_3^- \text{ kg}^-$  olarak ölçülmüştür. Uygulamalarda nitrat konsantrasyonlarında kontrol şartlarına oranla led ışık uygulamalarında düşüşlere neden olmuştur. Diğer araştırmacıların yaptıkları çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Samueline ve ark. (2009) yaptıkları çalışmada Kırmızı led ışıkları altında yetiştirilen bitkilerde nitrat konsantrasyonunda % 65 oranında azalma olduğunu gözlemlemişlerdir. Samuoliene ve ark. (2011), yaptıkları çalışmada kırmızı ve yeşil yapraklı maruldaki nitrat içeriğini sırasıyla % 56.2 ve % 20.0'a düşürürken düşürdüğünü bildirmişlerdir.

Bitkisel üretimde LED ışıkları kullanımı yapılan çalışmada verimi kontrol şartlarına göre artırmıştır. LED ışıklarının tarımda kullanımının ve bu türlü çalışmaların detaylı bir şekilde çalışılması gerekliliği bu ve diğer çalışmalar ile gerekliliği anlaşılmaktadır. Kış aylarında (Aralık, Ocak, Şubat, Mart) ışık şiddeti düşüğü için seralarda bitki yetiştiriciliğinde ek ışıklandırma ihtiyacı bulunmaktadır. Led ışıklandırma ile yapılan çalışmalarda fide döneminde yapılan ışıklandırmaların büyüme ve gelişimine etkisinin oldukça yüksek olduğu bildirilmiştir (Hernandez ve Kubota, 2014; Köksal ve ark., 2014). Buna karşın verim üzerine yapılan çalışmalarda da bitkinin hem biomas hem de meyve verimi üzerine etki ettiği çok sayıda çalışmalar literatür özetlerinde verilmiştir.

Sonuçlar sera içerisinde bitkisel üretim sürecinde kırmızı LED ışıkların kullanılabilirliğini ortaya koyarken, ileride yapılacak olan çalışmalara da bu ışık ve kombinasyonunun kullanılabilirliği temelini oluşturmaktadır. Çalışmanın yaz dönemi biber çalışmasında sonuçlar kış ve ilkbahar kıvırcık yapraklı baş salata yetiştiriciliğinden elde edilen sonuçlara paralel çıkmıştır. Biber çalışmasında da kırmızı ve kırmızının kombinasyonları uygulaması kontrol şartlarına göre verim artışı istatistiksel açıdan farklılık yaratmıştır. Farklılık % 5 önem seviyesinde kalmıştır.

Verim değerleri arasında farklılığın çok olmamasının sebebi yaz döneminde gün uzunluğu ve güneş ışıklarının yoğunluğunun fazla olmasına bağlanmıştır.

Enerji kaynağı olarak güneş enerjisinin kullanılması ek ışıklandırmanın bitki yetiştiriciliğinde daha etkin olarak kullanılması için bir çözüm olabilecek niteliktedir. Bu sebeple çalışmada LED'lerin tüketeceği enerji, temiz enerji kaynağı olan güneş enerjisine dikkat çekmek için güneş paneli sistemi aracılığıyla sağlanmalıdır. Burada sonuçları verilen araştırma ile kıvrıcık yapraklı baş salata ve biber bitkisinin yetiştirme sürecinde kırmızı ve kırmızının farklı kombinasyonları LED ışıkların kullanımının bitki toplam ağırlığı, baş ağırlığı, meyve verimi parametreleri açısından farklılık yarattığını ortaya konmuştur.



## 6. KAYNAKLAR

- Andiç, C., 1993. Tarımsal Ekoloji. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 106, Ders Notları, Erzurum.
- Anonim, 2011. Dijital Teknik. S:102.  
Available:<http://www.neoneon.com.tr/uploads/basinda/510b9ae5824653d8.pdf>  
(21.05.2016).
- Anonim, 2011a. <http://emo.org.tr>. (01 Mayıs 2018).
- Anonim, 2014. <http://www.bahcebitkileri.org/Sunumlar/Topraksiz-tarim.pdf>.  
(05.03.2017).
- Anonim, 2014a.  
[http://hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/bahcecilik/moduller/topraksiz\\_tarima\\_hazirlik.pdf](http://hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/bahcecilik/moduller/topraksiz_tarima_hazirlik.pdf). (15.08.2018).
- Anonim, 2015. <http://www.aljazeera.com.tr/haber/led-ciftlikte-gunde-10-bin-marul>.  
(12.05.2016).
- Anonim, 2015a. <https://www.mgm.gov.tr>. (02.04.2015)
- Anonim, 2015b.  
[http://www.tohumturk.com/urun/182/funly\\_kivircik\\_marul\\_tohumu.aspx](http://www.tohumturk.com/urun/182/funly_kivircik_marul_tohumu.aspx).  
(18.07.2018).
- Anonim, 2018. <https://www.tarimtedarik.com/balca-f1-tatli-sivri>. (18.08.2018).
- Anonim, 2018a. <http://www.agricococopeat.com/agrico-cocopeat-antalya-urun-hakkinda.asp>. (15.11.2015).
- Anonim, 2018b.  
<http://www.avrasyatoprak.com/Toprak,%20%C4%B0deal,%20Do%C4%9Fal,%20Ta%C5%9Fkokopit-nedir.html>. (07.12.2017).
- Anonim, 2018c. <http://www.akper.com.tr/index.php/tr/component/k2/item/12-tarim-perli/12-tarim-perlit>. (04.08.2018).
- Anonim, 2018d. <http://www.drt.com.tr/BitkiYetistirme.aspx?g%C3%BCbre=Cocopeat>.  
(12.03.2018).
- Anonim, 2018e. <https://www.genper.com.tr/tarim-perliti>. (15.03.2016).
- Argus, 2010. Light and lighting control in greenhouses, pp. 25, Argus control LTD. Canada.
- Berkovich, Y. A., Krivobok, N. M., Smolyanina, S. O. ve Erokhin, A. N., 2005. Kosmicheskie oranzherei: nastoyashchee budushchee Space Greenhouses, Now and in Future, Moscow.
- Blom, T.J., Tsujita, M.J. ve Roberts, G.L., 1995. Far-red at end of day and reduced irradiance affect plant height of easter and asiatic hybrid lilies. HortScience 30, 1009-1012.
- Bian, Z.H., Cheng, R.F., Yang, Q. C., Wang, J. ve Lu, C. 2016, Continuous Light from Red, Blue, and Green Light-emitting Diodes Reduces Nitrate Content and Enhances Phytochemical Concentrations and Antioxidant Capacity in Lettuce J. Amer. Soc. Hort. Sci. March 2016 141,186-195.
- Cantliffe, D.J. 1973 Nitrate accumulation in table beets and spinach as affected by nitrogen, phosphorus and potassium nutrition and light intensity. Agronomy Journal 65, 563-565.
- Cataldo, D.A., Haroon, M., Schrader, L.E., Youngs, V.L., 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 6 (1), 71-80.
- Cemeroğlu, B., 2007. Gıda Analizleri. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, No:34, 535s, Ankara.



- Chen, X., Guo, W., Xue, X., Wang, L. ve Qiao, X., 2014. Growth and quality responses of 'Green Oak Leaf' lettuce as affected by monochromic or mixed radiation provided by fluorescent lamp (FL) and light emitting diode (LED), *Scientia Horticulturae* Volume 172, 9 June 2014, 168–175.
- Chia, P.L. ve Kubota, C., 2010. End-of-day far-red light quality and dose requirements for tomato rootstock hypocotyl elongation. *HortScience* 45, 1501-1506.
- Croster, M.P., Witt, W.W. ve Spomer, L.A., 2003. Neutral density shading and far-red radiation influence black nightshade (*Solanum nigrum*) and eastern black nightshade (*Solanum ptycanthum*) growth. *Weed Science* 51, 208–213.
- Dayıoğlu, M.A. ve Silleli, H., (2012). Seralar İçin Yapay aydınlatma sistemi tasarımı : Günlük ışık integrali yöntemi. *Tarım Makinaları Bilim Dergisi Journal of Agricultural Machinery Science* 2012, 8 (2), 233-240.
- Decoteau, D.R., Kasperbauer, M.J., Daniels, D.D. ve Hunt, P.G., 1988. Plastic mulch color effects on reflected light and tomato plant-growth. *Sci.Hortic* 34, 169-175.
- Demirsoy, M., Balkaya, A. Ve Uzun, S., 2016. Farklı ışık kaynağı ve renk uygulamalarının patlıcan fidelerinin büyüme parametreleri üzerine etkileri. *Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi*. 3 (2), 238-247.
- Dougher, T.A. ve Bugbee, B., 2004. Differences in the response of wheat, soybean and lettuce to reduced blue radiation. *Photochem Photobiol.* 2001 Feb; 73 (2), 199-207.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O. ve Gürbüz, F., 1987. Araştırma ve deneme metodları. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayın No: 1021. Ankara.
- Eriş, A., 2007. Bahçe Bitkileri Fizyolojisi. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:11, Ders Kitabı: 152, Bursa.
- Fan, X., Xu, Z., Liu, X., Tang, C., Wang, L. ve Han, X., 2013. Effects of light intensity on the growth and leaf development of young tomato plants grown under a combination of red and blue light *Scientia Horticulturae*, Volume 153, 4 April 2013, 50-55.
- Fisher, J.B., Posluszny, U. ve Lee, D.W., 2002. Shade promotes thorn development in a tropical liana, *Artabotrys hexapetalus* (Annonaceae). *International Journal of Plant Sciences* 163, 295-300.
- Fisher, P. ve Runkle, E., 2004. *Light up Protips: Understanding Greenhouse Lighting*. Meister Media Worldwide, Willoughby, Ohio.
- Folta, K.M. ve Childers, K.S., 2008. Light as a growth regulator: controlling plant biology with narrow-bandwidth solid-state lighting sytems. *HorthScience* 129; 467-472.
- Genç, E., 1985 *Seracılık ve Sera Sebzeciliği*. Tarımsal Araştırmaları Destekleme ve Geliştirme Vakfı Yayınları:19, Yalova.
- Griffith, T.M. ve Sultan, S.E., 2005. Shade tolerance plasticity in response to neutral vs. green shade cues in *Polygonum* species of contrasting ecological breadth. *New Phytologist* 166, 141-148.
- Guerrero, M.G., Vega, L.M. ve Losada, M., 1981. The assimilatory nitrate reducing system and its regulation. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 32, 169-204.
- Gül, A., 1991. *Topraksız Kültür Yöntemiyle Yapılan Sera Domates Yetiştiriciliğine Uygun Agregat Seçimi Üzerine Araştırmalar*, (Doktora Tezi) (Yayınlanmamış), Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, İzmir.
- Gül, A., Tüzel, İ.H., Tüzel, Y ve Eltez, R., Z., 2003. Ülkemiz Seracılığına Uygun Topraksız Yetiştirme Sistemlerinin Geliştirilmesi Üzerinde Araştırmalar. *Türkiye IV Bahçe Bitkileri Kongresi*, 416-418.

- Gül A., Tüzel, İ.H., Tüzel, Y., İrget, M.E., Öztan, F. ve Tepecik, M., 2005. Topraksız Tarım Sistemi ile Biber Yetiştiriciliğine uygun Sulama ve Gübreleme Programının Geliştirilmesi. 2002 ZRF. 03 nolu proje.
- Gül, A., 2008. Topraksız Tarım. Hasad Yayıncılık Ltd. Şti. Bilnet Matbaacılık. 114s, İstanbul.
- Hernandez, R. ve Kubota, C., 2014. Growth and morphological response of cucumber seedlings to supplemental red and blue photon flux ratios under varied solar daily light integrals. *Scientia Horticulturae* 173, 92-99.
- Johansen, N.S., Eriksen, A.S. ve Mortensen, L., 2011. Light quality influences trap catches of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) and *Trialetrodes vaporariorum* (Westwood). *Integrated control in protected crops, temperate climate IOBC/wprs Bulletin* 68, 89-92.
- Johkan, M., Shoji, K., Goto, F., Hahida, S. ve Yoshihara, T., 2010. Blue light-emitting diode light irradiation of seedlings improves seedling quality and growth after transplanting in red leaf lettuce. *HortScience* 45, 1809-1814.
- Johkan, M., Shoji, K., Goto, F., Hahida, S. ve Yoshihara, T., 2012. Effect of green light wavelength and intensity on photomorphogenesis and photosynthesis in *Lactuca sativa* *Environmental and Experimental Botany*, Volume 75, January 2012, 128-133.
- Jones, Jr., J. B., 1983. *A Guide For The Hydroponic & Soilless Culture Grower*. ISBN, 0-917304-49-7. Timber Press. Oregon.
- Jones, J. B. Jr., B. Wolf and H. A. Milis, 1991. *Plant Analysis Handbook*. Micro Macro Publishing, Inc.
- Kacar, B., Katkat, A.V. ve Öztürk, Ş., 2010. *Bitki Fizyolojisi*, Nobel Yayın Dağıtım, 556s, Ankara.
- Kahraman, O., 1997. Bazı Topraksız Kültür Sistemlerinin Sera Kıvırcık yapraklı baş salata Yetiştiriciliğinde Kullanım Olanakları. (Yüksek Lisans Tezi), Ege Üniv. Fen Bilimleri Ens., İzmir.
- Kim, H.H., Goins, G.D., Wheeler, R.M. ve Sager, J.C., 2004. Green-light supplementation for enhanced lettuce growth under red- and blue-light-emitting diodes. *HortScience* 39, 1617-1622.
- Kim, S., Hahn, E., Heo, J. ve Paek, K., 2004, Effects of LEDs on net photosynthetic rate, growth and leaf stomata of chrysanthemum plantlets in vitro *Scientia Horticulturae*, Volume 101, Issues 1-2, 3 May 2004, 143-151.
- Kinoshita, T., Yamazaki, H., Inamoto, K. ve Yamazaki, H., 2016. Analysis of yield components and dry matter production in a simplified soilless tomato culture system by using controlled-release fertilizers during summer-winter greenhouse production. *Scientia Horticulturae* 202, 2016, 17-24.
- Köksal, N., İncesu, M. ve Teke, A., 2014. LED Aydınlatma Sisteminin Domates Bitkisinin Gelişimi Üzerine Etkileri. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi* 7 (1), 53-57.
- Lee, D.W., 1988. Simulating forest shade to study the developmental ecology of tropical plants: juvenile growth in three vines in India. *Journal of Tropical Ecology* 4, 281-292.
- Lee, D.W., Krishnapilay, B., Mansor, M., Mohamad, H. ve Yap, S.K., 1996. Irradiance and spectral quality affect Asian tropical rain forest tree seedling development. *Ecology* 77, 568-580.
- Lee, D.W., Oberbauer, S.F., Krishnapilay, B., Mansor, M., Mohamad, H., ve Yap, S.K., 1997. Effects of irradiance and spectral quality on seedling development of two Southeast Asian Hopea species. *Oecologia* 110, 1-9.

- Lee, D.W., Oberbauer, S.F., Johnson, P., Krishnapilay, B., Mansor, M., Mohamad, H. ve Yap, S.K., 2000. Effects of irradiance and spectral quality on leaf structure and function in seedlings of two Southeast Asian *Hopea* (*Dipterocarpaceae*) species. *American Journal of Botany* 87, 447-455.
- Li, Q. ve Kubota, C., 2009. Effects of supplemental light quality on growth and phytochemicals of baby leaf lettuce *Environmental and Experimental Botany*, Volume 67, Issue 1, November 2009, 59-64.
- Li, H., Xu, Z. ve Tang, C., 2013. The effects of different light qualities on rapeseed (*Brassica napus L.*) plantlet growth and morphogenesis in vitro *Scientia Horticulturae*, Volume 150, 4 February 2013, 117-124.
- Li, Z.Z. ve Gresshoff, P.M., 1990. Development and biochemical regulation of 'constitutive' nitrate reductase activity in leaves of nodulating soybean. *J. Exp. Bot.* 41,1231-1238.
- Lin, K., Huang, M., Huang, W., Hsu, M., Yang, Z. ve Yang C.,2013. The effects of red, blue, and white light-emitting diodes on the growth, development, and edible quality of Hydroponically grown lettuce (*Lactuca sativa L. var. Capitata*) *Scientia Horticulturae*, Volume 150, 4 February 2013, 86-91.
- Liu, M. , Xu, Z.,Guo, S., Tang, C., Liu, X. ve Jao, X., 2014. Evaluation of leaf morphology, structure and biochemical substance of balloon flower (*Platycodon grandiflorum (Jacq.) A. DC.*) plantlets in vitro under different light spectra *Scientia Horticulturae*, Volume 174, 22 July 2014, 112-118.
- Macedo, A.F., Leal-Costa, M.V., Tavares, E. S., Lage, C. L. S. ve Esquibel, M. A., 2011. The effect of light quality on leaf production and development of in vitro-cultured plants of *Alternanthera brasiliana* Kuntze *Environmental and Experimental Botany*, Volume 70, Issue 1, January 2011, 43-50.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd Print, Academic Press. London.
- McFate, K.L., 1989. Electrical Energy in Agriculture. Elsevier Science Publishers, Netherlands.
- Morrow, R.C., 2008. LED lighting in Horticulture. *HortScience*. 43, 1947-1950.
- Mpelkas, C. C., 1991. Horticultural Light Sources. *Sylvania Engineering Bulletin* 0-352. Sylvania Lighting, Danvers, MA.
- Nishio, J.N., 2000. Why are higher plants green? Evolution of the higher plant photosynthetic pigment complement. *Plant Cell Environ.* 23, 539-548.
- Ohasi-Kaneko, K., Takase, M., Kon, N., Fujiwara, K. ve Kurata, K., 2007. Effect of light quality on growth and vegetable quality in leaf lettuce, spinach and komatsuna. *Environ. Cont. Biol.* 45, 189-198.
- Okamoto, K., Yanagi, T., Takita, S., Tanaka, M., Higuchi T., Ushida, Y. ve Watanabe, H., 1996. Development of plant growth apparatus using blue and red LED as artificial light source, *Acta Hort.* 440, 111-116.
- Padem, H., Özdamar, H., 2002. Sebze büyüme ve gelişiminde fotoreseptörler. *Narenciye ve Seracılık Araştırma Enstitüsü Yayını. Derim* 9 (2), 1-8.
- Papadopoulos, A.P., 1994. Growing Greenhouse Seedless Cucumbers in Soil and Soilless Media. *Agriculture andA gri-Food Canada Pub. No. 1902/E,126.* Canada.
- Pearson, D., ve Churchill, A.A., 1970. *The Chemical Analysis of Foods.* Gloucester Place, London 104, 233.
- Pinho, P., Lukkala, R., Särkkä, L., Tetri, E., Tahvonen, R. ve Halonen, L., 2007. Evaluation of lettuce growth under multi-spectral-component supplemental solid state lighting in greenhouse environment. *International Review of Electrical Engineering* 2 (6), 854-860.

- Resh, H.M., 1991. *Hydroponic Food Production*. Woodbridge Pres Pub. Com. California.
- Runkle, E., 2010. The future of greenhouse lighting. *gpn* 66.
- Samuoliene, G., Urbonaviciute, A., Duchovskis, P., Bliznikas, Z., Vitta, P. ve Zukauskas, A., 2009. Decrease in nitrate concentration in leafy vegetables under a solid-state illuminator. *HortScience* 44, 1857-1860.
- Samuoliene, G., Sirtautas, R., Brazaityte, A., Virsile, A., ve Duchovskis, P., 2012. Supplementary red-LED lighting and the changes in phytochemical content of two baby leaf lettuce varieties during three seasons. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 10, 701-706.
- Sevgican, A., 1990. Neden Topraksız tarım I. Seracılık Sempozyumu Kitabı, 395-400, İzmir.
- Sevgican, A., 2000. Örtüaltı Sebzeçiliği (Topraksız Tarım) Cilt II. Ege Üniversitesi Basımevi, 130s, Bornova-İzmir.
- Sevgican, A., 2003. Örtüaltı Sebzeçiliği (Topraksız Tarım) Genişletilmiş 2. Basım. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:526. İzmir.
- Smith, K., 2013. *The Science of Photobiology: Springer Science and Business Media*.
- Snowden, M.C., 2015. Effects of Blue and Green Light on Plant Growth and Development at Low and High Photosynthetic Photon Flux. All Graduate Theses and Dissertations. 4613.
- Son, K.H., and Oh, M.M., 2013. Leaf shape, growth and antioxidant phenolic compounds of two lettuce cultivars grown under various combinations of blue and red light-emitting diodes. *HortScience* 48, 988-995.
- Stuefer, J.F. ve Huber, H., 1998. Differential effects of light quantity and spectral light quality on growth, morphology and development of two stoloniferous *Potentilla* species. *Oecologia* 117, 1-8.
- Stutte, G.W., 2009. Light-emitting diodes for manipulating the phytochrome apparatus. *HortSci.* 44, 231-234.
- Turan, M. Ve Horuz, A., 2012. Bitki Besleme. Bitki Beslemenin Temel İlkeleri. s156. Ankara.
- Ünal, A., 2009. Aydınlatma Tasarımı ve Proje Uygulamaları. Birsen Yayınevi, Umut Matbaası, 613 sayfa. İstanbul.
- Van Der Zande, M.T. and Blacquire, T., 1997. Alternative Sources for Photoperiodic Lighting of *Gypsophila*. *ActaHor.* No:418, 119-125.
- Varış, S., 1991. Topraksız kültür ve ülkemiz seralarının dünü, bugünü ve yarını, *Hasat Aylık Tarım Dergisi*; sayı:75.
- Wassink, E. C. ve Stolwijk, J. A. J., 1956. Effects of light quality on plant growth. 373-400.
- Weir, J. 1975. Artificial lighting for commercial horticulture. *Lighting Research and Technology.* 7 (4), 209- 225.
- Wojciechowska, R., Kolton, A., Dlugozs-Grochowska, O. ve Knop, E., 2016. Nitrate content in *Valerianella locusta* L. Plants is affected by supplemental LED lighting. *Scientia Horticulturae* 211 (2016) 179-186.
- Xu, H., Xu, Q., Li, F., Feng, Y., Qin, F. ve Fang, W., 2012. Applications of xerophytophysiology in plant production—LED blue light as a stimulus improved the tomato crop *Scientia Horticulturae*, Volume 148, 4 December 2012, 190-196.
- Yağcıoğlu, A. K., 1996. Tarımsal Elektrifikasyon. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 488, İzmir.

- Yağcıoğlu, A. K., Demir, V. ve Günhan, T., 2004. Seraya giren faydalı ışınım enerjisini hesaplamak için bir yöntem-I. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 41 (2), 143-154.
- Yağcıoğlu, A. K., 2005. Sera Mekanizasyonu. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 562, İzmir.
- Yağcıoğlu, A., 2009. Sera Mekanizasyonu. Ege Üniversitesi Basımevi, 562, 383 sf. Ege Üniversitesi Yayınları.
- Yanagi, T., Okamoto, K. ve Takita, S., 1996. Effects of blue, red and blue/red lights of two different PPF levels on growth and morphogenesis of lettuce plants. Acta Hort. ISHS. 440, 117-122.
- Yanagi, T. ve Okamoto, K., 1997. Utilization of super-bright light emitting diodes as an artificial light source for plant growth. Acta Hort. ISHS 418, 223-228.
- Yang, Z.C., Kubota, C., Chia, P.L. ve Kacira, M., 2012. Effect of end-of-day far-red light from a movable LED fixture on squash rootstock hypocotyl elongation. Scientia Horticulturae 136, 81-86.
- Yeah, N. ve Chung, J., 2009. High-brightness LEDs—Energy efficient lighting sources and their potential in indoor plant cultivation Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 13, Issue 8, October 2009, 2175-2180.
- Yıldız, Y., Karaca, C. ve Dağtekin, M., 2010. Hayvan Barınaklarında Çevre Denetimi. Hasat Yayıncılık Ltd. Şti., Bilnet Matbaacılık, 256 sayfa. İstanbul.
- Yorio, N.C., Goins, G.D., Kagle, H.R., Wheeler, R.M. ve Sager, J.C., 2001. Improving spinach, radish and lettuce growth under red light-emitting diodes (LEDs) with blue light supplementation, HortScience 36 (2), 380-383.
- Zhang, T., Shil, Y., Piaol, F. ve Sun, Z., 2018, Effects of Different LED Sources on the Growth and Nitrogen Metabolism of Lettuce, Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC) (2018) 134, 231-240 <https://doi.org/10.1007/s11240-018-1415-8>
- Zhang, X., He., D., Niu, G., Yan, Z. ve Song, J., 2018. Effects of environment lighting on the growth, photosynthesis, and quality of hydroponic lettuce in a plant factory. Int J. Agric. and Bio. Eng., 12 (2), 33-40.
- Zhu, X.G., Long, S.P. ve Ort, D.R., 2008. What is the maximum efficiency with which photosynthesis can convert solar energy into biomass?. Current Opinion in Biotechnology. 19 (2), 153-159.

## 7. EKLER



## **8. ÖZGEÇMİŞ**

Almus/TOKAT – 1983

Lisans – Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi

Yüksek Lisans – Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi

Yabancı Dil - İngilizce

