

**FARKLI DALGA BOYLU IŞIK KAYNAKLARININ DOMATES
TOHUMLARININ ÇİMLENME VE GELİŞİMİNE ETKİLERİNİN
BELİRLENMESİ**



MEHMET ALİ SARİKURT

OCAK 2025

DİYARBAKIR

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI DALGA BOYLU IŞIK KAYNAKLARININ DOMATES
TOHUMLARININ ÇİMLENME VE GELİŞİMİNE ETKİLERİNİN
BELİRLENMESİ**

MEHMET ALİ SARİKURT

DİCLE ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM-ÖĞRETİM VE SINAV
YÖNETMELİĞİNİN BİR PARÇASI OLARAK TARIM MAKİNELERİ VE
TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALINDA
YÜKSEK LİSANS TEZİ
OLARAK HAZIRLANMIŞTIR

OCAK 2025
DİYARBAKIR

**FARKLI DALGA BOYLU IŞIK KAYNAKLARININ DOMATES
TOHUMLARININ ÇİMLENME VE GELİŞİMİNE ETKİLERİNİN
BELİRLENMESİ**

Mehmet Ali SARİKURT tarafından Dicle Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin bir parçası olarak hazırlanan bu çalışma, aşağıda bilgileri yazılı jüri üyeleri tarafından değerlendirilerek **Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Neslihan DALKILIÇ
Müdür, Fen Bilimleri Enstitüsü

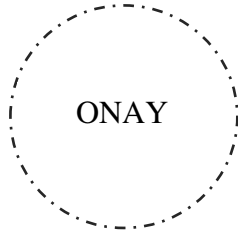
Prof. Dr. Abdullah SESSİZ
Danışman, **Tarım Makineleri ve Teknolojileri
Mühendisliği Bölümü, Dicle Üniversitesi**

Sınav Jürisi:

Prof. Dr. Abdullah SESSİZ (*,**)
Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü,
Dicle Üniversitesi

Prof. Dr. Ahmet Konuralp ELİÇİN
Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü,
Dicle Üniversitesi

Prof. Dr. Osman GÖKDOĞAN
Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü,
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi



Savunma Tarihi: 22/01/2025

(*) Jüri Başkanı.
(**) Tez Danışmanı.



Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tez çalışmasında yer alan tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu beyan ederim. Ayrıca, bahse konu bu kural ve ilkelerin gerektirdiği üzere, bu çalışmada özgün olmayan tüm bilimsel içerikleri kurallara uygun biçimde alıntılıyıp kaynak gösterdiğimi beyan ederim. Beyanımınla çelişen herhangi bir delil bulunduğu takdirde tüm sorumluluğu üstleneceğimi kabul ederim.

Ad, Soyadı: Mehmet Ali SARİKURT

İmza:

TEŞEKKÜR

Öncelikle bu tezin bütün aşamalarında bilgi ve tecrübesiyle bana yol gösterip desteğini bir an esirgemeyen değerli danışman hocam Prof. Dr. Abdullah SESSİZ'e gösterdikleri yakın ilgi, destek ve sabırlarından dolayı sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Bu araştırmanın gerçekleştirilmesinde tecrübelerini ve saha çalışmalarında bu tezin daha nitelikli bir hale gelmesi için yardımlarını esirgemeyen çok değerli hocalarım Prof. Dr. A. Konuralp ELİÇİN'e Doç. Dr. Reşat ESGİCİ'ye Dr. Öğr. Üyesi F. Göksel PEKİTKAN'a Dr. Öğr. Üyesi M. Murat TURGUT'a, Arş.Gör.Erhan AKALP'a teşekkürlerimi sunuyorum.

Bu tez çalışmasının yürütülmesi için Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne (DÜBAP), sağladıkları finansal destek (Proje No: Ziraat.23.005) için teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	iv
İÇİNDEKİLER	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLolar LİSTESİ.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	ix
ÖZET.....	x
ABSTRACT.....	xii
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	9
3. MALZEME VE YÖNTEM	14
3.1 Malzeme	14
3.1.1 Domates bitkisine ait tohumlar	14
3.1.2 Yetiştirme kabini ve yetiştirme koşulları	15
3.1.3 Isı yalıtım straforu	15
3.1.4 Bitki yetiştirme viyolleri	16
3.1.5 Bitki yetiştirme ışıkları (Yapay Led)	16
3.1.6 Otomatik zaman sayacı	17
3.1.7 Ultrasonik nem jeneratörü.....	17
3.1.8 Led ışık trafosu.....	18
3.1.9 Bitki toprağı	18
3.1.10 Isı ve nem ölçer.....	18
3.1.11 Bitki klorofil ölçer (SPAD).....	19
3.1.12 Sensörlü ışık ölçer lüksmetre	19

3.1.13 Taşınabilir renk ölçer(Spektrofotometre)	20
3.1.14 Terazi, kurutma dolabı, kumpas	20
3.2 Yöntem	21
3.2.1 Tohumların ekime hazırlanması	21
3.2.2 Tohumların büyüme ortamına alınması	21
3.2.3 Tohumların çıkışlarının izlenmesi	22
3.2.4 Tohumların boyut özellikleri ve ölçme yöntemi	23
3.2.5 Nem oranının belirlenmesi	23
3.2.6 Tohumların zamana bağlı olarak çimlenme ve büyüme ölçümleri	25
3.2.7 İstatistik analizi.....	25
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	26
4.1 Zaman Bağlı Olarak Bitki Boyu Gelişimine İlişkin Bulgular.....	26
4.2 Bitki Kök Gelişime Ait Bulgular	28
4.3 Yapraktaki Renk Ölçümlerine Ait Bulgular	29
4.4 Bitki Yaprak Klorofil Miktarına Ait Bulgular	30
4.5 Işık/Lüx Ölçümlerine İlişkin Bulgular	31
4.6 Domates Fidelerinin Kuru ve Yaş Ağırlıkları ve Nem Oranlarına İlişkin Bul- gular.....	33
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	
5.1 Sonuçlar	34
5.2 Öneriler	35
KAYNAKLAR	36
ÖZGEÇMİŞ	43

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1 Deneme materyali olarak kullanılan tohumlar.....	14
Şekil 3.2 Yetiştirme kabini.....	15
Şekil 3.3 Isı yalıtım straforu.....	15
Şekil 3.4 Tohum çimlendirme viyolleri.....	16
Şekil 3.5 Denemelerde kullanılan bitki ledleri.....	16
Şekil 3.6 Otomatik zaman sayacı	17
Şekil 3.7 Nem jeneratörü.....	17
Şekil 3.8 Led trafosu.....	18
Şekil 3.9 Bitki toprağı ...	18
Şekil 3.10 Isı ve nem ölçer	18
Şekil 3.11 SPAD- klorofil ölçer...	19
Şekil 3.12 Sensörlü ışık ölçer lüksmetre	19
Şekil 3.13 Renk ölçer	20
Şekil 3.14 Teraziler (a.b), kurutma dolabı (c) (etüv) vd.,jital kumpas (d).....	21
Şekil 3.15 Viyollere ekilen tohumlar... ..	21
Şekil 3.16 Bitki büyütme kabinine yerleştirilen viyoller.. ..	22
Şekil 3.17 Çıkış yapan tohumlar	22
Şekil 3.18 Ölçü aletleri.....	23
Şekil 3.19 Bitkilerin nem tayini için ağırlık ölçümü ve kurutma süreçleri.....	24
Şekil 3.20 Ölçü aletleri ile yapılan ölçümlere ait görüntüler	25
Şekil 4.1 Zaman, çeşit ve ışık rengine bağlı olarak bitki boyu gelişimi	28
Şekil 4.2 Çeşit, ışık ve zamana bağlı olarak SPAD değerlerindeki değişimi (3,4,5) (6.zaman)	31
Şekil 4.3 Işık ,Zaman ve büyümeye göre ,bitki üzerine düşen lüks değerlerindeki değişimi.(1,2,3,4,5,6.zaman).. ..	33

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 4.1 Zaman, tohum çeşidi ve farklı ışık rengine bağlı olarak bitki boyu gelişimine ilişkin varyans analizi sonuçları.....	26
Tablo 4.2 Zaman, çeşit ve ışık çeşidine bağlı olarak bitki boyu gelişimine ilişkin DUNCUN test sonuçları	27
Tablo 4.3 Çeşit ve ışık rengine bağlı olarak ortalama kök uzunluğu.....	28
Tablo 4.4 Bitki yaprağı renk değerleri.....	29
Tablo 4.5 SPAD (Klorofil) değerlerinin çeşit, renk ve zamana bağlı olarak duncan test sonuçları.....	30
Tablo 4.6 Bitki üzerine düşen ışık/lüks miktarı	32
Tablo 4.7 Domates fideleri ortalama yaş ve kuru madde oranları	33

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Simge	Açıklama
g	Gram
°C	Derece- Sıcaklık
rh	Nem
kW	Kilovatt
mm	Milimetre
lm	Lümen
<i>N</i>	Yaş Ağırlık Yüzdesi
<i>W1</i>	Yaş Ağırlık Örneği
<i>W2</i>	Kuru Ağırlık Örneği

Kısaltma	Açıklama
LED	Işık Yayan Diyot
YAS	Yapay Aydınlatma Sistemi
GII	Günlük Işık İndeksi
YAKO	Yapay Aydınlatmalı Kontrollü Ortamlar
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda Tarım Örg
PAR	Fotosentetik Aktif Radyasyon
DLI	Günlük Işık İntegrali

ÖZET

FARKLI DALGA BOYLU IŞIK KAYNAKLARININ DOMATES TOHUMLARININ ÇİMLENME VE GELİŞİMİNE ETKİLERİNİN BELİRLENMESİ

SARİKURT, Mehmet Ali

Yüksek Lisans, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü

Danışman: Prof. Dr. Abdullah SESSİZ

Ocak 2025, 57 sayfa

Bu çalışmada, temel amacımız domates tohumlarının çimlenme süresini kısaltıp çimlenme oranını ve gelişimini hızlı bir şekilde artırmaktır. Bu amaç doğrultusunda bir çimlendirme kabini tarafımızdan yapılarak farklı dalga boylu ışık kaynakları kullanarak domates tohumlarının çimlenme ve büyüme süreçleri incelenmiştir. Çalışmada yapay aydınlatmada geleneksel ışık kaynakları yerine farklı renklerdeki LED ışık kaynakları kullanılmıştır. İlave olarak, farklı ışık spektrumları altında, ışığın özelliklerine göre tohumların çimlenmeleri ve domates fidelerinin büyümeleri üzerine olan etkileri incelenmiştir. Ölçümlerde, zamana bağlı olarak farklı renk ve dalga boylarında bitki kök uzunluğu, toplam bitki boyu, gövde çapı, pazarlanabilir bitki ağırlığı, yaprak sayısı, klorofil miktarı ve renk (L, a, b) analizleri yapılmıştır. Tez çalışması kapsamında, bitkisel materyal olarak bölgede çeşitli yerleşim alanlarında halen yaygın olarak yetiştirilen, 3 yerel çeşit olan Karacadağ, Lice ve Ahlat domates çeşitlerinin tohumları kullanılmıştır. Denemeler için 150 cm yükseklik, 75 cm genişlik ve 31 cm derinliği olan boyutlarda, etrafı sert ısı yalıtım levhası ile kaplanarak, dört farklı bölmeden oluşan kabindeki rafların tavanına ışık (kırmızı, soğuk beyaz, mavi, sıcak beyaz(gün) renklerine sahip bir bitki yetiştirme kabini yapılmıştır. Tohumların büyümesi için gerekli koşulları sağlamak amacıyla 6 x 12 gözden oluşan tohum çimlendirme ve büyüme tepsileri (viyolaları) kullanılmıştır. Tohumlar yaklaşık 1-1,5 cm derinliğe ekilmiştir. Domates tohumlarının viyollara ekilmeden 2 gün öncesinden ıslatılmış ve ışıksız bir ortama bırakılmıştır. 2 gün sonra, viyollara doldurulan toprağın içerisine başlangıçta çimlenme sağlanmak için 3 adet tohum bırakılmıştır. Ekimden sonra büyüme ortamına alınan viyollara 4 gün boyunca ışık verilmemiştir. Işıksız ortamda 4 gün ıslak bir şekilde bekletilerek, çıkış yapmaları ve filizlenmeleri beklenmiştir. Tohumlar çıkış yaptıktan sonra ışıklı ortama geçilerek, otomatik zaman sayacı devreye alınmıştır. Bununla ışık alma ve karanlıkta kalma süreleri de izlenmiştir. Bitki, otomatik zaman sayacı ile 16 saat ışık ve 8 saat ise ışıksız, ortalama sıcaklık 25 °C ve ortalama nem 57 rh olacak şekilde kapalı olan büyüme ortamına bırakılmıştır. Tohumların ekimi yapıldıktan sonra 42 gün boyunca 7 gün arayla bitki büyüme özellikleri incelenmiştir. Denemeler tesadüfi parsel deneme desenine göre planlanmış ve varians analiz yöntemi (ANOVA) kullanılarak analiz edilmiştir. Karşılaştırmalar DUNCAN testi %5 ve % 1 önem derecesine göre yapılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre zaman, çeşit ve ışık çeşidinin bitki boyunun gelişimi üzerine olan etkisi

istatistiksel olarak çok önemli bulunmuştur ($p<0.001$). Ayrıca ölçüm zamanı, çeşit ve ışık kaynakları olarak kullanılan LED ışık renklerinin değerleri arasındaki fark da çok önemli bulunmuştur ($p<0.001$). Tüm çeşit ve LED ışık renklerinde zamana bağlı olarak fide boylarında önemli artış meydana gelmiştir. Tüm çeşitler için en düşük fide boyu kırmızı ışığın kullanıldığı yöntemde elde edilirken, en büyük boy gün ışığında elde edilmiştir. Örneğin Karacadağ domates çeşidinde son ölçüm (6. Ölçüm) tarihinde bitki boyu 8 cm olarak ölçülürken, gün ışığında bu değer aynı süre içerisinde yaklaşık 2 kattan fazla artış göstererek 17.50 cm olarak ölçülmüştür. Bu durum ışık renginin bitki boyunun gelişimine etkisinin çok önemli olduğunu göstermektedir. Tüm çeşitler için kök uzunluğu en düşük kırmızı LED ışıktaki elde edilirken en iyi gelişim ve uzunluk gün ışığında elde edilmiştir. Kök uzunluğu bakımından en iyi değerler Karacadağ ve Lice çeşitlerinde benzer değerler ölçülmüştür. Tüm çeşitler zaman geçtikçe spad ölçüm miktarlarında bir düşüş meydana gelmiştir. Aralarındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0.001$).

Anahtar Kelimeler: Çimlendirme Odaları, Fide Yetiştiriciliği, Soğutma Odaları, Seracılık, Led ışık kaynakları, Yapay aydınlatma

ABSTRACT

DETERMINATION OF THE EFFECTS OF DIFFERENT WAVELENGTH LIGHT SOURCES ON GERMINATION AND GROWING OF TOMATO SEEDS

SARİKURT, Mehmet Ali

Master of Science Thesis in Department of Plant Protection

Supervisor: Prof. Dr. Abdullah SESSİZ

January 2025, 57 pages

In this study, our main goal is to shorten the germination period of tomato seeds and to increase the germination rate and development rapidly. For this purpose, a germination cabinet was made by us and the germination and growth processes of tomato seeds were examined using different wavelength light sources. In the study, LED light sources with different colors were used instead of traditional light sources in artificial lighting. In addition, under different light spectrums, the effects on seed germination and the quality of tomato seedlings were examined according to the characteristics of the light. In the measurements, plant root length, total plant height, stem diameter, root collar diameter, number of leaves, marketable plant weight, root weight, number of leaves, crown width, chlorophyll amount and color (L, a, b) analyses were made in different colors and wavelengths depending on time. Within the scope of the thesis study, seeds of 3 local varieties, Karacadağ, Lice and Ahlat tomato varieties, which are still widely grown in various settlements in the region, were used as plant material. For the experiments, a plant growth cabin with light colors (red, cold white, blue, warm white (day)) was built on the ceiling of the shelves in the cabin consisting of four different compartments, with a height of 150 cm, a width of 75 cm and a depth of 31 cm, covered with a rigid heat insulation board. Seed germination and growth trays (violas) consisting of 6 x 12 cells were used to provide the necessary conditions for the growth of the seeds. The seeds were planted at a depth of approximately 1-1.5 cm. The tomato seeds were soaked 2 days before planting in the vials and left in a dark environment. After 2 days, 3 seeds were deposited into the soil filled in the vials to ensure initial germination. After planting, the vials placed in the growth environment were not exposed to light for 4 days. They were kept wet in a dark environment for 4 days and waited for emergence and sprouting. After the seeds emerged, they were moved to a light environment and an automatic timer was activated. With this, the durations of exposure to light and staying in the dark were also monitored. The plant was left in a closed growth environment with an automatic timer for 16 hours of light and 8 hours without light, average temperature 25 °C and average humidity 57 rh. After the seeds were planted, plant growth characteristics were examined at 7-day intervals for 42 days. In the measurements, plant root length, total plant height, stem diameter, root collar diameter, number of leaves, marketable plant weight, root weight, number of leaves, crown width, chlorophyll amount, color (L, a, b) analyses were performed in different colors and wavelengths depending on time. The experiments were planned according to the randomized plot design and analyzed using the variance analysis method (ANOVA). Comparisons were made according to the DUNCAN test 5% and 1% significance

level. According to the research results, the effect of time, variety and light type on the growing of plant length was found to be statistically very significant ($p<0.001$). In addition, the difference between the values of measurement time, variety and LED light colors used as light sources was found to be very significant ($p<0.001$). There was a significant increase in seedling lengths over time in all varieties and LED light colors. While the lowest seedling length for all varieties was obtained in the method using red light, the largest length was obtained in daylight. For example, while the plant height was measured as 8 cm in the Karacadağ tomato variety on the last measurement (6th Measurement), this value increased by more than 2 times in the same period and was measured as 17.50 cm in daylight. This situation shows that the effect of light color on the development of plant height is very important. While the lowest root length was obtained in red LED light for all varieties, the best development and length was obtained in daylight. The best values in terms of root length were measured in Karcadağ and Lice varieties, similar values. A decrease in SPAD values occurred in all varieties over time. The difference between them was found to be significant ($p<0.001$).

Keywords: Germination Rooms, Seedling Growing, Cooling Rooms, Greenhouse, LED light sources, Artificial lighting.

1. GİRİŞ

Günümüzde toplumları tehdit eden sorunların başında gittikçe azalan tarım topraklarına karşın giderek artan nüfus, toprak ve su kaynaklarındaki azalmanın neden olduğu gıda kıtlığı, çevresel ısınma, iklim değişikliği ve yağışların düzensizliği gibi etkenler gelmektedir. FAO 2022 yılı verilerine göre 2050 yılına kadar dünya nüfusunun 9,5 milyar kişiye ulaşacağı öngörülmektedir. Artan bu nüfusa yeterli, kaliteli ve güvenilir bir gıdanın temin edilebilmesi, insanlığın geleceği adına kritik bir öneme sahiptir. Buna karşın dünya genelinde insan tüketimi için üretilen gıdanın üçte birini oluşturan yaklaşık 1,3 milyar ton her yıl israf edilmektedir. Özellikle çeşitli nedenlerden dolayı sebze ve meyvelerin israf oranı taneli ürünlere göre daha yüksektir. Gelişmekte olan ülkelerde bu kaybın % 40'ı hasat sonrası ve işleme aşamalarında meydana gelirken, sanayileşmiş ülkelerde % 40'tan fazlası perakende ve tüketici aşamalarında israf edilmektedir (Monteleone vd., 2019; Zheng vd., 2023). Gıda kaybı ve israfından dolayı daha fazla üretilmesi gereken gıda temini için yapılan tarımsal faaliyetler için de; su, toprak, enerji, emek ve sermaye dahil olmak üzere çeşitli kaynakların önemli ölçüde israf edilmesinin yanı sıra sera gazı emisyonlarının artışına katkıda bulunarak küresel ısınmayı ve iklim değişikliğini daha da kötüleştirmektedir. Bu nedenle, özellikle yüksek su içeriğine sahip taze sebzeler için yerel tüketim için yerelde üretimi teşvik etmek hayati önem taşımaktadır. Bu yaklaşım, sebze kaybını azaltmaya ve değerli kaynakları korumaya yardımcı olmaktadır. Gıda ve diğer çeşitli amaçlar için bitki yetiştirilmesi, kentsel alanlarda kaynak tüketimini ve israfı azaltmak için önemli bir fırsat sunmaktadır (Latino vd., 2023).

Dolayısıyla, küresel boyuta toplumları tehdit eden bu sorunları azaltmak için mevcut klasik bitki üretim sistemlerine kıyasla kaynak tüketimini ve çevresel zararı en aza indiren, gıda verimini ve kalitesini önemli ölçüde arttıran yenilikçi kavramlara dayalı disiplinler arası metodolojiler geliştirmek çok önemlidir (Lee vd., 2014; Fan vd., 2023; Zheng vd., 2023). Bu hedefe ulaştıracak üretim sistemlerinden biri yapay aydınlatmalı bitki üretimidir (Kato vd., 2010; Mitchell vd., 2020). Yapay aydınlatmalı kontrollü ortamlar (YAKO), bitki fabrikaları ve büyüme odaları gibi, yapay olarak kontrol edilen koşullar altında bitki yetiştirmek için hava geçirmez tesislerdir (Kozai vd., 2015; Saito vd., 2010; Zhang vd., 2018). Bu tesisler ticari yapraklı sebze ve meyve üretimi, bitki bilimi

araştırması ve yüksek kaliteli fideler üretmek için giderek daha fazla kullanılmaktadır (Chintakovid vd., 2002; Fujiwara vd., 2004; Goto, 2012; Kozai, 2013a; Nicole vd., 2016). YAKO 'larda bitki üretiminin potansiyel faydaları, düzgün ve öngörülebilir büyüme ve gelişme, üretim alanı birimi başına yüksek ürün değeri ve kısa üretim süresidir (Dreesen ve Langhans, 1991, 1992). YAKO, sera veya açık alandakine kıyasla taze sebze üretimi için birçok başka avantaja sahiptir. Öncelikle, bitki büyüme ortamı hassas bir şekilde kontrol edilebilmektedir. Böylece, çevre koşulları optimize edilerek bitki büyüme hızı iyileştirilebilmektedir. Sonuç olarak, yüksek kaliteli bitkilerin elde edilmesini sağlayabilmektedir. İkincisi, dış ve iç ortam arasındaki düşük hava değişimi, patojen ve zararlı istilasını önleyebilmektedir. Böylece, üretilen bitkiler zararlılardan arındırılmış olur. Ek olarak, bir YAKO 'da çevre koşullarının optimum kontrolü, özellikle ışık kullanım verimliliği olmak üzere, üretimde kullanılan kaynakların en yüksek verimliliğini elde etmek için oldukça önemlidir. Yapay aydınlatmalı sistemi (YAS), kaynak kullanım verimliliğini en üst düzeyde tutmak, birim alan başına yıllık verim artışı sağlamak ve pestisitlerin kullanımına ihtiyaç duyulmadan yüksek kaliteli bitki üretimi gibi çeşitli faydalar sunmaktadır (Yang vd.,2018; Zheng vd., 2021). Yetiştirme ortamını (iç sıcaklık, gün uzunluğu ve sulama) kontrol edebilen bu fide üretim sisteminde, istikrar sağlama yeteneği nedeniyle genellikle sebze fideleri yetiştirmek için kullanılmaktadır (Chun ve Kozai, 2001; Ohshima vd., 2003). Bu yüzden kapalı ortam fide üretim sistemlerinde çeşitli yapay ışık kaynakları kullanılarak üretim yapılmaktadır. Son zamanlarda yapay aydınlatma amaçlı kullanılan kaynaklar arasında en verimli olmaları nedeniyle LED'ler yapay ışık kaynağı olarak, floresan lambaların yerini almıştır. LED'ler az enerji tüketiminin yanı sıra kompakt bir yapıya ve uzun bir ömre sahiptirler (Zheng vd., 2023). Ancak, LED'ler dışında da farklı ışık kaynaklarının bitkiler üzerinde çeşitli etkileri olduğu bildirilmiştir (Ohashi-Kaneko 2007; Jishi vd., 2016; Hernández 2016; Min Nama vd., 2017; Masuda vd., 2021; Moosavi-Nezhad vd., 2021; Miyama, 2022). LED'lerde ışığın yoğunluğu, rengi ve kalitesi; bitkilerin büyümesi, gelişimi, morfolojik ve diğer fizyolojik tepkileri için önemlidir (Fukuda vd., 2008; Li ve Kubota, 2009). Işık, fotosentez süreci ve bitki büyümesi ve gelişimi ile ilgili birçok diğer fizyolojik süreç için gerekli olan birincil enerji kaynağıdır (Bayat vd., 2018; Bian vd., 2015). Bitki, fotosentetik olarak aktif radyasyon (PAR) olarak tanımlanan 400-700 nm dalga boyu aralığındaki ışığı emer.

YAKO 'larda bitki yetiştiriciliği için yüksek basınçlı sodyum lambaları, metal lambalar, floresan lambalar ve ışık yayan diyotlar (LED'ler) gibi çeşitli ışık kaynağı türleri vardır. Metal ve floresan lambalar artan fotosentetik akı seviyelerine neden olsalar da, enerji açısından verimli değildirler ve spektral manipülasyon seçenekleri sunmazlar (Bantis vd., 2018). Floresan lambalar bitki fabrikalarında yaygın olarak kullanılır (Saito vd., 2010; Zhang vd., 2018). Ancak, floresan ışığının spektrumu geniştir ve bazı kısımları fotosentez süreci için gerekli değildir. Son zamanlarda, LED'ler popüler yeni bir ışık kaynağı olarak ortaya çıkmaktadır. LED'ler iyi performans, enerji tasarrufu yeteneğine, çeşitli dalga boylarına ve düşük termal radyasyon emisyonuna sahiptir (Bian vd., 2015; Bourget, 2008; Gupta ve Jatothu, 2013; Johkan vd., 2010; Kim vd., 2004; Morrow, 2008; Saito vd., 2010; Singh vd., 2015; Tian vd., 2014; Zhang vd., 2018). Mevcut LED'ler, her bitki türünün gereksinimlerine göre kolayca kontrol edilebilen birçok ışık kalitesi mevcuttur. Ayrıca, ışığın yoğunluğu ve kalitesi LED'lerle kolayca kontrol edilebilmektedir (Lin vd., 2013). Farklı dalga boylarına sahip birkaç LED'i birleştirmek, birçok ışık kalitesi türünün üretilmesini de sağlar (Gupta ve Jatothu, 2013; Singh vd., 2015; Tian vd., 2014). Işık, fotosentez süreci ve bitki büyümesi ve gelişimi ile ilgili birçok fizyolojik süreç için gerekli olan birincil enerji kaynağıdır (Bayat vd., 2018; Bian vd., 2015). Bitki yapraklarının mavi veya kırmızı ışığı emme yüzdesi yaklaşık %90'dır (Terashima vd., 2009). Bu yüzden ışık yoğunluğu bitki büyümesi, bitki verimliliğinde ve ışık kullanım etkinliğinde önemli bir faktördür (Ahmed vd., 2020).

Işık kalitesi veya spektral dağılım, ışığın kırmızı, mavi, yeşil veya diğer görünür veya görünmez dalga boylarına sahip kısmını ifade eder. Bitkiler, UV (280-400 nm) ile uzak kırmızı (700-800 nm) bölgeleri arasında geniş bir aralıktaki ışık spektrumunu algılama ve buna tepki verme yeteneğine sahiptir. Bitkilerdeki pigment sistemleri tarafından iki ana ışık kalitesi tespit edilir. Bunlar fitokrom ve mavi emici pigmentlerdir. Fitokrom, kırmızı ışığa ve uzak kırmızı ışığa en duyarlıyken, mavi emici pigmentler mavi ve UV-A ışık dalga boylarından etkilenmektedir (Moe ve Heins, 2000). Bu nedenle, bitki gereksinimlerine göre uygun ışık kalitesini seçmek, bitki büyümesinin düzenlenmesi ve yönlendirilmesi açısından çok önemlidir (Singh vd., 2015). Mevcut LED'ler, her bitki türünün gereksinimlerine göre kolayca kontrol edilebilen birçok ışık kalitesinde

mevcuttur. Farklı ışık kalitesine sahip LED'ler, bitkinin büyüme özelliklerini, besin kalitesini ve toplam biyokütle birikimini değişken şekilde etkiler (Bantis vd., 2018; Nicole vd., 2016).

Kırmızı ve mavi ışığın birleşimi günümüzde daha fazla araştırmada ve ayrıca ticari bahçecilikte kullanılmaktadır. Kırmızı ve mavi ışıklar, marul da dahil olmak üzere birçok yapraklı ürünün büyümesi ve gelişmesi için en etkili kombinasyondur (Kim vd., 2004; Lin vd., 2013; Piovene vd., 2015; Ahmed vd., 2020). Çünkü bunlar kısa ve uzun vadede (Hogewoning vd., 2010) yaprak seviyesinde en etkili fotosentetik dalga bantlarıdır. Kırmızı ve mavi ışığın birleşimi, bitki gelişimi için etkili bir aydınlatma kaynağıdır ve bitki sağlığını desteklemektedir (Nhut vd, 2003). Bu iki ışık dalga bandından (kırmızı veya mavi) birinin olmaması fotosentetik verimsizliklere neden olmaktadır (Hogewoning vd., 2010). Kırmızı ve mavinin 1:1 oranındaki kombinasyonu, Lilyum, Krizantem ve domates gibi birçok bitki türünde taze ağırlığı ve kuru ağırlığı artırabilmektedir (Lian vd, 2002; Kim vd., 2004). Mavi/Kırmızı = 1:1 LED ışığı altında kültüre alındığında, bitkiler daha yüksek özgül yaprak alanına ulaşabilmektedir (Heo ve Lee, 2006; Li vd., 2010). Bu da ışık emilimini artırabilmektedir. Ayrıca mavi/kırmızı oranı 1:1 olduğunda bitki yapraklarının fotosentezin artmasına neden olmaktadır (Kim vd, 2004). LED'ler, bitki fotobiyolojisi araştırmaları için geleneksel aydınlatma ile karşılaştırıldığında umut vadeden bir aydınlatma teknolojisini temsil etmektedir (Massa vd., 2008; Morrow, 2008). Hem tek renkli hem de geniş spektrumlu (beyaz) LED'ler, çoklu aydınlatma uygulamaları için LED'lerin kitlesel olarak benimsenmesi devam ettikçe daha yaygın hale gelmiştir. Uzun ömür (30.000–50.000 saat), kontrol edilebilir ışık demeti ve yoğunluğu ve çoklu spektral emisyon seçenekleri olması gibi avantajlara sahiptirler (Massa vd., 2006; Morrow, 2008; Yeh ve Chung, 2009).

Işık, bitki büyümesi için önemli bir çevresel faktördür ve fotosentez ve diğer birçok fizyolojik süreç için gereken enerjinin ana kaynağı olarak kabul edilir (Bayat vd., 2018; Bian vd., 2015). Hava hızı, bitki büyümesi için birincil bir çevresel faktördür ve yalnızca iç koşulları kontrol etmek için gerekli değildir, aynı zamanda bitki yaprakları ile çevredeki hava arasındaki ısı alışverişi için bir mekanizma sağlamaktadır.

Anlaşılabileceği gibi bitki yetiştiriciliği farklı ortamlarda yapılabilmektedir. Tarımın ana amacı olan birim alandan olabildiğince az masrafla, zamanında ve karlı bir üretim gerçekleştirme hedefine büyük alanlarda yapılan tarla tarımı, bahçe tarımı ve sebze tarımı verimli topraklarda kaliteli tohumlar kullanılarak ulaşılabilmektedir. Diğer bir deyişle, topraktan istenilen ürün verimini ve karlı bir üretimi sağlamanın yolu hızlı çimlenen, iyi çıkış sağlayan ve iyi gelişim gösteren kaliteli tohum kullanmaktan geçer. Çoğu zaman özellikle küçük boyutlu sebze tohumlarının çimlenmesi zordur. Yetersiz çıkış sağlamaktadır. Sonuçta sebze fidelerin tarlaya dikimini ve dolayısıyla ürünün pazara sunulmasını geciktirmektedir. Bu da ürünü erken pazara sunma açısından küçük üreticilerin rekabet gücünü azaltmaktadır. İlk hasat edilen ürünlerin her zaman ekonomik olarak getirisi daha fazladır. Üretimde amaç erkencilik sağlayarak ürünün daha iyi fiyatla erken pazara sunulmasını sağlamaktır. Bu hem iç pazar hem de dış pazar için ürüne katma değer sağlamaktadır. Üretici için ilk ürünü piyasaya sunması ekonomik açıdan kar getirecek, tüketiciye de ürünün hızlı ulaşımı sağlanmış olacaktır. Klasik yöntemde domates gibi küçük tohumların çimlendirilmesi zor ve uzun bir süreç gerekmektedir. İklim koşulları, çevresel faktörler, yetiştiricilik gibi faktörlerin etkisindedirler.

Günümüzde hızlı bir çimlenme ve istenilen büyüme ortamları için çimlendirme odaları kullanılmaktadır. Yapay aydınlatma sistemin benimsenmesi ve yaygınlaşmasıyla katma değer etkisi de buna paralel olarak artacaktır. Aksi takdirde gıda israfı sorunu devam edecektir. Bu sorunun üstesinden gelebilmenin temel yolu, tohumlarda hızlı ve tam çimlenme sağlayacak ortamların oluşturulmasıdır. Yani, bitki isteklerine uygun ısı, ışık ve nem gibi etkenlerin yaratılması gerekmektedir. Çimlendirme odalarıyla tüm değişkenlerin kontrolü sağlanabilmekte ve doğal çimlendirmeye göre ani değişimlerden etkilenme oranı en aza ineabilmektedir. Kontrolü koşullarda yapılan bu üretim biçimi hem zamandan hem de alandan tasarruf sağlamanın yanı sıra ürün için erkencilik sağlamaktadır. Kullanılan kabin ve çimlendirme odaları sayesinde mevsim ne olursa olsun, dilediğimiz ürünü yetiştirmeye olanağını sağlamaktadır.

Bitkilerin tohumdan başlayan tüm yaşam döngüleri boyunca ışıklandırma ayarlanarak, birçok gelişme süreci denetim altına alınabilmektedir. Bu çimlendirme sürecinde ışığın farklı dalga boylarının etkisi, büyüme döngüsündeki bitki türlerine ve farklı boyutlarda

farklı ışık algısı için, bitkilerin ihtiyaçlarını en iyi şekilde karşılayacak ışık spektrumu tanımlamak önemlidir. Bu kapsamda bitkisel üretimde yapay ışıkların kullanımı önemli avantajlar sağladığı yapılan çeşitli çalışmalar sonucunda görülmüştür. Tohumların çıkışını ve gelişimini etkileyen bu faktörleri en az indirmenin temel yolu kontrollü koşullarda tohumdan fide üretmektir. Kontrollü koşullarda fide üretmenin ana yöntemlerden birisi farklı dalga boylu led ışık kaynaklarını kullanarak tohumların erken çimlenmesini sağlamak ve çevresel etkileri azaltarak daha erken zamanda üretimin yapılmasını ve ürünün pazara sunulmasını sağlamaktır. Bu da üreticinin daha az maliyetle erkencilik sağlayarak daha fazla para kazanmasını sağlayacaktır. Diğer yandan, fide üreticilerinin çoğalmasını ve yeni bir sektörün gelişmesine katkı sağlayacaktır.

Optimum Kalite Endeksini elde etmek için domates fidelerinin büyük bir ışık yoğunluğuna ihtiyacı vardır. Domates fideleri yetiştirildiğinde, yapay ışık kaynağının ışık yoğunluğu, ışık kalite oranı ve foto periyodu gerçek zamanlı olarak kontrol edilemez ve domates fideleri yalnızca önceden ayarlanmış sabit ışık yoğunluğu, sabit ışık kalite oranı ve sabit foto periyotla desteklenebilmektedir (Zheng vd., 2023). Bu kapsamda bitkiler için akkor telli lambalar, metal halojen (MH) lambalar, floresan lambalar ve LED (ışık yayan diyot) gibi farklı yapay ışık kaynakları kullanılabilir. Işık yayan diyotlar (LED'ler), kontrollü ortam tarımında (KOT) yaygın elektrikli aydınlatma sistemleri haline gelmiştir. Mevcut çeşitli yapay ışık kaynakları arasında, ışık yayan diyotlar (LED'ler) pratik bitki fabrikası üretiminde birinci tercih olarak ortaya çıkmıştır. LED'ler son derece verimlidir, daha az enerji tüketir, kompakt bir boyuta sahiptir ve uzun bir ömre sahiptir. Yüksek bir enerji dönüşüm verimliliğine (> %50) sahip olmasından dolayı ve yoğunluk ve spektral emisyon üzerinde daha iyi kontrol sağlamaktadır (Yeh vd., 2009; Wu vd., 2019).

Bu teknik özellikler nedeniyle, LED'ler artık bitki foto biyolojisi araştırmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Massa vd., 2006; Massa vd., 2008), yine Masa ve ark. (2006), Yeh ve Chung (2009) tarafından aydınlatmanın Dünya'da ve uzayda bitki gelişimi, enerji dönüşümünü ve besin tedarikini optimize etmek için yeni perspektiflere yol açtığı ve LED'lerin iç mekan tarımsal üretimi için etkili bir ışık kaynağı olarak önemi vurgulanmıştır. Dar spektrumlu LED'ler, geleneksel aydınlatma kaynaklarıyla elde edilemeyecek bir şekilde bitki morfolojisi ve fizyolojisini manipüle etmek için

kullanılabileceği (Ahmed vd., 2020; Arcel vd., 2021), örneğin, birleştirilmiş mavi ve kırmızı LED aydınlatması, gövde uzamasını ve çiçeklenmeyi kontrol etmenin (Nanya vd., 2012) yanı sıra fide kalitesini ve büyümesini iyileştirebileceğini (Johkan vd., 2010) ve bitkileri hastalıklardan koruyabilmektedir. Artan enerji maliyeti, LED'lerin ticari ürün kültüründe kullanımını da kaçınılmaz hale getiriyor. Kırmızı LED ışığının fotosentezi güçlendirmek için kırmızı dalga boylarının (600 ila 700 nm) bitki pigmentleri tarafından verimli bir şekilde emildiğini göstermesi ve erken dönem LED'ler, klorofilin emilim zirvesine yakın olan 660 nm'de en verimli şekilde yayılması gibi iki temel nedenden dolayı yaygın olarak kabul görmüştür. Mavi ışık ise , fototropizm, stoma açılması ve fidelerin büyüme ortamından çıkışında fide büyümesini engellemek için önemlidir (Massa vd., 2008; Yeh ve Chung ., 2009).

Domates bitkisinin büyük ölçekli üretimi, büyüyen talebi karşılamak için çoğunlukla kontrollü koşullar altında gerçekleşmektedir. Kontrollü ortamlarda, ek aydınlatma genellikle sonbahar ve ilkbahar arasında fide büyümesini teşvik etmek için kullanılır ve yıl boyunca tutarlı yüksek verim ve kalite sağlanır. Sonuç olarak, ışığın kontrollü ortamlarda genç domates bitkilerinin büyümesini etkileyen en etkili unsur olması nedeniyle, daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir. Artan nüfus ile birlikte, insanların beslenme ve besine ulaşması gittikçe zorlaşmaktadır. Bu nedenle sağlıklı ve güvenilir ortamlarda üretilen ürünlerin, kısa zamanda hasada ulaştırılıp tüketiciye ulaştırılması, hem üretici hem de tüketici açısından önemlidir.

Domates (*Lycopersicon esculentum* Mill qianxi) Diyarbakır'da yaygın üretimi yapılan bir üründür. Fideler genellikle yerel üreticiler tarafından çoğunlukla artan üretim talebini karşılamak için büyük ölçekte kontrollü koşullar altında fideliklerde üretilir. Bu da üretimin geç yapılmasına neden olmaktadır. Diyarbakır ve yöresinde yaygın olarak Lice, Ahlat ve Karacadağ domates çeşitleri olarak adlandırılan domateslerin fidelerini kullanarak domates yetiştirildiği yapılmaktadır. Halen bölgede üretim yapan çiftçilerimiz ya daha büyük emek ve zaman harcayarak düşük çıkışlı fide üretimi yapmakta ya da bölge dışından daha yüksek maliyetlere fide getirmektedir. Bu projenin başarıya ulaşması durumunda her iki temin etme yöntemi de ortadan kaldıracığından üreticilere daha ekonomik ve kolay fide temin etme bakımından önemli katkılar sunulmuş

olacaktır. Bu çalışmada ayrıca, çok farklı renk ve dalga boyu kullanılarak bilimsel olarak hangi farklı dalga boylu rengin daha hızlı büyüme sağlayıp sağlamadığını tespit edilmiş olacaktır. Bu da üreticilerin bu yöntemi kullandığında hangi parametreleri kullanacağını bilmiş olacaktır. Bu da pratikte üretici için büyük ölçüde zaman kazandıracaktır.

Işık, bitkinin yaşamında çok önemli bir faktördür. Bitkiler, büyümelerinin farklı yönlerini gerçekleştirmek için görünür ışıktaki bulunan farklı renkleri kullanır. Bitki gelişimi, bir bitkinin yüzeyine ulaşan renkler veya dalga boyları anlamına gelen ışık kalitesinden büyük ölçüde etkilenir. Teknolojinin ilerlemesi nedeniyle, aydınlatma sistemleri ticari sera üretimlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu çalışmada, temel amacımız domates tohumlarının çimlenme süresini kısaltıp çimlenme oranını ve gelişimini hızlı bir şekilde artırmaktır. Bu amaç doğrultusunda bir çimlendirme kabini tarafımızdan yapılarak farklı dalga boylu ışık kaynakları kullanarak domates tohumlarının çimlenme ve büyüme süreçleri incelenmiştir. Çalışmada yapay aydınlatmada geleneksel ışık kaynakları yerine farklı renklerdeki LED ışık kaynakları kullanılmıştır. İlave olarak, farklı ışık spektrumları altında, ışığın özelliklerine göre tohumların çimlenmeleri ve domates fidelerinin kaliteleri üzerine olan etkileri incelenmiştir. Ölçümlerde, zamana bağlı olarak farklı renk ışık kaynakları ve dalga boylarında bitki kök uzunluğu, toplam bitki boyu, gövde çapı, kök boğazı çapı, yaprak sayısı, pazarlanabilir bitki ağırlığı, yaprak sayısı, klorofil miktarı ve renk (L, a, b) analizleri yapılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Literatür taramalarında farklı dalga boyları altında yetiştirilen bitkilerdeki fide kalitesinin belirlenmesine yönelik yapılan çalışmaların son yıllarda hız kazandığı görülmektedir. Ülkede olduğu gibi bizim ülkemizde de fidan yetiştirme işlemini, bitki çimlendirme soğuk odası kullanarak ele almaya başlamıştır. Ülkemizde çeşitli illerimizde bitki büyümede ışığın etkisi ile ilgili çalışmalar yapılmış, ancak ilimizde buna benzer bir çalışma bulunmamaktadır.

Gomez ve Mitchell (2015), bitki büyüme odalarında farklı dalga boylu ışık spektrumları, altında tohumun daha verimli ve kaliteli bir şekilde filizlenmesi için kullanıldığını ve yapay aydınlatmadaki yeni eğilimlerin, fideleri en iyi şekilde yetiştirmek amacı ile özel ışık spektrumlarını kullanarak büyümeyi düzenleyen bitki fotoreseptörlerini uyaran led lamba ışıklarının kullanımı olduğunu bildirmişlerdir. Çimlendirme kabinleri temel olarak bitkinin ihtiyaç duyduğu ideal iklim koşullarını yaratmasının yanı sıra farklı dalga boylarındaki led ışıklara maruz bırakılan tohumların filizlenmesini sağlayacak iklim koşullarını oluşturduğunu ve Dünya genelinde ışığın bir çok çalışmanın yanında özellikle domates bitkisi üzerinde de çeşitli çalışmalar bulunduğunu ifade etmişlerdir.

Kato vd., (2009), Yang vd., (2009), farklı renkteki led lambalarının karışımı kullanılarak yetiştirilen bitkilerin, tek renk spektrumu altında yetiştirilenlere göre istenilen nitelikte büyüme sağlanamayabilir. Bazen mavi ışığın bitkinin gelişimi etkileyebilir. Bu tür durumları engellemek için her zaman yarı renklerin kullanılması daha sağlıklı olmaktadır. Led lambalarda yapılan dalga boyu araştırması, kırmızı ve mavi ışık odaklıdır ve özellikle kırmızı-mavi ışık üzerine yapılan çalışmalar arasında farklılık bulunmuştur (Yang vd., 2009). Yeşil ışığın %43-87'sinin bitki tarafından emilebileceğini ve fotosentez için verimli bir şekilde kullanılabileceğini gösterirken (Nishio.,2000; Terashima vd., 2009), yaprakların mavi veya kırmızı ışığı emme yüzdesinin yaklaşık %90 gibi yüksek olması nedeniyle, mavi ve kırmızı ışık bitki gelişimi ve fizyolojisi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu kırmızı ve mavi ışığın kombinasyonun, hem kısa vadede (Han vd., 2017) hem de uzun vadede (Wu vd., 2021) yaprak seviyesinde yüksek fotosentetik verimlilikleri nedeniyle hem araştırma hem de ticari ortikültürde giderek daha fazla kullanıldığı ifade

edilmiştir. Kırmızı veya mavi ışık dalga boylarının yokluğu (Zhen ve Iersel., 2017) fotosentetik verimsizliklere yol açmaktadır. Kırmızı ve mavi ışığın birleşimi, bitki gelişimini desteklemede (Hogewoning vd., 2012; Cope ve Bugbee 2013) ve bitki sağlığını iyileştirmede (Thwe vd., 2020 ; Yanagi vd., 1996). bir aydınlatma kaynağı olarak etkinliğini göstermiştir. Kırmızı ve mavi ışığın 7:3 oranında birleştirilmesinin, Liliüm, Krizantem ve domates (Nelson ve Bugbee, 2014; Nishio, 2000) dahil olmak üzere çeşitli bitki türlerinin taze ağırlığını ve kuru ağırlığını artırdığı görülmüştür.

Massa vd. (2006) Massa vd., (2018) Işık yayan diyotlar (LED'ler), kontrollü ortam tarımında (CEA) yaygın elektrikli aydınlatma sistemleri haline geldiğini, LED'ler yüksek bir enerji dönüşüm verimliliğine (> %50) sahip olduğunu ve yoğunluk ve spektral emisyon üzerinde daha iyi kontrol sağladığını bildirmişlerdir. Bu teknik özellikler nedeniyle, LED'ler artık bitki fotobiyolojisi araştırmalarında yaygın olarak kullanıldığını ifade etmişlerdir.

Løvdaal vd.,(2010) tarafından bir büyüme odasında kontrollü koşullar altında yapılan bir çalışmada büyüme odalarında yüksek ışık, düşük sıcaklıklar ve azot eksikliğinin bir kombinasyonu altında yetiştirilen domates yapraklarında daha yüksek rutin içeriği gösterdiğini, ancak bu ümit verici sonuçlar, sistemin uygulamayla ilgili koşullar altında, örneğin bir serada üretim ölçeğinde uygulanabilirliğini dikkate almadı. Bu bilgi boşluğunu kapatmak ve mevcut bilgiyi genişletmek için, mevcut çalışma ticari sera sistemlerinde mavi ve kırmızı LED iç-kanopi aydınlatması nedeniyle farklı fizyolojik yaşlardaki domates yapraklarındaki rutin içeriğindeki değişiklikleri ölçmeyi amaçlamıştır. Ek olarak, floresan tabanlı endeksler, bitkilerin tamamlayıcı LED ışığıyla fizyolojik tepkilerini tahribatsız bir şekilde izlemek ve endekslerin sensör tabanlı bir sistemle rutin içeriğini tahmin etmek için uygulanabilirliğini değerlendirmek için kaydedildi.

Hao vd.,(2012) Led lambalar kullanarak domates bitkisiyle yürütmüş olduğu çalışmalarında yüksek enerji verimliliğinin yanında Led lambaların bitki yetiştirilmesinde tercih edilen ışık kaynağı haline geldiğini bildirmişlerdir. Işık spektrumu dalga boyu aralıklarını kontrol etmeyi ve belirlenen dalga boyunu kullanarak bitkileri istenilen amaca yönlendirmeyi sağladıkları bildirilmiştir.

Cope ve Bugbee (2013); Thwe vd (2020), Mavi ışık, bitki büyümesi ve gelişimi için gerekli olduğunu ve genellikle dalga boylarını desteklemek için kullanıldığını belirtmişlerdir. Şu anda, 450-460 nm ışık, bitki LED aydınlatma araştırmalarında kullanılan en yaygın mavi dalga boyu aralığı olduğunu ve bunun nedeninin kırmızı ışıkla birleştirildiğinde yüksek bitki verimliliği sağlama yeteneğinin kanıtlanmış olmasından kaynaklı olduğunu belirtmişlerdir.

Nelson ve Bugbee (2014) bu durumu yüksek enerji dönüşüm verimliliğiyle ilişli olduğunu ifade etmişlerdir. "Beyaz" LED ışığı üretmek için kullanılan temel LED bileşeni olduğunu ve bugüne kadar mavi ışık ve çeşitli kısıtlamalar nedeniyle bitki büyümesine ilişkin en fazla bilgi bu 450-460 nm bölgesine odaklandığını belirtmişlerdir.

Fan vd., (2013); Moe vd., (2006), tarafındfan domates fidesi büyümesi için tavsiye edilen DLI değerinin 13 ila 16 $\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ arasında değiştiği ifade edilmiştir. Ancak ılıman, mevsimsel olarak ışık sınırlı bir iklimde, güneş ışığı, çoğaltma sezonu ekim programına bağlı olarak Kasım, Aralık veya Nisan aylarında başladığında, seralarda yüksek kaliteli fideler üretmek için nadiren yeterli DLI sağladığını belirtirken, Lee vd (2010) yüksek kaliteli domates fideleri, iyi gelişmiş yaprak ve köklere sahip olması, sapların yeşil ve kalın olması ve boyut olarak tekdüze olması gerektiğini (12 ila 13 cm uzunluğunda) belirtmişlerdir. Bununla birlikte, kalite gereksinimleri amaçlanan nakil kullanımına bağlı olduğunu bildirmişlerdir.

Go'mez ve Mitchell (2015), seralarda yeterli büyüme koşulları, başarılı bir nakil üretimi sağlamak için çok önemli olduğunu, domates fidesi çoğaltımı için önemli bir sınırlama, en yüksek talebin ortalama güneş DLI'sinin en düşük olduğu zamanda meydana gelebilmesi olduğunu ifade etmişlerdir. Genellikle kısa günlerin ve bulut örtüsünün birleşimi sonucu oluşan düşük günlük ışık indeki (DLI), fide büyüme hızını azalttığını ve böylece nakil süresinin uzadığını belirtmişlerdir.

Jiang vd (2017) yaptıkları deneysel bir çalışmada, alttan ve iç kanopiden gelen ek LED ışığının domates bitkilerinin büyümesi ve gelişimi üzerinde etkili olduğunu, ışığın taze ve kuru ağırlık, gövde çapı ve özgül yaprak alanı üzerinde olumlu etkisinin olduğunu ve

ayrıca, LED ışığı meyve verimini ve çözünür katılar ile askorbik asitlerin içeriğini artırdığını gözlemlemişlerdir.

Çağlayan ve Ertekin (2015) ve Çağlayan ve Ertekin (2016), tarafından yapılan çalışmada, ışık yayan diyot (LED: Işık Yayan Diyot) teknolojisinin yeni tip yarı iletken malzemelerin ortaya çıkmasıyla sürekli şekilde gelişmesi, aydınlatmanın bitki büyümesi ve gelişimi de dahil olmak üzere giderek artan sayıda yeni alanlarda uygulanmasını mümkün kılmıştır. Araştırmacılar yürütmüş oldukları çalışmalarında her ne kadar farklı ışık etkisi altında bitkinin büyüme ve gelişimi gerçekleşiyorsa da uygun olmayan bazı ışık spektrumlarının büyüme ve gelişimi engelleyici etkileri de bulunabileceğini belirtmişlerdir. Son yıllarda, geleneksel aydınlatma sistemlerine alternatif olarak, LED'in bitki morfogenezi için mükemmel bir yapay akıllı aydınlatma kaynağı olduğu kanıtlanmıştır. LED aydınlatma çiçekler, sebzeler, meyveler, aşılanmış fideler, mikro yeşillikler, algler, tıbbi ve aromatik vb. bitkilerin üretilmesinde kullanılmakta ve önemli faydalar sunmaktadır. LED aydınlatma teknolojisi, bitkisel üretimde verimliliği artırabilecek farklı dalga boylu ışık kontrollü bir büyüme ortamı sağlayabilir. Ayrıca, yeni LED teknolojileri sadece bitki üretimindeki verim ve kaliteyi arttırmakla kalmaz, aynı zamanda bitkinin fizyolojik tepkilerini anlamaya yönelik yeni araştırmalara da olanak tanır. Bu nedenle, çeşitli bitki büyüme ve geliştirme uygulamaları için LED ışığının yeni kontrol seviyeleri araştırılmakta, ışığın değeri artırılmakta, diğer yandan LED aydınlatma ürünlerinin maliyeti azalmaya devam etmektedir. Yapılandırılabilir LED aydınlatma artık nispeten ucuzdur ve dünyanın dört bir yanındaki araştırmacıların kayda değer deneyler yapmasına ve bu önemli konu için bilgi literatürüne katkıda bulunmasına olanak sağladığı tespitlerine yer vermiştir.

Bantis vd (2018) yaptıkları bir çalışmada domates bitkilerinde LED'in fizyolojik ve biyokimyasal parametreler üzerindeki etkisini araştırmışlardır. LED'in bitki gelişimi ve verime etkisinin önemli olduğunu vurgulamışlardır.

Wu vd (2023), mavi ve kırmızı LED'lerin bitki üretiminde daha enerji verimliliğinin yüksek olmasından dolayı bitki yetiştiriciliğinde çoğunlukla bu iki rengin tercih edildiğini bildirmişlerdir. Ancak, bunlar fotosentezi yönlendirmede en verimli ışık dalga boyları olmadığını, esas olarak 460-nm – 595 nm ışıktan oluşan tam spektrumlu ışık yayan

diyetler (LED'ler) bahçecilik endüstrisinde vazgeçilmez hale geldiğini ve son çalışmalar, beyaz LED'ler altında bitki verimliliğinin mavi ve kırmızı LED aydınlatmanın birleşiminden daha yüksek olduğunu bildirmişleridir. Yakın zamanda yapılan bir çalışma, geniş spektrumlu 595 nm ışığın CEA'da yaygın olarak kullanılan diğerk kırmızı LED'lerden %50 daha fazla taze ve kuru kütle ürettiğini göstermiştir (Buna karşın, Zhen ve Iersel (2017), kehribar ışığın değışen bant genişlikleriyle bir çalışma yürütmüşlerdir. alışmalarının amacının, ışık spektrumlarının ve bant genişliklerinin, özellikle dar mavi dalga boylarının ve farklı kehribar ışık bant genişliklerinin domates bitkisinin büyümesi üzerindeki etkisini araştırmak ve değerlendirmek olduğunu belirtmilerdir. Bu amaçları doğrultusunda Domates fideleri, üç farklı LED spektrumu ve bir HPS spektrumu da dahil olmak üzere dört ışık uygulaması altında kontrollü bir ortamda yetiştirmişlerdir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, aydınlatma üreticilerinin ve CEA yetiştiricilerinin domates büyümesi için gerekli dalga boylarını belirlemelerine yardımcı olabilecek yeni veriler sunmuşlardır. Kehribar açısından zengin aydınlatmadan oluşan beyaz LED'ler de mavi ve kırmızı ışık karışımından daha iyi fotosentetik aktivite gösterdiğini belirtmişler.

Zheng vd (2023), Işık yayan diyetler (LED'ler), bitki fabrikaları için en iyi yapay ışık kaynağı olduğunu kırmızı ışık yayan diyetler (LED'ler, kırmızı) ve mavi ışık yayan diyetler (LED'ler, mavi), tekdüze spektrumların farklı ışık Işık yayan diyetler (LED'ler), bitki fabrikaları için en iyi yapay ışık kaynağı olduğunu bildirmişlerdir. Kırmızı ışık yayan diyetler (LED'ler, Kırmızı) ve mavi ışık yayan diyetler (LED'ler, Mavi), tekdüze spektrumların farklı ışık yoğunluklarını elde etmek için kullanmışlar ve sera ortamında karşılaştırmışlar. Sonuçlar, kök kuru ağırlığının, sürgün kuru ağırlığının ve gövde çapının 240 µmolm (DQI) altındaki bitki büyümesi koşullarında en iyi sonuçlar elde etmişlerdir. Kalite Endeksi bakımında da en iyi sonucun ışık yoğunluğunun 240 µmolm altındaki değerde elde etmişlerdir. Sonuçta yapay ışık altında LED ışık kaynağıyla domates fidelerinin yetiştirilmesinde seradaki doğal ışığın yerini alabileceğini, sera ile karşılaştırıldığında, yapay aydınlatma ile bitki fabrikasında domates fidesi yetiştirmek için kullanılan bu yöntemin maliyeti büyük ölçüde azaltacağını ve enerji verimliliğini artıracakını bildirmişlerdir.

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1 Malzeme

3.1.1 Domates bitkisine ait tohumlar

Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü tarafından Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne (DÜBAP) YL tez projesi olarak başvurulmuş farklı dalga boylu ışık kaynaklarının tohum çimlendirme ve gelişimine etkilerine ilişkin tez çalışması kapsamında, bitkisel materyal olarak bölgede çeşitli yerleşim alanlarında yaygın olarak yetiştirilen, 3 yerel çeşit olan Karacadağ, Lice ve Ahlat domates çeşitlerinin tohumları kullanılmıştır. Karacadağ domates tohumu Diyarbakır'ın Bağlar ve Kayapınar İlçelerindeki üreticilerden, Lice domates tohumu Diyarbakır'ın Lice İlçesindeki üreticilerden, Ahlat domatesi tohum ise satış bayisinden temin edilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Deneme materyali olarak kullanılan tohumlar

Temin edilen tohumlar paketlenerek, daha sonra ekim yapılmak üzere Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknoloji Mühendisliği Bölümüne getirilerek denemelere kadar laboratuvarında muhafaza edilmiştir. Denemeler, Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknoloji Mühendisliği Bölümüne ait laboratuvarlarda yürütülmüştür. Denemeler için kullanılan domates tohumları çimlendirme tepsilerine yerleştirilmeden önce önceden ıslatılmış ve 3. günden itibaren ışık verilmeye başlanmıştır.

3.1.2 Yetiştirme kabini ve yetiştirme koşulları

Denemeler için 150 cm yükseklik, 75 cm genişlik ve 31 cm derinliğe sahip 4 bölmeli özel bir raf yapılmıştır (Şekil 3.2). Daha sonra rafın etrafı sert ısı yalıtım levhası ile kaplanmıştır. Özel galvanizli çelik malzeme kullanılarak yapılan ve 4 bölmeden oluşan bu kabinin her bir bölmesinin tavanına farklı renkli led ışıkları monte edilmiştir (Şekil 3.2). Dört farklı bölmeden oluşturulan kabindeki rafların tavanına kırmızı, soğuk beyaz, mavi, sıcak beyaz(gün) renklerine sahip ışık verilerek bir bitki yetiştirme kabini oluşturulmuştur.



Şekil 3.2 Yetiştirme kabini

3.1.3 Isı yalıtım straforu

Kabin içerisinde oluşan ısı ve nem in hapsedilmesinde yalıtım malzemesi olarak ısı yalıtım straforu kullanılmıştır (Şekil 3.3). EN 13164 standardı kapsamında üretilen ısı yalıtım straforu -50 °C ile +75 °C arasında kullanım sıcaklığına sahiptir.



Şekil 3.3 Isı yalıtım straforu

3.1.4 Bitki yetiştirme viyolleri

Tohumların büyümesi için gerekli koşulları sağlamak amacıyla 6 x 12 gözden oluşan tohum çimlendirme ve büyüme tepsileri (viyolaları) kullanılmıştır. Tohumlar yaklaşık 1-1,5 cm derinliğe ekilmiştir. Kabinin her rafına ayrı ayrı yerleştirilerek, aynı viyola içerisine 3 domates çeşidi için birer sıra boşluk bırakılarak, 3 er sıralı ekilmiştir (şekil 3.4)



şekil 3.4 Tohum çimlendirme viyolleri

3.1.5 Bitki yetiştirme ışıkları (Yapay Led)

Bitki yaprakları tarafından mavi veya kırmızı ışığın emilim yüzdesi yaklaşık %90' olduğu bilinmektedir(Terashima vd., 2009). Bu nedenle, mavi ve kırmızı ışık bitki gelişimi ve fizyolojisi üzerinde önemli bir etki uygulamaktadır. Kırmızı ve mavi ışığın birleşimi, bitki gelişimini desteklemede ve bitki sağlığını iyileştirmede (Nhut vd., 2003; Yao vd., 2017; Zheng vd., 2023; Wu vd., 2023) bir aydınlatma kaynağı olarak etkinliğini göstermiştir. Bu nedenle çalışmada beyaz ve gün ışığının yanısıra mavi ve kırmızı renkler veren LED'ler kullanılmıştır. Bitki yetiştirme ledleri, bitkilerin büyümesi ve sağlıklı bir şekilde gelişmesi için bitkinin ihtiyaç duyduğu doğru ve etkili ışık spektrumunu sağlayarak bitkilerin doğal ortamları yakalamaları sağlamıştır. Bu ledler kabin raflarının tavanlarına monte edilmiştir. Her rafa farklı renk montajı yapılmıştır (şekil 3.5).



şekil 3.5 Denemelerde kullanılan bitki ledleri

3.1.6 Otomatik zaman sayacı

Çalışma süresince kullanılan otomatik zaman sayacı 230 V gerilim, 16 amperlik akım, 3500 W'lık güç ve 1 /15 dakika çentik özelliklere sahiptir (Şekil 3.6). Otomatik zaman sayacı 16 saat ışık, 8 saat karanlık olacak şekilde ayarlanmıştır (Wu vd., 2023). Sayaç; başlangıç (ON) ve bitiş (OFF) olmak üzere belirlenen zaman diliminde led ışıklara enerji veren trafonun belirli periyotlar içerisinde çalışmasını sağlamaktadır. Günümüz zaman saatine göre ayarlandıktan sonra çalışarak, normal gün saatine paralel çalışmaktadır.



Şekil 3.6 Otomatik zaman sayacı

3.1.7 Ultrasonik nem jeneratörü

Denemeler sırasında ultrasonic metal nem ölçüm jeneratörü kullanılmıştır (Şekil 3.7). Kullanılan bu ultrasonik metal nozül 24 volt adaptör ile çalışılmaktadır. Her rafa 1 adet yerleştirilen nem jeneratörü otomatik zaman sayacının kablosuna bağlanarak, dört saatte bir 15 dk çalışması sağlanmıştır. Cihazın ortam nemi ölçüm aralığı $50 \text{ g/m}^3 \pm 5 \text{ g/m}^3$ dir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Nem jeneratörü

3.1.8 Led ışıık trafo

Tüm raflarda kullanılan şerit ledlere enerji vermek amacıyla 30A 360W Slim Şerit Led Trafosu kullanılmıştır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 Led trafosu

3.1.9 Bitki toprağı

Viyolaların her bir gözün içerisine Şekil 3.9’da görülen ve özel olarak hazırlanmış topraktan yaklaşık 45 cc toprak(Torf) ile doldurularak, 1-1.5 cm derinliğe her üç domates çeşidinin tohumlarının ekilişi yapılmıştır.



Şekil 3.9 Bitki toprağı (torf)

3.1.10 Isı ve nem ölçer

İç ve dış ortam sıcaklığının ve neminin ölçülmesinde Şekil 3.10’da görülen LCD ekranlı saat göstergeli nem ölçer ve termometre kullanılmıştır.



Şekil 3.10 Isı ve nem ölçer

3.1.11 Bitki klorofil ölçer (Spad)

Bitki yapraklarındaki klorofil miktarını ölçülmesinde Bitki Klorofil Ölçer (Spad) cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.11). Ölçümlerde kullandığımız bu cihaz, ölçüm başlığını yaprak üzerinde kapatarak yapılmıştır. Her rafta bulunan çeşitler için ayrı ayrı ölçümler alınarak kaydedilmiştir. Ölçüm alanı 2 mm x 3 mm şeklinde olup, -9.9 – 199.9 SPAD birimi arasında ölçümler gerçekleştirilmiştir. Cihaza ait teknik özellikler Çizelge 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.11 SPAD- Klorofil ölçer

3.1.12 Sensörlü ışık ölçer lüksmetre

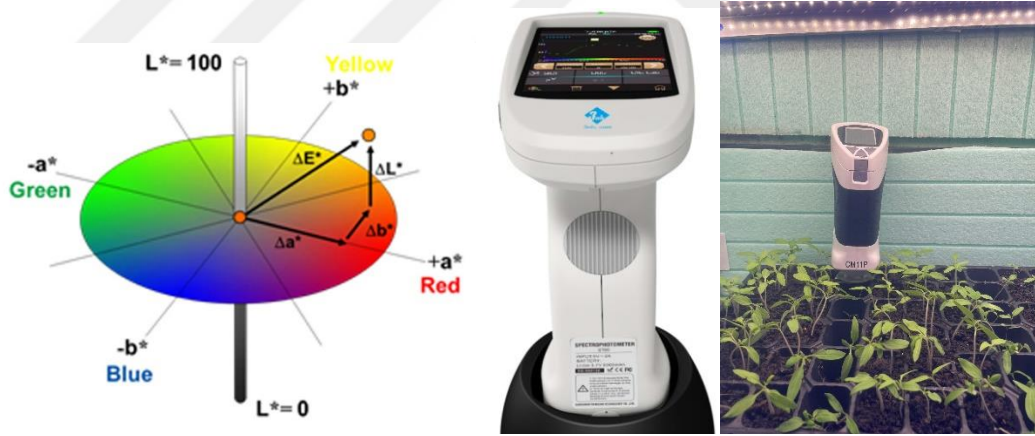
Denemede ışıkölçer olarak lüksmetre(Şekil 3.12) cihazı kullanılmıştır. Işık kaynağının aydınlatma şiddetini ölçmek için kullanılan, taşınabilir hassas ışık ölçer cihazıdır. Kabindeki her raf ta bulunan, farklı ışık renkleri için ışık seviyelerini kontrol edip denetlemesi yapılarak, alınan sonuçlar kayıt altına alınmıştır.



Şekil 3.12 Sensörlü ışık ölçer lüksmetre

3.1.13 Taşınabilir renk ölçer(Spektrofotometre)

Renk ölçer içerisinde bulunan bir ışınım kaynağından, rengi ölçülecek nesneye ışınım göndererek, yansıyan ışınımı algılayan (Şekil 3.13) ve böylece renk değerlerini hesaplayan bir elektro optik sistemidir. Denemelerde, bitki yapraklarının renk ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Burada, $L^*a^*b^*$ renk değerleri, ölçüm ve renk iletişimde için en çok kullanılan yöntemdir. L^* , 0 (siyah) ile 100 (beyaz) arasında bir ölçekte numunenin açıklık veya koyuluk derecesini gösterir; burada düşük bir sayı (0-50) koyuyu ve yüksek bir sayı (51-100) açıklığı gösterir; a^* , kırmızılık derecesini (+a) yeşilliğe (-a) gösterir; burada pozitif bir sayı kırmızıyı ve negatif bir sayı yeşili gösterirmekte ve b^* , sarılık derecesini (+b) maviliği (-b) rengi temsil etmektedir. Burada pozitif sayı sarıyı ve negatif sayı maviyi göstermektedir. Ölçümler doğrudan 3. zaman diliminden sonra yaprakların yüzeyi ölçülebilir düzeye geldikten sonra yaprakların üst yüzeyinden yapılmıştır. Ölçüler 3 tekrarlı olarak yapılmıştır.



Şekil 3.13 Renk ölçer

3.1.14 Terazi, kurutma dolabı, kumpas

Denemelerde kullanılan materyaller olan fidelerin yaş ağırlıkları-miktarı ve kurutulan fidelerin tartımı ve nem içeriğinin belirlenmesinde 0.1 hassasiyetli VİBRA marka elektronik terazi kullanılmıştır (Şekil 3.14). Nem miktarının belirlenmesinde NÜVE FN 500 marka ETÜV'den yararlanılmıştır (Şekil 3.14). Materyalin çaplarının belirlenmesinde dijital kumpaslar kullanılmıştır (Şekil 3.14).



Şekil 3.14 Teraziler (a,b), kurutma dolabı (c,d),dijital kumpas

3.2 Yöntem

3.2.1. Tohumların ekime hazırlanması

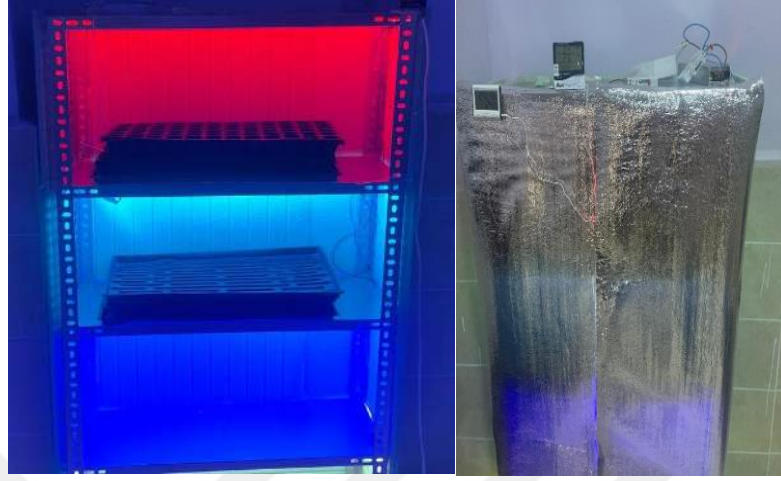
Domates tohumlarının viyollara ekilmeden 2 gün öncesinden ıslatılmış ve ışısız bir ortama bırakılmıştır. 2 gün sonra, viyollere doldurulan toprağın içerisine başlangışta çimlenme sağlanmak için 3 adet tohum bırakılmıştır (Şekil 3.15)



Şekil 3.15 Viyollere ekilen tohumlar

3.2.2 Tohumların büyüme ortamına alınması

Çimlendirme ve büyüme tepsilerine (viyol) ekimi yapıldıktan sonra her üç çeşit, 4 farklı renge ayrılmış raflara (Şekil 3.16), 4 ayrı viyol olacak şekilde yerleştirilmiştir. Etrafı strafor ve ölçümlerin yapılması için ön tarafı açılabilen, ısı ve ışık geçirmez izoleli perde ile tamamen kapatılmıştır (Şekil 3.16)



Şekil 3.16 Bitki Büyütme kabinine yerleştirilen viyoller

3.2.3 Tohumların çıkışlarının izlenmesi

Ekim yapıldıktan sonra büyüme ortamına alınan viyollere, 4 gün boyunca ışık verilmemiştir. Işıksız ortamda 4 gün ıslak bir şekilde bekletilerek, çıkış yapmaları ve filizlenmeleri beklenmiştir. 4. günün sonunda tohumlar çıkış yapmaya başlamıştır. Ayrıca farklı renklere ayrılmış bitki büyüme kabini içerisine ortam nemini, sıcaklığını ve bağıl nemini otomatik olarak ölçen cihaz yerleştirilmiştir. Bitki yetiştirme ortamı, ortalama sıcaklık $25\text{ C} \pm 5\text{ C}$ ve ortalama nem $55\text{ rh} \pm 5\text{ rh}$ değerlerinde sabit tutulmaya çalışılmıştır (Şekil 3.17).



Şekil 3.17 Çıkış yapan tohumlar

3.2.4 Tohumların boyut özellikleri ve ölçme yöntemi

Kabin içerisine konulan tohumlar çıkış yaptıktan sonra ışıklı ortama geçilerek (Şekil 3.17), otomatik zaman sayacı devreye alınmıştır. Bununla ışık alma ve karanlıkta kalma süreleri izlenmiştir. Bitki, otomatik zaman sayacı ile 16 saat ışık ve 8 saat ise ışıksız, ortalama sıcaklık 25 °C ve ortalama nem 57 rh olacak şekilde kapalı olan büyüme ortamına bırakılmıştır. Tohumların ekimi yapıldıktan sonra 42 gün boyunca 7 gün arayla bitki büyüme özellikleri incelenmiştir. Bitkilerin daha iyi gelişmesi için besin çözeltisi kullanılmıştır. Bitkilerin boyu ve sap kalınlıklarının ölçümleri için dijital kumpas kullanılmıştır. Ayrıca taşınabilir renk ölçüm cihazı ile bitki yaprak renk ölçümü, ortama düşen ışık ölçümü için ise taşınabilir lüksmetre kullanılmıştır (Şekil 3.18). Bunun için her ölçüm esnasında aynı bitkiler kullanılmıştır. Bitki yeterli büyüme aşamasına yani fide haline geldikten sonra, işlemler sonlandırılmıştır. Ölçümlerde, zamana bağlı olarak farklı renk ve dalga boylarında bitki kök uzunluğu, toplam bitki boyu, gövde çapı, pazarlanabilir bitki ağırlığı, kök ağırlığı, yaprak sayısı, klorofil miktarı, renk (L, a, b) analizleri yapılmıştır.



Şekil 3.18 Ölçü aletleri

3.2.5 Nem oranının belirlenmesi

Son ölçümden sonra her çeşit için alınan 3 adet fidenin, tüm boy - kök, dal, yaprak sayıları ve nem ölçümleri yapılmıştır. Nem ölçümü için her çeşit için üçer tekrarlı üç adet fide alınarak tartımları yapılmıştır. Ağırlık ölçümleri için hassas terazi kullanılmıştır (Şekil 3.19). Daha sonrasında fırında kurutma yöntemi kullanılarak yaş fideler, 24 saat 105 °C sıcaklıkta kurumaları için etüve içerisine bırakılmıştır (Şekil 3.19). Bu süre sonucunda kuru ağırlıklarını tespit etmek üzere etüve konulan örnekler alınarak tekrar aynı terazi ile ağırlıkları ölçülmüştür. Yaş baz esasına göre (yb) nem (%) oranı için aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır (ASABE., 2006).

Ör.:

$$N(\%) = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \quad (3.1)$$

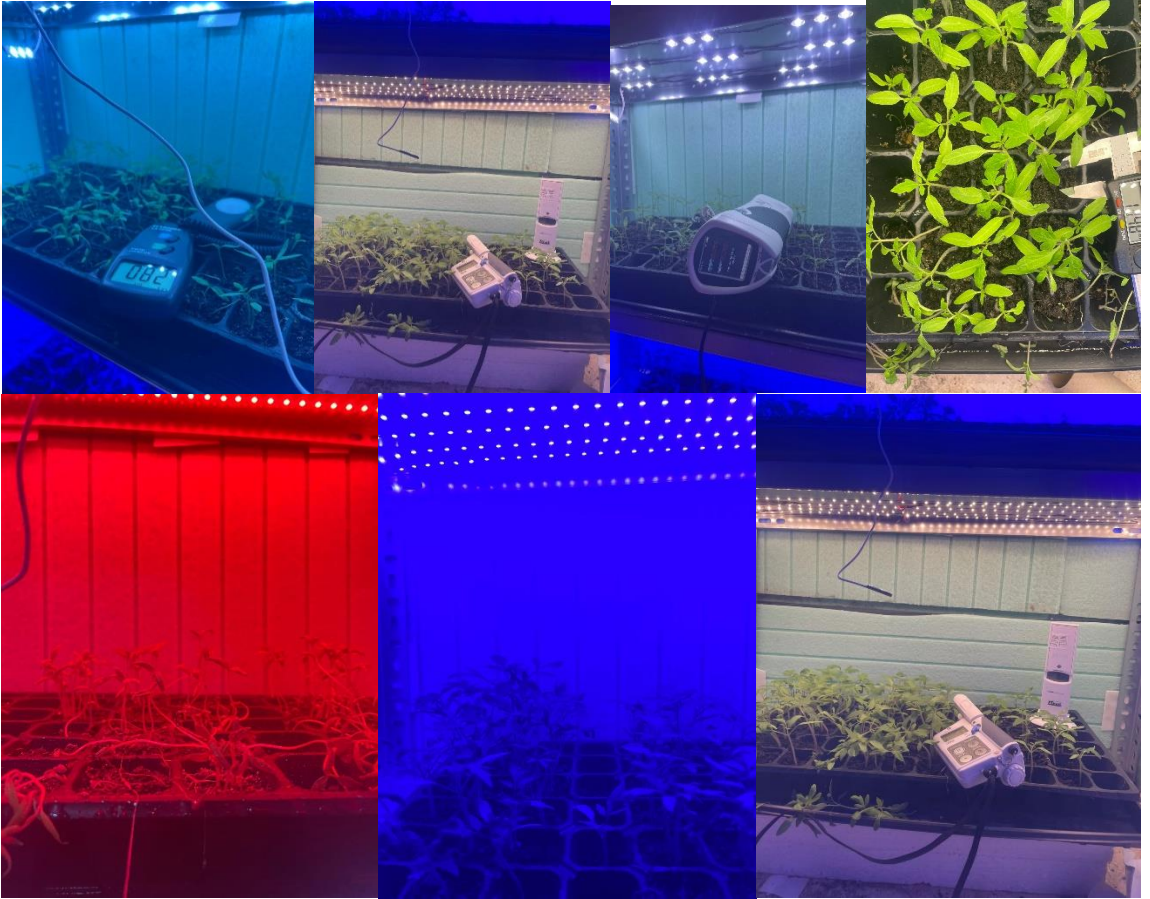
Burada ; “N” Yaş ağırlık yüzdesi (%) nem değeri, “W1” Yaş örnek ağırlığı, “W2” Kuru örnek ağırlığıdır.



Şekil 3.19 Bitkilerin nem tayini için ağırlık ölçümü ve kurutma süreçleri

3.2.6 Tohumların zamana bağılı olarak çimlenme ve büyüme ölçümleri

Bitki yetiştiriciliğinde ışığın kalitesi ve miktarı çok önemlidir. Deneme materyali olan tohum çeşitleri farklı ışık renklerinin altında çimlendirme özellikleri Şekil 3.20'deki gibi izlenmiştir.



Şekil 3.20 Ölçü aletleri ile yapılan ölçümlere ait görüntüler

3.2.7 İstatistik analizi

Denemede elde edilen veriler arasındaki istatistiksel karşılaştırmalar için paket program olan JMP, 13. Version, kullanılmıştır. Denemeler tesadüfi parsel deneme desenine göre planlanmış ve varians analiz yöntemi (ANOVA) kullanılarak analiz edilmiştir. Karşılaştırmalar DUNCAN testi % 5 ve % 1 önem derecesine göre yapılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Zamana Bağlı Olarak Bitki Boyu Gelişimine İlişkin Bulgular

Zaman, domates tohum çeşidi ve ışık rengine bağlı olarak bitki boyu gelişimine ilişkin varyans analizi sonuçları Tablo 4.1 de verilmiştir. Tablo 4.1 de görüleceği gibi zaman, çeşit ve ışık çeşidinin bitki boyunun gelişimi üzerine olan etkisi istatistiksel olarak çok önemli bulunmuştur ($p<0.001$). Ayrıca ölçüm zamanı, çeşit ve ışık kaynakları olarak kullanılan LED ışık renklerinin değerleri arasındaki fark da çok önemli bulunmuştur ($p<0.001$). Bağımsız parametre olarak seçilen çeşit, ışık ve ölçüm zamanının yanı sıra Zaman*Çeşit, Zaman*Işık, Çeşit*Işık, Zaman*Çeşit*Işık interaksiyonların etkisinde de bitki boyunun gelişimine istatistiksel olarak çok etkili olmuştur.

Tablo 4.1 Zaman, tohum çeşidi ve farklı ışık rengine bağlı olarak bitki boyu gelişimine ilişkin varyans analizi sonuçları

Değişken	Fide Boyu (cm)				
	SD	KT	KO	F	Prob > F
Zaman	5	1218,32	243,664	14404,16	<,0001*
Hata	12	0,20299	0,01692		
Çeşit	2	467,008	233,504	11101,50	<,0001*
Zaman*Çeşit	10	103,59	10,359	492,4965	<,0001*
Hata	24	0,50481	0,02103		
Işık	3	96,3434	32,1145	4779,994	<,0001*
Zaman*Işık	15	231,613	15,4409	2298,256	<,0001*
Çeşit*Işık	6	7,49532	1,24922	185,9368	<,0001*
Zaman*Çeşit*Işık	30	66,1805	2,20602	328,3487	<,0001*
Hata	108	0,7256	0,0067		

Buna ilişkin DUNCUN test sonuçları ise Tablo 4.2’de verilmiştir. Tablo 4.2. görüleceği gibi tüm çeşit ve LED ışık renklerinde zamana bağlı olarak fide boylarında önemli artış meydana gelmiştir. Tüm çeşitler için en düşük fide boyu kırmızı ışığın kullanıldığı yöntemde elde edilirken, en büyük boy gün ışığında elde edilmiştir. Örneğin Karacadağ domates çeşidinde son ölçüm (6. Ölçüm) tarihinde bitki boyu 8 cm olarak ölçülürken, gün ışığında bu değer aynı süre içerisinde yaklaşık 2 kattan fazla artış göstererek 17.50 cm olarak ölçülmüştür. Bu durum ışık renginin bitki boyunun gelişimine etkisinin çok önemli olduğunu göstermektedir. Benzer durum diğer çeşitlerde görülmüştür. Ayrıca, çeşitler

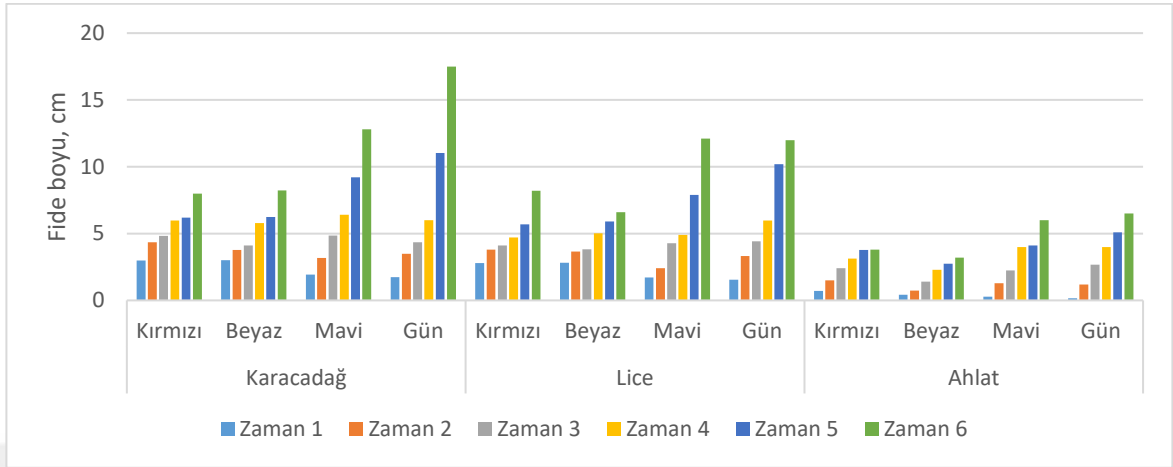
arasındaki fark hem rakamsal hem de istatistiksel olarak çok önemli bulunmuştur. Tablo 4.2 ve Toblodan oluşturulan Şekil 4.1 bir arada değerlendirildiğinde sırasıyla en yüksek fide boyu değerleri Karacadağ domates çeşidinde elde edilirken, onu Lice domates çeşidi izlemiştir. En düşük değerler ise Ahlat domates tohumunun kullanıldığı yetiştirme kabininde elde edilmiştir (Tablo 4.2, Şekil 4.1). Bununla birlikte tüm çeşit ve renklerde bitki boyunudaki değişim zamana bağlı olarak doğrusal olarak artmıştır. Bitki boyunun gelişiminin, erkencilik ve pazar açısından önemli bir parametre olduğu dikkate alındığında erken yetiştiricilik için elde edilen bu sonuçların üreticiler için önemli olduğu ifade edilebilir. Bu renklerin ve çeşitlerin kullanılması durumundan diğer renk ve çeşitlere göre önemli avantajlar sağlayacaktır.

Tablo 4.2 Zaman, çeşit ve ışık çeşidine bağlı olarak bitki boyu gelişimine ilişkin duncun test sonuçları

Çeşit	Boy						
	Işık	Zaman 1	Zaman 2	Zaman 3	Zaman 4	Zaman 5	Zaman 6
Karacadağ	Kırmızı	2,98 za1	4,36 qr	4,83 op	5,98 lmn	6,2 kl	8 gh
	Beyaz	3 za1	3,78 uv	4,11 rst	5,79 mn	6,25 jkl	8,23 g
	Mavi	1,94 e1	3,18 yz	4,85 op	6,4 ijk	9,21 f	12,8 b
	Gün	1,75e1f1	3,48 wx	4,35 qr	6 lm	11,02 d	17,5 a
Lice	Kırmızı	2,79a1b1	3,8 uv	4,11 rs	4,71p	5,7 n	8,21 g
	Beyaz	2,81a1b1	3,66 vw	3,82 tuv	5,02 o	5,9 mn	6,6 l
	Mavi	1,71e1f1	2,41 c1d1	4,27 qrs	4,9 op	7,89 h	12,1 c
	Gün	1,55 f1g1	3,33 xy	4,42 q	5,98 lmn	10,2 e	12 c
Ahlat	Kırmızı	0,71 11j1	1,51 f1g1	2,41 c1d1	3,12 yz	3,78 uv	3,8 uv
	Beyaz	0,43 j1k1	0,74 11	1,41 g1h1	2,29 d1	2,75 a1b1	3,2 xyz
	Mavi	0,29 k1	1,28g1h1	2,25 d1	3,99 stu	4,12 rs	6 Lm
	Gün	0,16 k1	1,2 h1	2,68 b1c1	4 stu	5,1 o	6,5 ij
Ort		1,68 f	2,73 e	3,63 d	4,85 c	6,51 b	8,75 a

*: Aynı harfle gösterilen değerler arasında % 5 önem seviyesinde fark yoktur.

Zaman, çeşit ve ışık rengine bağlı olarak bitki boyu gelişiminin grafiksel değişimi toplu olarak Şekil 4.1 de verilmiştir. Tablo 4.2 'de olduğu gibi Şekil 4.1'de en düşük değerler kırmızı ve beyaz ışıktaki görülürken en yüksek değerler mavi ve gün ışığında elde edildiği görülmektedir. Özellikle bitki besin çözeltisi verilerek(azot) 3. Ölçümden sonra bitki boyların tüm çeşit ve renklerde daha hızlı arttığı görülmüştür. Bu durum Karacadağ ve Lice domates çeşitlerinde daha belirgin olmuştur.



Şekil 4.1 Zaman, çeşit ve ışık rengine bağlı olarak bitki boyu gelişimi

4.2 Bitki Kök Uzunluğu ve Gövde Çapına İlişkin Bulgular

Çalışmanın 6. ölçümünde (42. gün) sonra denemelere son verilmiştir. Denemelere son verildikten sonra her ışık rengi ve domates çeşidi için fideler, fidelik olarak kullanılan yetiştirme tepsilerinden çıkarılmış, yıkanmış ve topraktan arındırılmıştır. Daha sonra kumpas kullanılarak fide kök boyları ve gövde çapları ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları Tablo 4.3’de verilmiştir. Tablodan görüleceği gibi tüm çeşitler için kök uzunluğu en düşük kırmızı LED ışıktaki elde edilirken en iyi gelişim ve uzunluk gün ışığında elde edilmiştir. Kök uzunluğu bakımından en iyi değerler Karacadağ ve Lice çeşitlerinde, benzer değerler, ölçülmüştür. Boyda olduğu gibi Ahlat çeşidinde kök uzunluğu düşük kalmıştır. Boyda ise tam tersi bir durum elde edilmiştir. Gün ışığında ise en yüksek değerler hem Karacadağ hem de Lice çeşidinde elde edilmiştir.

Tablo 4.3 Çeşit ve ışık rengine bağlı olarak ortalama kök uzunluğu

Çeşit	Kök Uzunluğu, cm			
	Işık Rengi			
	Kırmızı	Beyaz	Mavi	Gün
Karacadağ	2.00	3.00	5.20	5.50
Lice	2.00	2.40	5.90	6.00
Ahlat	0.25	1.00	2.60	2.20

Çeşit	Gövde Çapı, cm			
	Işık Rengi			
	Kırmızı	Beyaz	Mavi	Gün
Karacadağ	0,39	0,41	0,93	1,19
Lice	0,37	0,35	0,91	1,1
Ahlat	0,10	0,12	0,43	0,64

4.3 Yapraktaki Renk Ölçümlerine Ait Bulgular

Denemelerde kullandığımız domates tohumlarının zamana bağlı olarak gelişen yapraklarında renk ölçümleri yapılmıştır. Işık kaynağı bir yaprağı aydınlatır; ışığın bir kısmı emilir, bir kısmı ise yansır. Bu yansıyan ışık, yansıyan dalga boylarını ve rengini hesaplamak için bir sensör ile belirlenerek aşağıdaki tabloda ölçülen değerler belirtilmiştir. L, a ve b değerleri ilk iki ölçümde bitki yapraklarının çok küçük olması nedeniyle ölçümler yapılmamıştır. Grafiklerden de görüleceği gibi 3. Zaman diliminden sonra ölçümler yapılmıştır. Ancak 3,4,5 ve 6 ölçüm değerleri arasında rakamsal olarak bir farklılık gözlenmediğinden tüm ölçümler denemenin son ölçümü olan 6. Ölçüm değerleri kullanılmıştır.

Tablo 4.4 Yaprak renk değerleri

Çeşit ve Işık Rengi	L (Beyazlık/Siyahlık)	a: kırmızılık (+a) / yeşillik (-a)	b: yeşillik (+b) / mavilik (-b)
Karacadağ			
Kırmızı	54,11	-20,27	33,45
Beyaz	52,88	-22,89	31,68
Mavi	51,94	-25,21	42,01
Gün	52,65	-24,88	36,89
Lice			
Kırmızı	54,19	-20,99	34,90
Beyaz	54,2	-22,35	33,50
Mavi	54,68	-23,88	38,20
Gün	46,2	-24,22	37,51
Ahlat			
Kırmızı	53,8	-0,49	19,31
Beyaz	51,2	-21,25	29,71
Mavi	50,81	-20,71	34,88
Gün	33,92	-21,02	31,3

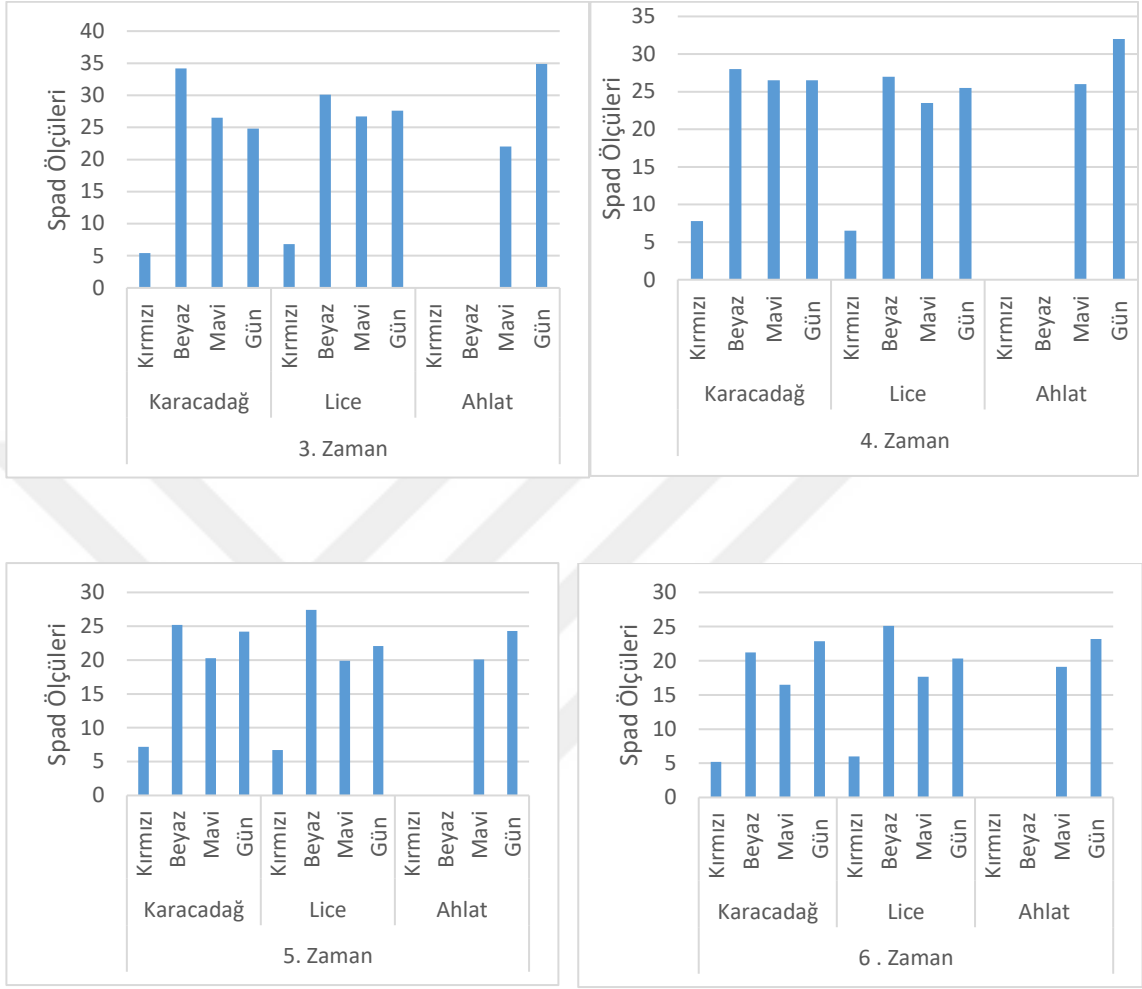
4.4 Bitki Yaprak Klorofil Miktarına Ait Bulgular

Çeşit, ışık ve zaman bağlı olarak ölçülen SPAD deperlerine ilişkin analiz edilen ortalama değerle Tablo 4.5 ve her birinin zamana bağlı olarak değişimi Şekil4.2’de verilmiştir. Tablo ve Şekiller bir arada değerlendirildiğinde en çok absorbe edilen ışığın beyaz olduğu ve tüm tüm çeşitlerde absorbe edilen ışığın kırmızı ışık olduğu görülmüştür. Normal yetiştirme sürecinde 6 farklı zamanda ölçümler yapılmasına rağmen ilk 2 ölçümde bitki yapraklarının küçük olması nedeniyle SPAD cihaz ölçüm yapılamamıştır. 3. Ölçüm zamanından itibaren SPAD ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Bu yüzden istatistiksel analizler 3. Ölçümden itibaren yapılmıştır. Tablo ve Şekil birlikte değerlendirildiğinde tüm çeşitler zaman geçtikçe SPAD değeri içinde bir düşüş meydana gelmiştir. Aralarındaki fark önemli bulunmuştur ($p<0.001$). Bunun temel nedeni yaprak genişliğinin artması ve besin maddelerindeki azalma gösterilebilir. Diğer bir faktör de ölçümlerin hep aynı bitkide yapılmaması, farklı yerlerden ölçüm yapılmış olması gösterilebilir. Ancak parametreler bir bütün olarak değerlendirildiğinde 3. ve 4. Zaman ölçümleri arasındaki istatistiksel olarak bir fark bulunmazken, diğer zamanlarda yapılan ölçümlerde elde edilen ortalamalar arasında önemli farklılıklar olmuştur.

Tablo 4.5 SPAD (Klorofil) değerlerinin çeşit, renk ve zamana bağlı olarak duncan test sonuçları

Çeşit	Işık	Zaman 3	Zaman 4	Zaman 5	Zaman 6
Karacadağ	Kırmızı	5,4 x	7,8 u	7,2 uv	5,2 x
	Beyaz	34,2 a	28 d	25,2 hij	21,2 op
	Mavi	26,5 fg	26,5 fg	20,3 pq	16,5 t
	Gün	24,84 ijk	26,5 fg	24,2 kl	22,88 mn
Lice	Kırmızı	6,8 vw	6,5 vw	6,7 vw	6 wx
	Beyaz	30,1 c	27 ef	27,4 def	25,1 hijk
	Mavi	26,7 efg	23,5 lm	19,9 qr	17,65 s
	Gün	27,6 de	25,5 hi	22,1 no	20,33 pq
Ahlat	Kırmızı	0 y	0 y	0 y	0 y
	Beyaz	0 y	0 y	0 y	0 y
	Mavi	22 no	26 gh	20,1 q	19,1 r
	Gün	34,9 a	32 b	24,3 jkl	23,2 m
Ortalama		19,92 a	19,11 a	16,45 b	14,76 c

*: Aynı harfle gösterilen değerler arasında % 5 önem seviyesinde fark yoktur.



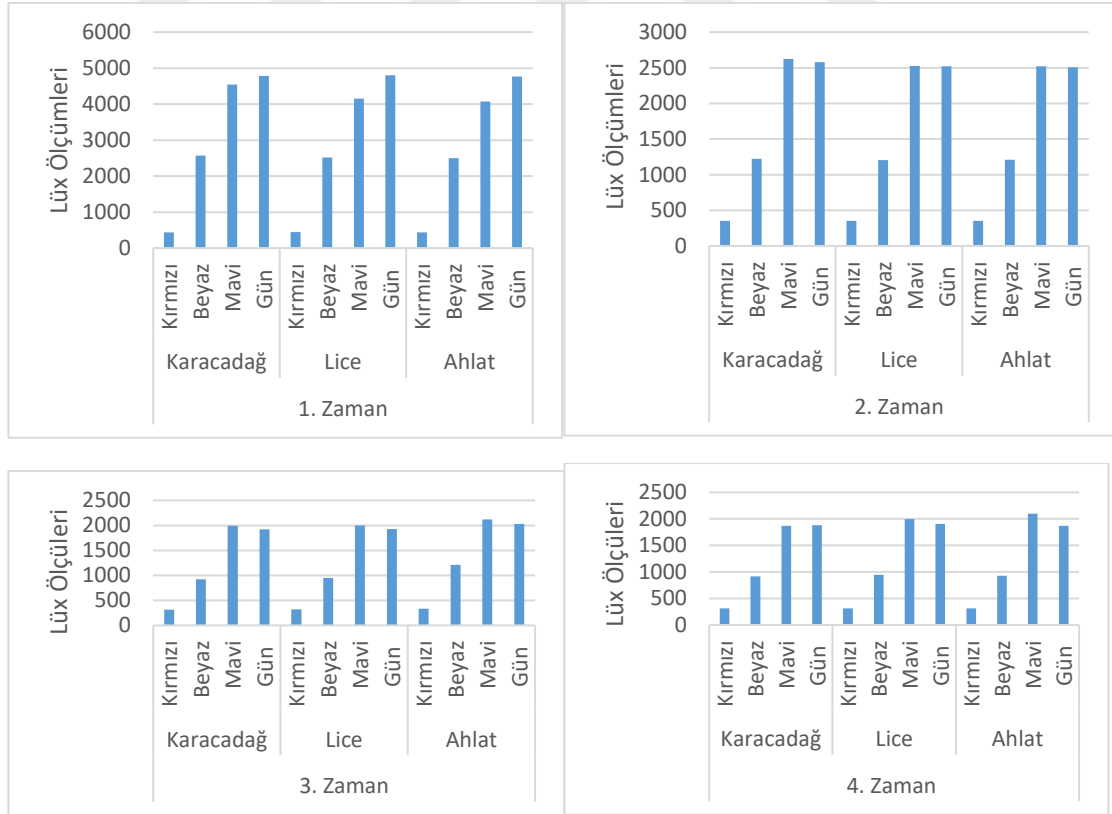
Şekil 4.2 Çeşit, ışık ve zamana bağlı olarak SPAD değerlerindeki değişimi.(3,4,5,6. Zaman)

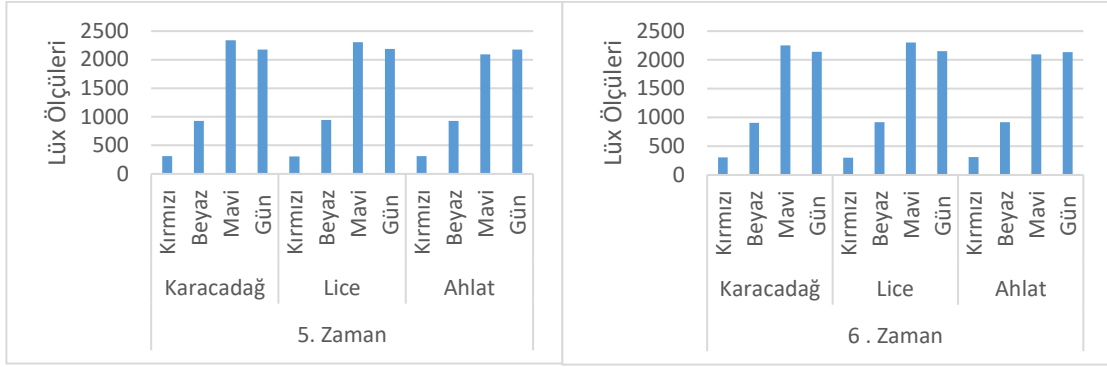
4.5 Işık/Lüx Ölçümlerine İlişkin Bulgular

Denemelerde kullandığımız bitki büyüme kabini içerisindeki 4 farklı renk ve bu renkler altındaki domates filizlerini üzerine düşen ışık miktarlarının ölçümlerine ilişkin elde ortalama lüx değerleri Tablo 4.6 ile Şekil 4.3’de verilmiştir. Şekil ve Tablodan görüleceği gibi tüm çeşitlerde en düşük değer Karacadağ çeşidinde elde edilmiştir. Çünkü bitki boyu en hızlı bu çeşit ve renkte edle edilmiştir. Bunun temel sebebi bitki boyu arttıkça ışık kaynağına daha yaklaştığı için lüx değerleri azalmaktadır. Burada ortama düşen ışık değeri azalmaktadır.

Tablo 4.6 Bitki üzerine düşen ışık/lüks(lm) miktarı

Çeşit	Işık	Zaman 1	Zaman 2	Zaman 3	Zaman 4	Zaman 5	Zaman 6
Karacadağ	Kırmızı	438 q	354 qr	314 r	312 r	310 r	305 r
	Beyaz	2570 de	1225 o	920 p	915 p	925 p	905 p
	Mavi	4540 b	2625 d	1990 klm	1870 n	2340 f	2250 fg
	Gün	4780 a	2580 de	1920 lmn	1880 n	2180 ghi	2140 hi
Lice	Kırmızı	442 q	352 qr	322 r	312 r	305 r	302 r
	Beyaz	2520 e	1205 o	950 p	945 p	945 p	915 p
	Mavi	4150 c	2525 e	2000 kl	1995 klm	2305 f	2300 f
	Gün	4800 a	2520 e	1930 lmn	1905 mn	2190 gh	2150 hi
Ahlat	Kırmızı	438 q	354 qr	335 r	315 r	313 r	312 r
	Beyaz	2500 e	1210 o	1210 o	930 p	925 p	915 p
	Mavi	4070 c	2520 e	2120 hij	2100 hij	2095 ij	2095 ij
	Gün	4770 a	2505 e	2030 jk	1870 n	2180 ghi	2135 hi
		3001,5 a	1664,58 b	1336,75 e	1279,08 f	1417,75 c	1393,67 d





Şekil 4.3 Işık ,zaman ve büyümeye göre ,bitki üzerine düşen lüks değerlerindeki değişimi(1,2,3,4,5,6. zaman)

4.6 Domates Fidelerinin Kuru ve Yaş Ağırlıkları ve Nem Oranlarına İlişkin Bulgular

Domates fidelerinin yaş ve kuru madde oranlarına ilişkin ortalama değerler Tablo 4.7’de verilmiştir. Denemelerde domates fidelerinin yaş ve kuru ağırlığı değerlerini incelediğimizde, boyu ve kök boyu ve gövde çapına göre nem oranlarında, farklı renkli led ortamındaki fideler ile aralarında değişkenlik olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 4.7 Domates fideleri ortalama yaş ve kuru madde oranları (%)

Çeşit	Işık	Yaş Ağırlığı (%)	Kuru Ağırlık (gr)	Nem oranı (%)	Kurum Madde miktarı (%)
Karacadağ	Kırmızı	0.793	0.022	97.22	2.78
	Beyaz	1.35	0.0326	98.03	1.97
	Mavi	0.993	0.174	80.04	19.96
	Gün	1.584	0.410	72.35	27.65
Lice	Kırmızı	0.243	0.018	92.33	7.67
	Beyaz	1.153	0.034	97.05	2.95
	Mavi	1.15	0.145	87.33	12.67
	Gün	1.083	0.242	77.66	22.34
Ahlat	Kırmızı	0.136	0.011	91.93	8.07
	Beyaz	0.31	0.0226	92.69	7.31
	Mavi	0.69	0.045	93.48	6.52
	Gün	0.436	0.037	91.37	8.63

Ortalama 3 domates çeşidinde yetiştirme ortamı ve farklı dalga boyunda olan farklı ışık uygulamaları ile fide yaş ağırlıkları 0,29 g/fide ile 1,732 fide olduğu, kuru ağırlık değerlerinin 0,033 ile 0,428 g/fide arasında değiştiği gözlemlenmiştir (Tablo 4.7).

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Bu çalışmada bölgemizde yetiştirilen domates çeşitlerine ait tohumların, bitki büyütme ortamına alınarak kontrollü bir şekilde , mavi kırmızı, soğuk beyaz ve sıcak beyaz(gün) ışığının bitki büyümesi üzerindeki etkileri araştırılmıştır.Deneyde kullandığımız domates çeşitleri olan Karacadağ,Lice ve Ahlat çeşitlerinin led ışık ile yılın herhangi bir döneminde yetiştirilebileceği ve yetiştirme sürecinde kontrollü olarak bitki gelişimine etkileri gözlemlenmiştir.Normal LED'lerle bitki yetiştirmek mümkün olduğu, ancak bu bitki çeşidine, büyüme aşamasına ve ışık gereksinimlerine bağlı olarak değişebildiği görülmüştür. Işık kalitesi ve miktarı bitki yetiştiriciliği için çok önemli olduğu görülmüştür.Kontrollü bir şekilde fideler çevresel zarar almadan, en sağlıklı fideler yetiştirilebilir.

Bitkilerin üzerine düşen ışığın rengi, tohum çimlenmesi, yaprak gelişimi, gövde kök uzaması, gibi bitki gelişiminin birkaç aşamasını etkileme potansiyeline sahiptir. Gün ışığında yetişen fidelerin ortalama olarak kuru madde ağırlıkları diğer farklı renkte yetişen fideler ile aralarında belirgin bir değişiklik gözlemlenmiştir. Bu durumda, gün ışığında büyüyen fidenin boyu kök ve yaş ağırlığı diğer farklı renk ledlerin altında büyüyen fidelere göre gelişimini tamamladığı sonucuna varılmıştır. Bu nedenle, güneş ışığını taklit etmek ve bitki büyümesini optimize etmek için tam ışık üretebilen bir LED ışık da kullanılabilir.

Tohum filizlendikten sonra ilk boy gelişimi gözlemlerinde, Kırmızı Led ışıkta diğer renk led ışıklara göre daha belirgin olarak ilerlediği görülmüştür. Ancak sonrasında yavaşladığı ve Gün ışığında, bitki normal gelişimini tamamlarken, diğer tek renk olan mavi ve kırmızı Led ışıklar altında büyüyen fidelerde ise gelişimin tamamlanması gecikmiştir.

Hava koşullarının değişmesi ile birlikte, gündüz ve gece arasında oluşan sıcaklık farklarına karşı olarak enerji tasarrufu, gece dış hava sıcaklığı azalacağından dolayı, bitkilere uygulanan farklı ışıktaki ledlerin çalışması akşam saatlerinde uygulanması ile, led ışıkların yayacağı ısı ile gece gündüz arası ısı farkı azaltılmış olacak ve bu durumda enerji tasarrufu da sağlanmış olacaktır.

5.2 Öneriler

Beyaz renkli Led ışıklarında özellikle tohumculuk sanayisinde sertifikalı tohum üreticilerinin laboratuvarlarında, hububatlarda çimlenme karakterlerinin incelenmesinde kullanılması önerilebilir. Ayrıca kapalı alan da yetiştirilen bitkilerinin, kaliteli ve sağlıklı bitki büyümesinde ise gün Led ışıklarının da kullanılması önerilebilir.

Tam renkli spektrumlarının dışında, LED yetiştirme ışıkları son derece yüksek ışık çıkışları nedeniyle normal LED ışıklarından farklıdır. Normal ışıklar lümenlere odaklanırken, yetiştirme ışıkları PAR'a odaklanır. Normal bir LED ampulün PAR'ı düşüktür ve düşük ışık gereksinimlerine sahip bitkileri başarıyla yetiştirebileceği, domates bitkisinin üzerinde yapılan deneyde anlaşılmıştır.

Ayrıca bitki büyütme kabini içerisinde duvar ve tavanına yüksek yansımalsacalar kullanılarak, ortama düşen ıgın yoğun bir şekilde bitkiye ulaşması da sağlanabilir. Böylece bitki ışığı çok iyi absorbe edecektir. Yapay ışık kaynakları ile yapay ortamlarda bitki yetiştirmenin yanı sıra kapalı bahçecilik, dikey tarım uygulamaları v.b. uygulamalarında gelecekte ilerlemelere yol açacaktır. Farklı ışıklandırma periyotları altında bitkilerde klorofil, yaş ağırlık kök boyu v.b. değişkenlere bağlı gelişimleri gözlemlenebilir.

KAYNAKLAR

- Arcel, M.M.; Lin, X.; Huang, J.; Wu, J.; Zheng, S. The application of LED illumination and intelligent control in plant factory, a new direction for modern agriculture: A review. *J. Phys. Conf. Ser.* 2021, 1732, 1–12. [CrossRef]
- Bantis, F., Smirnakoub, S., Ouzounisc, T., Koukounarasa, A., Ntagkase, N., Radogloub, K., 2018. Current status and recent achievements in the field of horticulture with the use of light-emitting diodes (LEDs). *Scientia Horticulturae* 235, 437–451.
- Bayat, L., Arab, M., Aliniaiefard, S., Seif, M., Lastochkina, O., Li, T., 2018. Effects of growth under different light spectra on the subsequent high light tolerance in rose plants. *AoB Plants* 10 (5), ply052.
- Bian, Z.H., Yang, Q.C., Liu, W.K., 2015. Effects of light quality on the accumulation of phytochemicals in vegetables produced in controlled environments: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 95 (5), 869–877.
- Bourget, C.M., 2008. An introduction to light-emitting diodes. *HortScience* 43 (7), 1944–1946. H.A. Ahmed et al. / *South African Journal of Botany* 130 (2020) 75 89 87.
- Chintakovid, W., Kubota, C., Bostick, W.M., Kozai, K., 2002. Effect of air current speed on evapotranspiration rate of transplant canopy under artificial light. *Journal of Society of High Technology in Agriculture* 14 (1), 25–31.
- Cope, K.R.; Bugbee, B. Spectral effects of three types of white light-emitting diodes on plant growth and development: Absolute versus relative amounts of blue light. *HortScience* 2013, 48, 504–509. [CrossRef]
- Çağlayan, N., Ertekin, C. (2015). Bitki yetiştirme odaları için farklı bir led lamba tasarımı ve performansının incelenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 11(4), 347-353.
- Çağlayan, N., Ertekin, C. (2016). Sebze üretiminde ilave led aydınlatma uygulamaları. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 12(1), 27-35.
- Dreesen, D.R., Langhans, R.W., 1991. Uniformity of impatiens plug seedling growth in controlled environments. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 116 (5), 786–791.
- Dreesen, D.R., Langhans, R.W., 1992. Temperature effects on growth of impatiens plug seedlings in controlled environments. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 117 (2), 209–215.
- FanX, LuN, XuW, ZhuangY, JinJ, MaoX, et al. Response of Flavor Substances in Tomato Fruit to Light Spectrum and Daily Light Integral. *Plants* [Internet]. 2023; 12(15).

- Fu, W., Li, P., Wu, Y., 2012. Effects of different light intensities on chlorophyll fluorescence characteristics and yield in lettuce. *Scientia Horticulturae* 135, 45–51.
- Fu, Y., Li, H., Yu, J., Liu, H., Cao, Z., Manukovsky, N., Liu, H., 2017. Interaction effects of light intensity and nitrogen concentration on growth, photosynthetic characteristics and quality of lettuce (*Lactuca sativa* L. var. youmaicai). *Scientia Horticulturae* 214, 51–57.
- Fujiwara, M., Kubota, C., Kozai, T., Sakami, K., 2004. Air temperature effect on leaf development in vegetative propagation of sweet potato single node cutting under artificial lighting. *Scientia Horticulturae* 99 (3 4), 249–256.
- Fukuda, N., Fujitan, M., Ohta, Y., Sase, S., Nishimura, S., Ezura, H., 2008. Directional blue light irradiation triggers epidermal cell elongation of abaxial side resulting in inhibition of leaf epinasty in geranium under red light condition. *J. HortScience* 115, 176–182.
- Goto, E., 2003. Effects of light quality on growth of crop plants under artificial lighting. *Environmental Control in Biology* 41 (2), 121–132.
- Goto, E., 2012. Plant production in a closed plant factory with artificial lighting. vii international symposium on light in horticultural systems. *Acta Horticulturae* 956, 37–49.
- Gómez, C., Mitchell, C.A. (2015). Growth responses of tomato seedlings to different spectra of supplemental lighting. *HortScience*, 50(1), 112–118.
- Go'mez, C., C. A. Mitchell.(2015). Growth Responses of Tomato Seedlings to Different Spectra of Supplemental Lighting Celina.HORTSCIENCE 50(1):112–118. 2015.
- Gupta, S.D., Jatothu, B., 2013. Fundamentals and applications of light-emitting diodes (LEDs) in in vitro plant growth and morphogenesis. *Plant Biotechnology Reports* 7 (3), 211–220.
- Han,T.;Vaganov, V.; Cao, S.; Li, Q.; Ling, L.; Cheng, X.; Peng, L.; Zhang, C.; Yakovlev, A.N.; Zhong, Y. Improving “color rendering” of LED lighting for the growth of lettuce. *Sci. Rep.* 2017, 7, 45944. [CrossRef] [PubMed]
- Hao, X., Jing M.Z., Little, C., Khosla, S. (2012). LED inter-lighting in year-round greenhouse mini-cucumber production. *Acta Horticulturae*. 956, 335–340.
- Hernández R, Eguchi T, Kubota C. 2016. Tomato seedling physiological responses under different percentages of blue and red photon flux ratios using LEDs and cool white fluorescent lamps. *Scientia Horticulturae* 213(14), 270–280.

- Heo, J.W., Lee, C.W., 2006. Influence of mixed LED radiation on the growth of annual plants. *J. Plant Biol.* 49, 286–290.
- Hogewoning, S.W., Emilie, W., Peter, D., Govert, T., Wim, V.I., Roberta, C., Jeremy, H., 2012. Photosynthetic quantum yield dynamics: from photosystems to leaves. *Plant Cell* 24 (5), 1921–1935.
- Hogewoning, S.W.; Trouwborst, G.; Maljaars, H.; Poorter, H.; van Ieperen, W.; Harbinson, J. Blue light dose–responses of leaf photosynthesis, morphology, and chemical composition of *Cucumis sativus* grown under different combinations of red and blue light. *J. Exp. Bot.* 2010, 61, 3107–3117. [CrossRef]
- Jiang, C.; Johkan, M.; Hohjo, M.; Tsukagoshi, S.; Maruo, T. A correlation analysis on chlorophyll content and SPAD value in tomato leaves. *HortResearch* 2017; 71:37–42. <https://doi.org/10.20776/S18808824-71> P37 42.
- Jishi, T., Matsuda, R., Fujiwara, K. 2016. Blue light monochromatic irradiation for 12 h in lighting pattern with combinations of blue and red light elongates young cos lettuce leaves and promotes growth under high daily light integral. *HortScience* 56(8): 940–945.
- Johkan, M.; Shoji, K.; Goto, F.; Hashida, S.-N.; Yoshihara, T. Blue light-emitting diode light irradiation of seedlings improves seedling quality and growth after transplanting in red leaf lettuce. *HortScience* 2010, 45, 1809–1814. [CrossRef].
- Kato, A., Morio, Y., Murakami, K., Nakamura, K. (2009). Plant growth under white LEDs compared with under fluorescent lamps. *Acta Horticulturae*, 907, 227–232.
- Kato, K., Yoshida, R., Kikuzaki, A., Hirai, T., Kuroda, H., Hiwasa-Tanase, K., et al. Molecular Breeding of Tomato Lines for Mass Production of Miraculin in a Plant Factory.
- Kim, S.J., Hahn, E.J., Heo, J.W., Paek, K.Y., 2004. Effects of LEDs on net photosynthetic rate, growth and leaf stomata of *Chrysanthemum* plantlets in vitro. *J. Sci. Hortic.* 101, 143–151.
- Kim, H.-H., Goins, G.D., Wheeler, R.M., Sager, J.C., 2004a. Green-light supplementation for enhanced lettuce growth under red-and blue-light-emitting diodes. *HortScience* 39 (7), 1617–1622.
- Kozai, T., 2013a. Plant factory in Japan-current situation and perspectives. *Chronica Horticulturae* 53 (2), 8–11.
- Kozai, T., 2013b. Resource use efficiency of closed plant production system with artificial light: concept, estimation and application to plant factory. *Proceedings of the Japan Academy, Series B* 89 (10), 447–461.
- Kozai, T., Niu, G., Takagaki, M., 2015. Plant factory: an Indoor Vertical Farming System for Efficient Quality Food Production. Academic press.

- Latino ME, Corallo A, Menegoli M, NuzzoB. Agriculture 4.0 as Enabler of Sustainable Agri-Food: A Proposed Taxonomy. *IEEE Transactions on Engineering Management*. 2023;70(10):3678–96. <https://doi.org/10.1109/TEM.2021.3101548>
- Lee, M.J., Son, J.E., Oh, M.M., 2014. Growth and phenolic compounds of *lactuca sativa* L. grown in a closed type plant production system with UV A, B, or C lamp. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 94 (2), 197–204.
- Lee, J.G., Choi, C.S., Jang, Y.A., Jang, S.W., Lee, S.G., Um, Y.C., 2013a. Effects of air temperature and air flow rate control on the tipburn occurrence of leaf lettuce in a closed type plant factory system. *Horticulture, Environment and Biotechnology* 54 (4), 303–310.
- Lee, M.J., Son, J.E., Oh, M.M., 2014. Growth and phenolic compounds of *lactuca sativa* L. grown in a closed type plant production system with UV A, B, or C lamp. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 94 (2), 197–204.
- Li, Q., Kubota, C., 2009. Effects of supplemental light quality on growth and phytochemicals of baby leaf lettuce. *J. Environ. Exp. Bot.* 67, 59–64.
- Lian, M.L., Murthy, H.N., Paek, K.Y., 2002. Effect of light emitting diodes (LEDs) on the in vitro induction and growth of bulblets of *Lilium oriental* hybrid ‘Pesaro’. *J. Sci. Hortic.* 94, 365–370.
- Li, M., Kozai, T., Ohyama, K., Shimamura, S., Gonda, K., Sekiyama, S., 2012. Estimation of hourly CO₂ assimilation rate of lettuce plants in a closed system with artificial lighting for commercial production. *Eco-engineering* 24 (3), 77–83.
- Lin, K-H., Huang, M-Y., Huang, W-D., Hsu, M-H., Yang, Z-W., Yang, C-M., 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* 150, 86–91.
- Liu, X., Chen, W., Xu, Z., Yang, Y., Wang, Z., Song, F., 2011. Effect of led light source on the growth and quality of different lettuce varieties. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica* 31 (7), 1434–1440.
- Luna-Maldonado, A.I., Vidales-Contreras, J.A., Rodriguez-Fuentes, H., 2016. Advances and trends in development of plant factories. *Frontiers in Plant Science* 7, 1848.
- Massa, G.D.; Kim, H.-H.; Wheeler, R.M.; Mitchell, C.A. Plant productivity in response to LED lighting. *HortScience* 2008, 43, 1951–1956. [CrossRef]
- Massa, G.D.; Emmerich, J.C.; Morrow, R.C.; Bourget, C.M.; Mitchell, C.A. Plant-growth lighting for space life support: A review. *Gravit. Space Biol.* 2006, 19, 19–30.
- Masuda K, Nakashima H, Miyasaka J, Ohdoi K. 2021 Quantification of the effects of alternating and simultaneous red and blue irradiations on plant morphology and shoot fresh weight in leaf lettuce ‘Greenwave’. *Environmental Control in Biology* 59(4), 181-19059.

- Min Nama, Jong, Jae Hyun Kima, Jae Geun Kima (2017). Effects of light intensity and plant density on growth and reproduction of the amphicarpic annual *Persicaria thunbergii*. *Aquatic Botany* 142 (2017) 119–122.
- Miyama., Y . 2022. Effects of Different Light Sources on Shoot to Root Ratio and Intumescence Incidence in Tomato Seedlings Grown in a Commercial Closed Seedling Production System. *International Journal of Horticultural Science and Technology* (2023) Vol. 10, Special Issues, pp. 1-8.
- Mitchell CA, Sheibani F. Chapter 10—LED advancements for plant-factory artificial lighting. In: Kozai T, Niu G, Takagaki M, editors. *Plant Factory* (Second Edition): Academic Press; 2020. p. 167–84.
- Moe, R., Heins, R.D., 2000. Thermo-and photomorphogenesis in plants. *Advances in Floriculture Research* 6, 52–64. Morrow, R.C., 2008. LED lighting in horticulture. *HortScience* 43 (7), 1947–1950.
- Monteleone S, Moraes E Ad Maia RF, editors. Analysis of the variables that affect the intention to adopt Precision Agriculture for smart water management in Agriculture 4.0 context. 2019 Global IoT Summit (GIoTS); 2019 17–21 June 2019.
- Moosavi-Nezhad, MM; oradi, S.; Kafi, M.; Aliniaiefard, S.; Salami, S.A.; Shokrpour, M.; Pedersen, C.; Wróbel, J.; Kalaji, H.M. Blue light improves photosynthetic performance and biomass partitioning toward harvestable organs in saffron (*Crocus sativus* L.). *Cells* 2021, 10, 1994. [CrossRef]
- Nanya, K.; Ishigami, Y.; Hikosaka, S.; Goto, E. Effects of blue and red light on stem elongation and flowering of tomato seedlings. *Acta Hortic.* 2012, 956, 261–266. [CrossRef] 1.
- Nelson, J.A.; Bugbee, B. Economic analysis of greenhouse lighting: Light emitting diodes vs. high intensity discharge fixtures. *PLoS ONE* 2014, 9, e99010. [CrossRef]
- Nishio, J. Why are higher plants green? Evolution of the higher plant photosynthetic pigment complement. *Plant Cell Environ.* 2000, 23, 539–548. [CrossRef]
- Nhut DT, Takamura T, Watanabe H, Okamoto K, Tanaka M. Responses of strawberry plantlets cultured in vitro under superbright red and blue light-emitting diodes (LEDs). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture.* 2003; 73(1):43–52. <https://doi.org/10.1023/A:1022638508007>. 23.
- Nicole, C., Charalambous, F., Martinakos, S., Van De Voort, S., Li, Z., Verhoog, M., Krijn, M., 2016. Lettuce growth and quality optimization in a plant factory. VIII International Symposium on Light in Horticulture 1134, 231–238.
- Ohashi-Kaneko K, Takase M, Kon N, Fujiwara K, Kurata K. 2007. Effect of light quality on growth and vegetable quality in leaf lettuce, spinach and komatsuna. *Environmental Control in Biology* 45(3) 189-198.

- Piovene, C., Orsini, F., Bosi, S., Sanoubar, R., Bregola, V., Dinelli, G., Gianquinto, G., 2015. Optimal red: blue ratio in led lighting for nutraceutical indoor horticulture. *Scien tia Horticulturae* 193, 202–208.
- Saito, Y., Shimizu, H., Nakashima, H., Miyasaka, J., Ohdoi, K., 2010. The effect of light quality on growth of lettuce. *IFAC Proceedings Volumes* 43 (26), 294–298. Sase, S., 2006.
- Movement and clim uniformity in ventilated greenhouses. *Interna tional Symposium on Greenhouse Cooling* 719, 313–324.
- Shibata, T., Iwao, K., Takano, T., 1994. Effect of vertical air flowing on lettuce growing in a plant factory. *Greenhouse Environment Control and Automation* 399, 175–182.
- Singh, D., Basu, C., Meinhardt-Wollweber, M., Roth, B., 2015. LEDs for energy efficient greenhouse lighting. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 49, 139–147.
- Terashima, I.; Fujita, T.; Inoue, T.; Chow, W.S.; Oguchi, R. Green light drives leaf photosynthesis more efficiently than red light in strong white light: Revisiting the enigmatic question of why leaves are green. *Plant Cell Physiol.* 2009, 50, 684–697.
- Thwe,A.A.; Kasemsap, P.; Vercambre, G.; Gay, F.; Phattaralerphong, J.; Gautier, H. Impact of red and blue nets on physiological and morphological traits, fruit yield and quality of tomato (*Solanum lycopersicum* Mill.). *Sci. Hortic.* 2020, 264, 109185.
- Tian, L., Meng, Q., Wang, L., Dong, J., 2014. A study on crop growth environment control system. *International Journal of Computer Application* 7 (9), 357–374.
- Yanagi, T.; Okamoto, K.; Takita, S. Effect of blue and red light intensity on photosynthetic rate of strawberry leaves. *Acta Hortic.* 1996, 440, 371–376. [CrossRef]
- YangX,XuH,ShaoL,LiT,WangY,WangR.Responseofphotosyntheticcapacityoftomatoalea vesto different LED light wavelength. *Environmental and Experimental Botany.* 2018; 150:161–71. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2018.03.013>.
- Yang, Y.T., Xiao, P., Yang, Q.C. (2009). Effects of LED light quality R/B to growth of sweet potato plantlets in vitro and energy consumptions of lighting. *Acta Horticulturae*, 907, 403-407.
- YaoX-yLiuX-y,XuZ-gJiaoX-l.Effectsoflight intensityon leaf microstructure and growth of rape seed lings cultivated under a combination of red and blue LEDs. *Journal of Integrative Agriculture.* 2017; 16 (1):97–105. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(16\)61393-X](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(16)61393-X) 22.
- Yeh, N.; Chung, J.-P. High-brightness LEDs—Energy efficient lighting sources and their potential in indoor plant cultivation. *Renew. Sus. Energy Rev.* 2009, 13, 2175–2180. [CrossRef]

- Zhang, X., He, D., Niu, G., Yan, Z., Song, J., 2018. Effects of environment lighting on the growth, photosynthesis, and quality of hydroponic lettuce in a plant factory. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering* 11 (2), 33–40.
- ZhengJ,GanP,JiF,HeD,YangP.GrowthandEnergyUseEfficiencyofGraftedTomatoTransplants as Affected by LEDLight Quality and Photon Flux Density. *Agriculture [Internet]*. 2021; 11(9).
- Zheng Y, Zou J, Lin S, Jin C, Shi M, Yang B, et al. (2023) Effects of different light intensity on the growth of tomato seedlings in a plant factory. *PLoS ONE*18(11): e0294876. [https://doi.org/ 10.1371/journal.pone.0294876](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0294876).
- Zhen, S.; van Iersel, M.W. Far-red light is needed for efficient photochemistry and photosynthesis. *J. Plant Physiol.* 2017, 209, 115–122. [CrossRef]
- Wu, B.-S.; Mansoori, M.; Trumpler, K.; Addo, P.W.; MacPherson, S.; Lefsrud, M. Effect of Amber (595 nm) Light Supplemented with Narrow Blue (430 nm) Light on Tomato Biomass. *Plants* 2023, 12, 2457. <https://doi.org/10.3390/plants1213245>.
- Wu, B.-S.; Hitti, Y.; MacPherson, S.; Orsat, V.; Lefsrud, M.G. Comparison and perspective of conventional and LED lighting for photobiology and industry applications. *Environ. Exp. Botany* 2019, 171, 1–10. [CrossRef]

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyad, Ad

SARİKURT, Mehmet Ali

Web sayfası

(Research Gate, Academia, vs.)

Eğitim Bilgileri

Derece	Kurum	Mezuniyet Yılı
Lisans	Dicle Üniversitesi (Diyarbakır)	2018
	Fırat Üniversitesi (Elazığ)	2007
Lise	Endüstri Meslek Lisesi (Diyarbakır/Ergani)	1999

İş Deneyimi

Dönem (Yıl)	Şirket, Kurum	Görev
2014-2024-Devam	Tarım ve Orman İl Müdürlüğü (Diyarbakır)	Elk-Elektronik Mühendisi
2003-2014	Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. (Diyarbakır)	Teknik Uzman

Yabancı Dil

İngilizce

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEZ BENZERLİK BİLDİRİMİ FORMU

Öğrencinin Adı, Soyadı	Mehmet Ali SARİKURT		
Öğrenci No	201822022		
Ana Bilim Dalı	Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Ana Bilim Dalı		
Program Türü	Proje ☐	Yüksek Lisans ☒	Doktora ☐
Tez Danışmanı (Ünvanı, Adı, Soyadı)	Prof.Dr.Abdullah SESSİZ		
(Varsa) II. Tez Danışmanı (Ünvanı, Adı, Soyadı)			
Tez Başlığı	Farklı Dalga Boylu Işık Kaynaklarının Tohum Çimlendirme ve Gelişimine Etkileri		
RAPOR BİLGİLERİ			
Raporlama Aşaması	Tez Savunma Sınavı Sonrası		
Sayfa Sayısı	57		
Raporlama Tarihi	22.01.2022		
Benzerlik Oranı (%)	12		

Yukarıda bilgileri verilen tez çalışmamın toplam 57 sayfalık kısmına ilişkin 22.01.2025 tarihinde tez danışmanım tarafından Turnitin isimli intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan intihal raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 12 olarak tespit edilmiştir.

Uygulanan filtrelemeler:

- ☐Başlangıç Bölümleri (Kabul ve Onay sayfası, Teşekkür sayfası, Özet/Abstract) hariç
☒Kaynaklar hariç
☐Alıntılar dâhil
☐Diğer (Her şey dâhil)

Tezimin benzerlik oranı, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İntihal Raporu Uygulama Esaslarında belirtilen üst sınır benzerlik oranını aşmamaktadır. Benzerlik oranım üst sınır benzerlik oranının altında olsa dahi aksinin tespit edilmesi durumunda her türlü yasal sorumluluğu kabul ettiğimi ve hukuki sonuçlarına razı olduğumu bildirir,
Gereğini arz ederim.

Öğrencinin Adı, Soyadı: Mehmet Ali SARİKURT

Tarih: 22.01.2025

İmza:

Danışman Prof. Dr. Abdullah SESSİZ	İmza:
Tarih: 22.01.2025	
Ana Bilim Dalı Başkanı Prof. Dr. Abdullah SESSİZ	İmza:
Tarih: 22.01.2025	