

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

DOMATES (*Lycopersicon esculentum* L.) FİDELERİNİN MUHAFAZASINDA
FARKLI DALGA BOYLU LED AYDINLATMA UYGULAMALARININ FİDE
KALİTE PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Gamze ÇAKIRER SEYREK

BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2024

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

DOMATES (*Lycopersicon esculentum* L.) FİDELERİNİN MUHAFAZASINDA FARKLI DALGA BOYLU LED AYDINLATMA UYGULAMALARININ FİDE KALİTE PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Gamze ÇAKIRER SEYREK

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Köksal DEMİR

Fide ile üretim başarılı sebze yetiştiriciliği açısından büyük önem taşımaktadır. Günümüzde fide ile üretimin artışına paralel olarak fide üreticilerinin sayısı da giderek artmaktadır. En fazla fide üretimi yapılan türlerin başında ise domates gelmektedir. Fide sevkiyatında oluşabilecek gecikmeler önemli kalite kayıplarına neden olmaktadır. Fide gelişimini baskılamak için paclobutrazolün kontrolsüz ve yaygın bir şekilde kullanımı söz konusudur. Ancak yüksek yoğunluklarda uygulanan bu kimyasal madde ile yetiştiricilik açısından sorunlar ortaya çıkmaktadır. Yapılan bu çalışmayla LED aydınlatma uygulamalarının fidelerin muhafazasında etkileri araştırılmıştır. Araştırmada ülkemizde yaygın olarak tercih edilen Troy F1 domates çeşidi kullanılmıştır. LED aydınlatma kaynağı olarak; beyaz, kırmızı, mavi, kırmızı ötesi, kırmızı+kırmızı ötesi, mavi+kırmızı ötesi, kırmızı+mavi ve kırmızı+mavi+kırmızı ötesi dalga boyları ve ışık reçeteleri kullanılmıştır. Ayrıca $200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ve $300 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ PPFD oranları da denenerek ışığın etkinliği daha fazla ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu ışık uygulamaları, gün ışığı koşulları ve paclobutrazol (5, 15 ve 25 ppm) ile kıyaslanarak fide muhafazası açısından değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda fideler önemli kalite parametreleri açısından analiz edilmiştir. Muhafaza uygulaması yapılan fidelerin daha sonra sera performansları da incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre kırmızı+mavi ve kırmızı+mavi+kırmızı ötesi ışık uygulamalarında muhafaza sırasında düşük boy (cm) ve yaprak sayısı (adet) gelişimi görülmesine rağmen, kök gelişimi (cm), toplam kuru ağırlık (g) bakımından artış meydana gelmiştir. Fidler için önemli bir kalite parametresi olan DQI bakımından da yüksek sonuçlar elde edilmiştir. Bu fidelerin sera performansı değerlendirildiğinde ise fidelerin erken ve güçlü boylanma eğiliminde olduğu görülmüştür. Sonuç olarak ışık uygulamalarının paclobutrazolün olumsuz etkilerinin önüne geçmek açısından daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Şubat 2024, 178 sayfa

Anahtar Kelimeler: Domates, LED aydınlatma, ışık, fide, paclobutrazol, muhafaza

ABSTRACT

PhD Thesis

THE EFFECTS OF LED LIGHTING APPLICATIONS IN DIFFERENT WAVELENGTH ON SEEDLING QUALITY PARAMETERS IN STORAGE OF TOMATO (*Lycopersicon esculentum* L.) SEEDLINGS

Gamze CAKIRER SEYREK

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Horticulture

Supervisor: Prof. Dr. Koksal DEMİR

The successful vegetable production with seedlings is given great importance. Nowadays, the number of seedling production is increasing day by day in parallel with the increase to production of seedlings. Tomato is one of the most produced species. Delays in the supply of seedlings cause significant quality loss. There is uncontrolled and widespread use of paclobutrazol to suppress seedling development. However, problems may arise in terms of cultivation with this chemical applied in high concentrations. In this study, LED lighting applications in the storage of seedlings were investigated. The widely preferred Troy F1 tomato variety was used in this research. As LED lighting source; white, red, blue, far-red, red+far-red, blue+far-red, red+blue and red+blue+far-red wavelengths and light recipes were used. In addition, with PPFD rates of $200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ and $300 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ were tried to further reveal the effectiveness. These light treatments were evaluated for seedling maintenance by comparing with daylight conditions and paclobutrazol (5, 15 and 25 ppm). As a result of this study, seedlings were analyzed in terms of important quality parameters. The greenhouse performance of the storage seedlings was also examined. According to the results, although red+blue and red+blue+far-red light applications showed low plant height (cm) and number of leaves (number) during storage, there was an increase in root development (cm) and total dry weight (g). High results were also obtained in terms of DQI, which is an important quality parameter for seedlings. When the greenhouse performance of these seedlings was evaluated, it was seen that the seedlings tended to grow early and strongly. As a result, it has been observed that light applications provide better results in preventing the negative effects of paclobutrazol.

February 2024, 178 pages

Key Words: Tomato, LED lighting, light, seedling, paclobutrazol, storage

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim ve iş hayatım boyunca bilgi ve yardımları ile her zaman yanımda olan ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen danışmanım Sayın Prof. Dr. Köksal DEMİR'e şükranlarımı sunarım. Bu süre zarfında başarı ve bilgisi ile her zaman örnek aldığım ve kendisi ile çalışmaktan büyük mutluluk duyduğum bir danışmana sahip olduğum için kendimi çok şanslı hissediyorum. Sevgili eşi Sayın Serap DEMİR, kızı Nihan DEMİR HARMAN ve oğlu Yusuf DEMİR'e de bu süreçte bana gösterdikleri tüm ilgi ve yardımları için çok teşekkür ederim. Değerli görüş ve önerileri ile doktora tezimin tasarlanması ve sonuçların değerlendirilmesinde yardımlarını esirgemeyen Sayın Prof. Dr. İbrahim DEMİR, Prof. Dr. Hasan SİLLELİ, Prof. Dr. Nuray ÇÖMLEKÇİOĞLU ve Doç. Dr. Hakan BAŞAK'a, analizlerin yapılmasında laboratuvar ve ekipmanlar için desteğini esirgemeyen Prof. Dr. Birhan KUNTER ve Prof. Dr. Nurdan TUNA GÜNEŞ'e, yaprak alanı ölçümünde yardımcı olan Prof. Dr. Murat DEVECİ'ye, bu süreçte çalışmalarında yardımcı olan Prof. Dr. Gölge SARIKAMIŞ'a, benden desteklerini esirgemeyen Doç. Dr. Selen AKAN, Dr. Öğretim Üyesi Özge HORZUM, Dr. Öğretim Üyesi Hande TAHMAZ KARAMAN, Ziraat Yük. Müh. Şeyma SÜTÇÜ ve Öğr. Gör. Murat KÖSEÇAVUŞ'a teşekkür ederim. Ayrıca üyesi olduğum ve çalışmaktan mutluluk duyduğum tüm Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri öğretim üyelerine ve idari görevlilerine teşekkür ederim.

Tüm bilgi ve alt yapı olanaklarını bana sunan ve araştırma imkanı tanıyan Wageningen Üniversitesi ve Araştırma Merkezi'ne, kıdemli araştırmacı Anja DIELEMAN, bitki fizyolojisti Kees Weerheim ve birlikte çalıştığım Rossella Rossi'ye, doktora tezimde kullandığım tohumların tedarik edilmesinde ve denemenin kurulmasında yardımcı olan tüm Başaran Sera ailesine ve özellikle Tayfun AYDOĞAN ve Hacer BAŞARAN'a, tezimde kullandığım aydınlatma sistemlerinin tedarik ve montajında yardımcı olan Plantekno Firması'na, aydınlatma sistemlerinin spektrum ölçümlerinde yardımcı olan Bahar Aydınlatma'ya, iklim odasının otomasyon sisteminde yardımcı olan Zenginer Soğutma'ya, çalışmalarında benden yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarım Mustafa ÇELİK, Mehmet Fatih KARA, Burak DEMİRER, Burak KESKİN, Yusuf Ali ARİF, Yüksel OĞUZ, Tuğba KAYA ve Emre Can KAYA'ya teşekkür ederim.

Ömrüm boyunca maddi ve manevi desteğini benden esirgemeyen sevgili annem Yasemin Demet ÇAKIRER ve babam Aydın ÇAKIRER’e teşekkür ederim. Doktora tezim süresince ve tüm hayatım boyunca gösterdikleri destekten dolayı böyle bir aileye sahip olduğum için kendimi çok şanslı hissediyorum. Her zaman yanımda ve bana destek olan sevgili eşim Eren SEYREK ile ailesine, üzerimde emekleri çok büyük olan sevgili anneannem Afife Taybe TORUN, dedem Mehmet Esat TORUN, babaannem Sevgi ÇAKIRER ve dedem Osman ÇAKIRER’e, her zaman yanımda olan sevgili kardeşim Pınar ULUER ve ailesine, varlığı ile hayatıma anlam katan ve bu süreçte benim şansım olan sevgili kızım Deniz SEYREK’e çok teşekkür ederim. İsmi zikredemediğim üzerimde emeği olan herkese sevgi, saygı ve şükranlarımı sunarım.

Bu tez çalışması, “Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü” ve “Domates (*Lycopersicon esculentum* L.) Fidelerinin Muhafazasında Farklı Dalga Boylu LED Aydınlatma Uygulamalarının Fide Kalite Parametreleri Üzerine Etkileri (18L0447011)” konulu proje tarafından desteklenmiştir.

Gamze ÇAKIRER SEYREK
Ankara, Şubat 2024

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI	
ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
SİMGELER DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
2.1 Bitkisel Üretimde Işığın Etkileri	4
2.2 Paclobutrazol Kullanımı ve Etkileri.....	13
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	17
3.1 Materyal	17
3.1.1 Bitkisel materyal.....	17
3.1.2 Bitki büyütme kabini	17
3.2 Yöntem	24
3.2.1 Birinci aşama deneme	24
3.2.1.1 Tohum ekimi ve fide üretimi.....	24
3.2.1.2 Fide muhafazası.....	28
3.2.1.3 Fide dikimi	38
3.2.2 İkinci aşama deneme.....	41
3.2.2.1 Tohum ekimi ve fide üretimi.....	41
3.2.2.2 Fide muhafazası.....	44
3.2.2.3 Fide dikimi	49
3.3 Analizler	50
3.3.1 Muhafaza uygulamasından sonra yapılan analizler	50
3.3.1.1 Sürgün yaş ağırlığı (g).....	50
3.3.1.2 Kök yaş ağırlığı (g)	50
3.3.1.3 Sürgün kuru ağırlığı (g).....	51
3.3.1.4 Kök kuru ağırlığı (g)	51
3.3.1.5 Fide boyu (cm)	52
3.3.1.6 Gövde çapı (mm)	52
3.3.1.7 Kök boyu (cm)	52
3.3.1.8 Yaprak sayısı	52
3.3.1.9 Yaprak alanı	53
3.3.1.10 Renk (L*, a*, b*)	53
3.3.1.11 Kloroz	53
3.3.1.12 Nisbi klorofil	53
3.3.1.13 SÇKM (%)	54
3.3.1.14 Stoma sayısı (adet mm ⁻²).....	55
3.3.1.15 Toplam kuru ağırlık (g).....	55
3.3.1.16 Sürgün / kök kuru ağırlık oranı.....	55
3.3.1.17 Sağlamlık katsayısı.....	56
3.3.1.18 Dickson kalite indeksi (DQI).....	56

3.3.1.19 Yaprak kütle alanı (g cm ⁻²) (YKA)	56
3.3.1.20 Bitki kompaktlık indeksi	56
3.3.2 Fidelerin dikiminden sonra yapılan analizler	56
3.3.2.1 İlk çiçeklenme zamanı (gün)	56
3.3.2.2 Bitki boyu (cm)	57
3.3.2.3 Boğum sayısı (adet)	57
3.3.2.4 Yaprak yaş ağırlığı (g)	57
3.3.2.5 Yaprak kuru ağırlığı (g)	57
3.3.2.6 Gövde yaş ağırlığı (g)	57
3.3.2.7 Gövde çapı (mm)	57
3.3.2.8 Gövde kuru ağırlığı (g)	58
3.4 Deneme Deseni ve İstatistiksel Analiz	58
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	59
4.1 Muhafaza Uygulamasından Sonra Yapılan Analizlerin Sonuçları	59
4.1.1 Sürgün yaş ve kuru ağırlığı (g)	59
4.1.2 Kök yaş ve kuru ağırlığı (g)	64
4.1.3 Fide ve kök boyu (cm)	69
4.1.4 Gövde çapı (mm)	76
4.1.5 Yaprak sayısı (adet) ve alanı (cm ²)	80
4.1.6 Renk (L*, a*, b*)	87
4.1.7 Nisbi klorofil	93
4.1.8 SÇKM (%)	96
4.1.9 Toplam kuru ağırlık (g)	99
4.1.10 Sürgün / kök kuru ağırlık oranı	102
4.1.11 Sağlamlık katsayısı	105
4.1.12 Dickson kalite indeksi (DQI)	108
4.1.13 Yaprak kütle alanı (g cm ⁻²)	110
4.1.14 Bitki kompaktlık indeksi	113
4.1.15 Kloroz ve antosiyanin	116
4.1.16 Stoma sayısı (adet mm ⁻²)	118
4.2 Fidelerin Dikiminden Sonra Yapılan Analizlerin Sonuçları	120
4.2.1 İlk çiçeklenme zamanı (gün)	120
4.2.2 Bitki boyu (cm)	120
4.2.3 Boğum sayısı (adet)	123
4.2.4 Çiçek sayısı (adet)	126
4.2.5 Yaprak sayısı (adet)	129
4.2.6 Gövde çapı (mm)	132
4.2.7 Yaprak yaş ve kuru ağırlığı (g)	134
4.2.8 Gövde yaş ve kuru ağırlığı (g)	138
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	143
5.1 Muhafaza Uygulamasından Sonra Yapılan Analizlerin Değerlendirilmesi	143
5.1.1 Sürgün yaş ve kuru ağırlığı (g)	143
5.1.2 Kök yaş ve kuru ağırlığı (g)	144
5.1.3 Fide ve kök boyu (cm)	144
5.1.4 Gövde çapı (mm)	147
5.1.5 Yaprak sayısı ve alanı	147
5.1.6 Renk (L*, a*, b*)	149
5.1.7 Nisbi klorofil	150

5.1.8 SÇKM (%)	151
5.1.9 Toplam kuru ağırlık (g)	153
5.1.10 Sürgün / kök kuru ağırlık oranı	153
5.1.11 Sağlamlık katsayısı	153
5.1.12 Dickson kalite indeksi (DQI)	154
5.1.13 Yaprak kütle alanı (g cm^{-2})	154
5.1.14 Bitki kompaktlık indeksi	155
5.1.15 Kloroz ve antosiyanin	155
5.1.16 Stoma sayısı (adet mm^{-2})	156
5.2 Fidelerin Dikiminden Sonra Yapılan Analizlerin Değerlendirilmesi	156
5.2.1 Bitki boyu (cm)	156
5.2.2 Boğum sayısı (adet)	157
5.2.3 Çiçek sayısı (adet)	157
5.2.4 Yaprak sayısı (adet)	158
5.2.5 Gövde çapı (mm)	159
5.2.6 Yaprak yaş ve kuru ağırlığı (g)	159
5.2.7 Gövde yaş ve kuru ağırlığı (g)	160
KAYNAKLAR	162
ÖZGEÇMİŞ	176

SİMGELER DİZİNİ

Cm	Santimetre
CO ₂	Karbondioksit
G	Gram
H	Saat
λ	Lambda
L	Litre
M	Metre
Mg	Miligram
μ mol	Mikromol
μ s	Mikrosiemens
Mm	Milimetre
Nm	Nanometre
Ph	Potansiyel Hidrojen
Ppm	Milyonda Bir Birim
S	Saniye
°C	Santigrat Derece
W	Watt
%	Yüzde

Kısaltmalar

ABA	Absisik Asit
B	Beyaz
BGD	Büyüme ve Gelişmeyi Düzenleyiciler
DQI	Dickson Kalite İndeksi
EC	Elektriksel İletkenlik
FR	Kırmızı Ötesi
GA	Giberellik Asit
GI	Gün Işığı
HPS	Yüksek Basıncılı Sodyum Lamba
IAA	İndol Asetik Asit
IR	Kızılötesi
K	Kırmızı
K+FR	Kırmızı+Kırmızı Ötesi
M+FR	Mavi+Kırmızı Ötesi
K+M	Kırmızı+Mavi
K+M+FR	Kırmızı+Mavi+Kırmızı Ötesi
LED	Işık Yayan Diyot
M	Mavi
P	Paclobutrazol Uygulaması
PE	Polietilen
PPFD	Fotosentetik Foton Akı Yoğunluğu
SÇKM	Suda Çözünür Kuru Madde
UV	Morötesi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Denemede kullanılan Troy F1 domates çeşidi.....	17
Şekil 3.2 LED lambaların yerleştirildiği bölmelerin ölçüleri.....	18
Şekil 3.3 LED lambaların ölçüleri	18
Şekil 3.4 Raflarda LED lambaların yerleşim düzeni	18
Şekil 3.5 Kabin içerisinde bulunan raflar.....	19
Şekil 3.6 Kontrol ünitesi, klima, nemlendirme cihazı ve minifan	19
Şekil 3.7 Beyaz LED lambanın CIE1976 ve CIE1931 değerleri ile PPFD ve orijinal spektrumu	20
Şekil 3.8 Kırmızı LED lambanın CIE1976 ve CIE1931 değerleri ile PPFD ve orijinal spektrumu	21
Şekil 3.9 Mavi LED lambanın CIE1976 ve CIE1931 değerleri ile PPFD ve orijinal spektrumu	21
Şekil 3.10 Kırmızı ötesi LED lambanın CIE1976 ve CIE1931 değerleri ile PPFD ve orijinal spektrumu	22
Şekil 3.11 Kırmızı + Kırmızı ötesi LED lambanın CIE1976 ve CIE1931 değerleri ile PPFD ve orijinal spektrumu.....	22
Şekil 3.12 Mavi + Kırmızı ötesi LED lambanın CIE1976 ve CIE1931 değerleri ile PPFD ve orijinal spektrumu.....	23
Şekil 3.13 Kırmızı + Mavi LED lambanın CIE1976 ve CIE1931 değerleri ile PPFD ve orijinal spektrumu	23
Şekil 3.14 Kırmızı + Mavi + Kırmızı ötesi LED lambanın CIE1976 ve CIE1931 değerleri ile PPFD ve orijinal spektrumu.....	24
Şekil 3.15 Viyollere domates tohumlarının ekimi	25
Şekil 3.16 Tohumlarda çimlenme başlangıcı, viyollerin tünel tipi sera içine alınması ve fide üretimi sırasında PPFD değerlerinin ölçümü.....	26
Şekil 3.17 Bitki besleme ve ilaç uygulamalarında kullanılan gübre ve ilaçlar	26
Şekil 3.18 18 Mart 2019 tarihinde fidelerin görünümü	27
Şekil 3.19 23 Mart 2019 tarihinde fidelerin görünümü	27
Şekil 3.20 28 Mart 2019 tarihinde fidelerin görünümü	28
Şekil 3.21 13 Nisan 2019 tarihinde fidelerin görünümü	28
Şekil 3.22 Fide boyu, gövde çapı ve yaprak sayısı ölçümü	29
Şekil 3.23 Muhafaza denemesi sırasında PPFD değerlerinin ölçümü	30
Şekil 3.24 Serada yetiştirme masasının üzerine örtülen şeffaf polietilen örtü ve termostatl ısıtıcı.....	30
Şekil 3.25 Serada paclobutrazol ve gün ışığı koşullarının uygulanması.....	31

Şekil 3.26 Muhafaza denemesi sırasında kullanılan gübre ve insektisit.....	31
Şekil 3.27 Muhafaza denemesi sırasında insektisit uygulaması ve sarı yapışkan tuzakların yerleştirilmesi	32
Şekil 3.28 16 Nisan 2019 tarihinde fidelerin görünümü	33
Şekil 3.29 19 Nisan 2019 tarihinde fidelerin görünümü	34
Şekil 3.30 22 Nisan 2019 tarihinde fidelerin görünümü	35
Şekil 3.31 24 Nisan 2019 tarihinde fidelerin görünümü	36
Şekil 3.32 Uygulamalara göre fidelerin görünümü.....	37
Şekil 3.33 Dikim öncesi sulama sisteminin hazırlanması.....	38
Şekil 3.34 Dikim öncesi saksıların hazırlanması	39
Şekil 3.35 Serada saksılara dikim yapılması.....	39
Şekil 3.36 Sera içerisine net örtü çekilmesi	40
Şekil 3.37 Dikimi yapılan fidelerde çiçeklenme ve çiçeklenme başlangıcı.....	41
Şekil 3.38 Viyollere domates tohumlarının ekimi	42
Şekil 3.39 09 Haziran 2020 tarihinde fidelerin görünümü.....	42
Şekil 3.40 13 Haziran 2020 fidelerin görünümü	43
Şekil 3.41 24 Haziran 2020 fidelerin görünümü	43
Şekil 3.42 08 Temmuz 2020 fidelerin görünümü	43
Şekil 3.43 PPFD değerlerinin ve fidelerde muhafaza öncesi ölçümlerinin yapılması	45
Şekil 3.44 Fidelere durdurucu uygulaması	45
Şekil 3.45 10 Temmuz 2020 tarihinde fidelerin görünümü	47
Şekil 3.46 16 Temmuz 2020 tarihinde fidelerin görünümü	47
Şekil 3.47 Fidelerin muhafaza uygulamasından sonraki görünümü	48
Şekil 3.48 Fidelerin muhafaza uygulamasından sonraki görünümü	48
Şekil 3.49 Fidelerin gün ışığı ve durdurucu uygulamasından sonraki görünümü.....	48
Şekil 3.50 Muhafaza uygulaması yapılmış fidelerin dikilmesi.....	49
Şekil 3.51 Sürgün yaş ağırlığı tartımı	50
Şekil 3.52 Kök yaş ağırlığı tartımı için köklerin su ile yıkanması.....	51
Şekil 3.53 Sürgün ve kök kuru ağırlığının belirlenmesi	51
Şekil 3.54 Fide boyu, gövde çapı ve kök boyu ölçümü	52
Şekil 3.55 Fidelerde renk ve yaprak alanının belirlenmesi	53
Şekil 3.56 Fidelerde nisbi klorofil ölçümü.....	54
Şekil 3.57 Fidelerde SÇKM değerinin belirlenmesi	54
Şekil 3.58 Fidelerde stoma sayısının belirlenmesi (mm ²).....	55

Şekil 4.1 I. aşamada ışık uygulamalarının sürgün yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi.....	60
Şekil 4.2 I. aşamada GI ve P uygulamalarının sürgün yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi.....	61
Şekil 4.3 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının sürgün yaş ağırlığına (g) etkisi.....	62
Şekil 4.4 II. aşamada ışık uygulamalarının sürgün kuru ağırlığına (g) etkisi	63
Şekil 4.5 II. aşamada GI ve P uygulamalarının sürgün yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi.....	64
Şekil 4.6 I. aşamada ışık uygulamalarının kök yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi	65
Şekil 4.7 I. aşamada GI ve P uygulamalarının kök yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi	66
Şekil 4.8 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının kök yaş ağırlığına (g) etkisi.....	67
Şekil 4.9 II. aşamada ışık uygulamalarının kök kuru ağırlığına (g) etkisi	68
Şekil 4.10 II. aşamada GI ve P uygulamalarının kök yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi.....	69
Şekil 4.11 I. aşamada ışık uygulamalarının fide boyu (cm), fide boyu farkı (cm) ve kök boyuna (cm) etkisi.....	70
Şekil 4.12 I. aşamada GI ve P uygulamalarının fide boyu (cm), fide boyu farkı (cm) ve kök boyuna (cm) etkisi.....	71
Şekil 4.13 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının fide boyuna (cm) etkisi.....	73
Şekil 4.14 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının fide boyu farkına (cm) etkisi.....	73
Şekil 4.15 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının kök boyuna (cm) etkisi	74
Şekil 4.16 II. aşamada GI ve P uygulamalarının fide boyu (cm), fide boyu farkı (cm) ve kök boyuna (cm) etkisi.....	75
Şekil 4.17 I. aşamada ışık uygulamalarının gövde çapı (mm) ve gövde çapı farkına (mm) etkisi	76
Şekil 4.18 I. aşamada GI ve P uygulamalarının gövde çapı (mm) ve gövde çapı farkına (mm) etkisi	77
Şekil 4.19 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının gövde çapına (mm) etkisi	78
Şekil 4.20 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının gövde çapı farkına (mm) etkisi	79
Şekil 4.21 II. aşamada GI ve P uygulamalarının gövde çapı (mm) ve gövde çapı farkına (mm) etkisi	80
Şekil 4.22 I. aşamada ışık uygulamalarının yaprak sayısı (adet), yaprak sayısı farkı (adet) ve yaprak alanına (cm ²) etkisi	81

Şekil 4.23 I. aşamada GI ve P uygulamalarının yaprak sayısı (adet), yaprak sayısı farkı (adet) ve yaprak alanına (cm ²) etkisi	82
Şekil 4.24 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının yaprak sayısına (adet) etkisi	84
Şekil 4.25 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının yaprak sayısı farkına (adet) etkisi	84
Şekil 4.26 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının yaprak alanına (cm ²) etkisi	85
Şekil 4.27 II. aşamada GI ve P uygulamalarının yaprak sayısı (adet), yaprak sayısı farkı (adet) ve yaprak alanına (cm ²) etkisi	86
Şekil 4.28 I. aşamada ışık uygulamalarının L, kroma (C) ve hue (°) değerlerine etkisi	88
Şekil 4.29 I. aşamada GI ve P uygulamalarının L, kroma (C) ve hue (°) değerlerine etkisi	89
Şekil 4.30 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının L değerlerine etkisi	90
Şekil 4.31 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının kroma (C) değerlerine etkisi	91
Şekil 4.32 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının hue (°) değerine etkisi	92
Şekil 4.33 II. aşamada GI ve P uygulamalarının L, kroma (C) ve hue (°) değerlerine etkisi	93
Şekil 4.34 I. aşamada ışık ve GI/P uygulamalarının nisbi klorofil değerine etkisi	94
Şekil 4.35 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının nisbi klorofil değerine etkisi	96
Şekil 4.36 II. aşamada GI ve P uygulamalarının nisbi klorofil değerine etkisi	96
Şekil 4.37 I. aşamada ışık ve GI /P uygulamalarının SÇKM (%) değerine etkisi	97
Şekil 4.38 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının SÇKM (%) değerine etkisi	99
Şekil 4.39 II. aşamada GI ve P uygulamalarının SÇKM (%) değerine etkisi	99
Şekil 4.40 I. aşamada ışık ve GI/P uygulamalarının toplam kuru ağırlık (g) değerine etkisi	100
Şekil 4.41 II. aşamada ışık, şiddeti ve GI/P uygulamalarının toplam kuru ağırlık (g) değerine etkisi	102
Şekil 4.42 I. aşamada ışık ve GI/P uygulamalarının sürgün/kök kuru ağırlık oranı (g) değerine etkisi	103
Şekil 4.43 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının sürgün/kök kuru ağırlık oranı (g) değerine etkisi	104
Şekil 4.44 II. aşamada GI ve P uygulamalarının sürgün/kök kuru ağırlık oranı (g) değerine etkisi	105

Şekil 4.45 I. aşamada ışık ve GI/P uygulamalarının sağlamlık katsayısı değerine etkisi	106
Şekil 4.46 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının sağlamlık katsayısı değerine etkisi	107
Şekil 4.47 II. aşamada GI ve P uygulamalarının sağlamlık katsayısı değerine etkisi...	108
Şekil 4.48 I. aşamada ışık ve GI/P uygulamalarının DQI değerine etkisi	109
Şekil 4.49 II. aşamada ışık, ışık şiddeti ve GI/P uygulamalarının DQI değerine etkisi	110
Şekil 4.50 I. aşamada ışık ve GI/P uygulamalarının yaprak kütle alanı (g cm^{-2}) değerine etkisi	111
Şekil 4.51 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının yaprak kütle alanı (g cm^{-2}) değerine etkisi.....	113
Şekil 4.52 II. aşamada GI ve P uygulamalarının yaprak kütle alanı (g cm^{-2}) değerine etkisi	113
Şekil 4.53 I. aşamada ışık ve GI/P uygulamalarının bitki kompaktlık indeksi değerine etkisi	114
Şekil 4.54 II. aşamada ışık ve GI/P uygulamalarının bitki kompaktlık indeksi değerine etkisi	116
Şekil 4.55 I. aşamada ışık ve GI/P uygulamalarının stoma sayısı (adet mm^{-2}) değerine etkisi	119
Şekil 4.56 II. aşamada ışık ve GI/P uygulamalarının stoma sayısı (adet mm^{-2}) değerine etkisi	120
Şekil 4.57 I. aşamada ışık ve GI/P uygulamalarının bitki boyuna (cm) etkisi.....	121
Şekil 4.58 II. aşamada ışık ve GI/P uygulamalarının bitki boyuna (cm) etkisi	123
Şekil 4.59 I. aşamada ışık ve GI/P uygulamalarının boğum sayısına (adet) etkisi	124
Şekil 4.60 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının boğum sayısına (adet) etkisi	126
Şekil 4.61 II. aşamada GI ve P uygulamalarının boğum sayısına (adet) etkisi.....	126
Şekil 4.62 I. aşamada ışık ve GI/P uygulamalarının çiçek sayısına (adet) etkisi.....	127
Şekil 4.63 II. aşamada ışık ve GI/P uygulamalarının çiçek sayısına (adet) etkisi	129
Şekil 4.64 I. aşamada ışık ve GI/P uygulamalarının yaprak sayısına (adet) etkisi	130
Şekil 4.65 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının yaprak sayısına (adet) etkisi	131
Şekil 4.66 II. aşamada GI ve P uygulamalarının yaprak sayısına (adet) etkisi.....	132
Şekil 4.67 I. aşamada ışık ve GI/P uygulamalarının gövde çapına (mm) etkisi	133
Şekil 4.68 II. aşamada ışık ve GI/P uygulamalarının gövde çapına (mm) etkisi	134
Şekil 4.69 I. aşamada ışık uygulamalarının yaprak yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi ...	135

Şekil 4.70 I. aşamada GI ve P uygulamalarının yaprak yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi.....	136
Şekil 4.71 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının yaprak yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi	137
Şekil 4.72 II. aşamada GI ve P uygulamalarının yaprak yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi.....	138
Şekil 4.73 I. aşamada ışık uygulamalarının gövde yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi	139
Şekil 4.74 I. aşamada GI ve P uygulamalarının gövde yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi.....	140
Şekil 4.75 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının gövde yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi	141
Şekil 4.76 II. aşamada GI ve P uygulamalarının gövde yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi.....	142

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 LED lambalar ve ışık içerikleri.....	20
Çizelge 3.2 Bitki besleme ve ilaç uygulamaları.....	27
Çizelge 3.3 Deneme süresince yapılan fide muhafaza uygulamaları ve uygulama dozları.....	29
Çizelge 3.4 Fide yetiştiriciliği sırasında yapılan uygulamalar	44
Çizelge 3.5 Deneme süresince yapılan fide muhafaza uygulamaları ve uygulama dozları.....	46
Çizelge 4.1 I. aşamada ışık uygulamalarının sürgün yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi ...	60
Çizelge 4.2 I. aşamada GI ve P uygulamalarının sürgün yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi.....	60
Çizelge 4.3 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının sürgün yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi	62
Çizelge 4.4 II. aşamada GI ve P uygulamalarının sürgün yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi.....	63
Çizelge 4.5 I. aşamada ışık uygulamalarının kök yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi	64
Çizelge 4.6 I. aşamada GI ve P uygulamalarının kök yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi.....	65
Çizelge 4.7 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının kök yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi	67
Çizelge 4.8 II. aşamada GI ve P uygulamalarının kök yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi.....	68
Çizelge 4.9 I. aşamada ışık uygulamalarının fide boyu (cm), fide boyu farkı (cm) ve kök boyuna (cm) etkisi.....	70
Çizelge 4.10 I. aşamada GI ve P uygulamalarının fide boyu (cm), fide boyu farkı (cm) ve kök boyuna (cm) etkisi	71
Çizelge 4.11 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının fide boyu (cm) ve fide boyu farkına (cm) etkisi	72
Çizelge 4.12 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının kök boyuna (cm) etkisi	74
Çizelge 4.13 II. aşamada GI ve P uygulamalarının fide boyu (cm), fide boyu farkı (cm) ve kök boyuna (cm) etkisi	75
Çizelge 4.14 I. aşamada ışık uygulamalarının gövde çapı (mm) ve gövde çapı farkına (mm) etkisi	76
Çizelge 4.15 I. aşamada GI ve P uygulamalarının gövde çapı (mm) ve gövde çapı farkına (mm) etkisi	77
Çizelge 4.16 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının gövde çapı (mm) ve gövde çapı farkına (mm) etkisi.....	78

Çizelge 4.17 II. aşamada GI ve P uygulamalarının gövde çapı (mm) ve gövde çapı farkına (mm) etkisi	79
Çizelge 4.18 I. aşamada ışık uygulamalarının yaprak sayısı (adet), yaprak sayısı farkı (adet) ve yaprak alanına (cm ²) etkisi	81
Çizelge 4.19 I. aşamada GI ve P uygulamalarının yaprak sayısı (adet), yaprak sayısı farkı (adet) ve yaprak alanına (cm ²) etkisi	82
Çizelge 4.20 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının yaprak sayısı (adet) ve yaprak sayısı farkına (adet) etkisi	83
Çizelge 4.21 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının yaprak alanına (cm ²) etkisi	85
Çizelge 4.22 II. aşamada GI ve P uygulamalarının yaprak sayısı (adet), yaprak sayısı farkı (adet) ve yaprak alanına (cm ²) etkisi	86
Çizelge 4.23 I. aşamada ışık uygulamalarının L, kroma (C) ve hue (°) değerlerine etkisi	87
Çizelge 4.24 I. aşamada GI ve P uygulamalarının L, kroma (C) ve hue (°) değerlerine etkisi	88
Çizelge 4.25 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının L ve kroma (C) değerlerine etkisi	90
Çizelge 4.26 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının hue (°) değerine etkisi	91
Çizelge 4.27 II. aşamada GI ve P uygulamalarının L, kroma (C) ve hue (°) değerlerine etkisi	92
Çizelge 4.28 I. aşamada ışık uygulamalarının nisbi klorofil değerine etkisi	94
Çizelge 4.29 I. aşamada GI ve P uygulamalarının nisbi klorofil değerine etkisi.....	94
Çizelge 4.30 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının nisbi klorofil değerine etkisi	95
Çizelge 4.31 II. aşamada GI ve P uygulamalarının nisbi klorofil değerine etkisi.....	95
Çizelge 4.32 I. aşamada ışık uygulamalarının SÇKM (%) değerine etkisi.....	97
Çizelge 4.33 I. aşamada GI ve P uygulamalarının SÇKM (%) değerine etkisi	97
Çizelge 4.34 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının SÇKM (%) değerine etkisi	98
Çizelge 4.35 II. aşamada GI ve P uygulamalarının SÇKM (%) değerine etkisi.....	98
Çizelge 4.36 I. aşamada ışık uygulamalarının toplam kuru ağırlık (g) değerine etkisi	100
Çizelge 4.37 I. aşamada GI ve P uygulamalarının toplam kuru ağırlık (g) değerine etkisi	100
Çizelge 4.38 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının toplam kuru ağırlık (g) değerine etkisi.....	101

Çizelge 4.39 II. aşamada GI ve P uygulamalarının toplam kuru ağırlık (g) değerine etkisi	101
Çizelge 4.40 I. aşamada ışık uygulamalarının sürgün/kök kuru ağırlık oranı (g) değerine etkisi.....	102
Çizelge 4.41 I. aşamada GI ve P uygulamalarının sürgün/kök kuru ağırlık oranı (g) değerine etkisi.....	102
Çizelge 4.42 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının sürgün/kök kuru ağırlık oranı (g) değerine etkisi	103
Çizelge 4.43 II. aşamada GI ve P uygulamalarının sürgün/kök kuru ağırlık oranı (g) değerine etkisi.....	104
Çizelge 4.44 I. aşamada ışık uygulamalarının sağlamlık katsayısı değerine etkisi	105
Çizelge 4.45 I. aşamada GI ve P uygulamalarının sağlamlık katsayısı değerine etkisi	105
Çizelge 4.46 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının sağlamlık katsayısı değerine etkisi	106
Çizelge 4.47 II. aşamada GI ve P uygulamalarının sağlamlık katsayısı değerine etkisi	107
Çizelge 4.48 I. aşamada ışık uygulamalarının DQI değerine etkisi.....	108
Çizelge 4.49 I. aşamada GI ve P uygulamalarının DQI değerine etkisi	109
Çizelge 4.50 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının DQI değerine etkisi	109
Çizelge 4.51 II. aşamada GI ve P uygulamalarının DQI değerine etkisi	110
Çizelge 4.52 I. aşamada ışık uygulamalarının yaprak kütle alanı (g cm ⁻²) değerine etkisi	111
Çizelge 4.53 I. aşamada GI ve P uygulamalarının yaprak kütle alanı (g cm ⁻²) değerine etkisi	111
Çizelge 4.54 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının yaprak kütle alanı (g cm ⁻²) değerine etkisi.....	112
Çizelge 4.55 II. aşamada GI ve P uygulamalarının yaprak kütle alanı (g cm ⁻²) değerine etkisi	112
Çizelge 4.56 I. aşamada ışık uygulamalarının bitki kompaktlık indeksi değerine etkisi	114
Çizelge 4.57 I. aşamada GI ve P uygulamalarının bitki kompaktlık indeksi değerine etkisi	114
Çizelge 4.58 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının bitki kompaktlık indeksi değerine etkisi	115
Çizelge 4.59 II. aşamada GI ve P uygulamalarının bitki kompaktlık indeksi değerine etkisi	115
Çizelge 4.60 I. aşamada ışık uygulamalarının kloroz ve antosiyanin değerine etkisi	116

Çizelge 4.61 I. aşamada GI ve P uygulamalarının kloroz ve antosiyanin değerine etkisi	117
Çizelge 4.62 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının kloroz ve antosiyanin değerine etkisi	117
Çizelge 4.63 II. aşamada GI ve P uygulamalarının kloroz ve antosiyanin değerine etkisi	118
Çizelge 4.64 I. aşamada ışık uygulamalarının stoma sayısı (adet mm ⁻²) değerine etkisi	118
Çizelge 4.65 I. aşamada GI ve P uygulamalarının stoma sayısı (adet m ^{m-2}) değerine etkisi	118
Çizelge 4.66 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının stoma sayısı (adet mm ⁻²) değerine etkisi.....	119
Çizelge 4.67 II. aşamada GI ve P uygulamalarının stoma sayısı (adet mm ⁻²) değerine etkisi	119
Çizelge 4.68 I. aşamada ışık uygulamalarının bitki boyuna (cm) etkisi	121
Çizelge 4.69 I. aşamada GI ve P uygulamalarının bitki boyuna (cm) etkisi.....	121
Çizelge 4.70 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının bitki boyuna (cm) etkisi	122
Çizelge 4.71 II. aşamada GI ve P uygulamalarının bitki boyuna (cm) etkisi	122
Çizelge 4.72 I. aşamada ışık uygulamalarının boğum sayısına (adet) etkisi	123
Çizelge 4.73 I. aşamada GI ve P uygulamalarının boğum sayısına (adet) etkisi	124
Çizelge 4.74 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının boğum sayısına (adet) etkisi.....	125
Çizelge 4.75 II. aşamada GI ve P uygulamalarının boğum sayısına (adet) etkisi.....	125
Çizelge 4.76 I. aşamada ışık uygulamalarının çiçek sayısına (adet) etkisi	127
Çizelge 4.77 I. aşamada GI ve P uygulamalarının çiçek sayısına (adet) etkisi.....	127
Çizelge 4.78 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının çiçek sayısına (adet) etkisi.....	128
Çizelge 4.79 II. aşamada GI ve P uygulamalarının çiçek sayısına (adet) etkisi	128
Çizelge 4.80 I. aşamada ışık uygulamalarının yaprak sayısına (adet) etkisi.....	129
Çizelge 4.81 I. aşamada GI ve P uygulamalarının yaprak sayısına (adet) etkisi	130
Çizelge 4.82 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının yaprak sayısına (adet) etkisi.....	131
Çizelge 4.83 II. aşamada GI ve P uygulamalarının yaprak sayısına (adet) etkisi.....	131
Çizelge 4.84 I. aşamada ışık uygulamalarının gövde çapına (mm) etkisi.....	132
Çizelge 4.85 I. aşamada GI ve P uygulamalarının gövde çapına (mm) etkisi	133

Çizelge 4.86 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının gövde çapına (mm) etkisi	133
Çizelge 4.87 II. aşamada GI ve P uygulamalarının gövde çapına (mm) etkisi	134
Çizelge 4.88 I. aşamada ışık uygulamalarının yaprak yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi.....	135
Çizelge 4.89 I. aşamada GI ve P uygulamalarının yaprak yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi.....	135
Çizelge 4.90 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının yaprak yaş ağırlığına (g) etkisi.....	136
Çizelge 4.91 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının yaprak kuru ağırlığına (g) etkisi.....	137
Çizelge 4.92 II. aşamada GI ve P uygulamalarının yaprak yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi.....	138
Çizelge 4.93 I. aşamada ışık uygulamalarının gövde yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi.....	139
Çizelge 4.94 I. aşamada GI ve P uygulamalarının gövde yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi.....	139
Çizelge 4.95 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının gövde yaş ağırlığına (g) etkisi.....	140
Çizelge 4.96 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının gövde kuru ağırlığına (g) etkisi.....	141
Çizelge 4.97 II. aşamada GI ve P uygulamalarının gövde yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi.....	142

1. GİRİŞ

Sebze yetiştiriciliğinde fide ile üretim en önemli konulardandır. Fide seçiminde de etkili pek çok parametre vardır. Bunlardan en önemli olanı uygun çeşit seçimi ile üretime başlamaktır. Uygun çeşit seçimi yapılırken mutlaka kaliteli fide tercih edilmeli; fidelerin kuvvetli, sağlıklı ve pişkin özellikte olmasına dikkat edilmelidir. Fide ile üretimde yetiştiricilerin sayısı artmakta ve buna bağlı olarak fide üreten firmaların sayısı da artış göstermektedir (Şa vd. 2023) Türkiye’de fide üretimi yaklaşık 5.5 milyar adet civarındadır (Anonim 2022). Fide üretimi yapan firmaların sayısının da 230 kadar olduğu bilinmektedir (Anonim 2023). Bu firmalarda domates (657.437.561 adet) en fazla üretilen bitki olmasının yanı sıra, biber (163.592.579 adet), hıyar (91.850.956 adet), patlıcan (47.609.275 adet), karpuz (66.035.193 adet) ve kavun (27.061.786 adet) da üretilmektedir (Anonim 2021). Dünyanın hem ılıman hem de tropik bölgelerinde en fazla yetiştirilen sebze türlerinin başında yer alması nedeniyle domates fide üretiminde Dünyada da birinci sıradadır (Comlekcioglu vd. 2010, Ermis vd. 2015).

Fide ile üretimin en önemli avantajı erkencilik sağlanmasıdır. Erkencilikğin yanı sıra yüksek verim ve kalitede üretim gerçekleştirilmekte, alan ve zaman açısından da tasarruf sağlanabilmektedir. Ancak fide temin edilirken meydana gelebilecek sorunlar fidelerde kalite kaybına yol açabilmektedir. Bu durumda fidelerde yüksek boy artışı görülmekte ve fideler cılızlaşarak kalite kayıpları meydana gelmektedir. Fidencilik sektörü açısından bu durum önemli bir problem yaratmaktadır. Fidelerde aşırı boylanmayı engellemek amacıyla büyüme ve gelişmeyi düzenleyiciler (BGD) yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra budama, bitkilerdeki su düzeyini kontrol etme, stres koşulları oluşturma gibi uygulamalar da yapılabilmektedir (Demir vd. 2014, Hayat ve Başak 2021).

Fideler, şartların uygun olması durumunda hızlı bir gelişim evresine geçmektedir. Bu gibi durumlarda fidelerde aşırı boylanmanın kontrol edilebilmesi için çeşitli uygulamalar gerekli olmaktadır. Fidelerde aşırı boylanmayı kontrol etmek için; fiziksel uygulamalar yapılabildiği gibi bakırlı preparatlar, cloromequat chlorocholine chloride, PBZ ve ethrel uygun olmayan dozlarda kullanılmaktadır (Hayat ve Başak 2021). Ülkemizde de yaygın olarak kullanılan bu kimyasallar önemli sorunlar yaratmaktadır. Bu uygulamaların

yapıldığı fidelerin arazi koşullarına dikilmesinde de büyüme sorunları meydana gelmektedir.

Bitkisel üretimde aydınlatma oldukça önemlidir. Fotosentez ışık spektrumunun mavi ve kırmızı dalga boyları arasında meydana gelmektedir. Ancak son yıllarda fotoreseptörler üzerine oldukça fazla çalışma yapılmaktadır (Kochetova vd. 2023). Fotoreseptörler farklı dalga boylarında farklı tepkiler vermektedir. Bu çalışmalarda farklı ışık spektrumları ile bitkilerde bulunan fotoreseptörler uyarılarak, etki mekanizmaları incelenmektedir.

Son dönemlerde yaşanan teknolojik ilerlemeler sayesinde farklı spektrumlarda ışıklar ile bitkilerdeki çeşitli mekanizmalara etki yapılabildiği görülmüştür. Genel olarak üretimde; akkor telli, metal halid, floresan, HPS ve son yıllarda da LED lambalar kullanılmaktadır (Dayıoğlu ve Silileli 2012). Teknolojik ilerlemeler sayesinde ise LED aydınlatma kaynaklarının bitkisel üretim amacıyla kullanımı giderek artmaktadır (Seyhan vd. 2022). Özellikle LED aydınlatmaların kullanımı ile bitkilerdeki gelişim aşamasında değişik ışık reçeteleri kullanılabilmektedir. LED lambalar UV'den IR'ye kadar değişik spektrum aralığında üretilebilmekte ve bu durum ise araştırmacılar için oldukça önem taşımaktadır. Uzun ömürlü kullanıma sahip olmaları, ürettiği ışığa oranla çevreye daha az ısı vermeleri, ışık ve enerji verimlerinin fazla olması da diğer önemli avantajlarıdır (Koç vd. 2009). LED lambaların diğer bir önemi de karbon ayak izinin düşük olmasıdır. Karbon ayak izi; insan faaliyetleri sonucunda sera gazının çevreye verdiği zararın ölçüsüdür ve birim karbondioksit cinsinden ifade edilmektedir. Bu zararı azaltmak için yenilenebilir enerji ve LED aydınlatma kaynaklarının kullanımı son derece önemlidir (Çakırer ve Demir 2017). Son yıllarda yapılan çalışmalar, LED aydınlatma sistemlerinin bitki büyüme ve gelişimi ile besin içeriği ve çeşitli bitkisel mekanizmaları üzerindeki etkisini ortaya çıkarmaya çalışmaktadır (Çakırer vd. 2017, Deng vd. 2017, Demir vd. 2023).

Bu doktora çalışmasında da fide üretimi açısından önemli bir sorun oluşturan boya kaçma durumunun, farklı dalga boylarına sahip ışık kaynakları kullanılarak fide muhafazası sırasında etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla son yıllarda önemi daha da ortaya çıkan farklı dalga boylarına sahip LED aydınlatma kaynakları kullanılmış ve fidelerin dikimi

gerçekleştirilene kadar ve dikim gerçekleştirildikten sonra oluşan etkileri farklı parametreler yönüyle incelenmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Bitkisel Üretimde Işığın Etkileri

Bitkilerde farklı dalga boylarına göre ışık kaynağının etkilerinin araştırıldığı çalışmalarda kırmızı ve mavi ışık kombinasyonları uygulamasının stoma iletkenliğini arttırdığı bildirilmektedir (Ogawa vd. 1978, Iino vd. 1985, Assmann 1988).

Işıkların etkinliğine yönelik çalışmada Hoenecke vd. (1992) tarafından kırmızı ve mavi LED ışıkların etkileri tespit edilmiştir. Bu amaçla marul fidelerinde farklı ışık uygulamaları yapılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda kırmızı LED ışık uygulamasının fidelede hipokotil ve kotiledon gelişimini önemli oranda artırdığı bulunmuştur. Mavi ışık uygulamasında ise gelişim olumsuz etkilenmiştir.

Bitkilerin mavi ışık ile aydınlatılmasında stoma iletkenliğinin arttığı belirtilen çalışmada bu durumun mavi ışık fotoreseptörleri olan phot1 ve phot2'nin uyarılmasından kaynaklı olduğu belirtilmiştir (Huala vd. 1997, Kinoshita vd. 2001, Doi vd. 2004).

Klorofiller birincil fotosentez pigmentleri olmasına rağmen, karotenoid ve antosiyanin gibi diğer pigmentlerin de ışığı absorbe etme yeteneğine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu pigmentlerin görevinin fazla ışığı emerek yok etmek ve antioksidan olarak işlev görmek olduğu ortaya konulmuştur. Farklı pigmentlerin farklı dalga boylarında ışığı absorbe etmesiyle bitkiler tarafından absorbe edilebilir ışık spektrumunun son derece geniş olduğu belirtilmiştir (Davies 2004, Ouzounis vd. 2015).

Kırmızı ışık, stomaların açılmasını iki yolla etkilemektedir. Bu amaçla, hücreler arasında bulunan CO₂ konsantrasyonunun artışı ile bekçi hücreler devreye girmekte ya da bekçi hücrelerde bulunan kloroplastlar kırmızı ışığa tepki vermektedir (Roelfsema ve Hedrich 2005, Shimazaki vd. 2007).

HPS lambaların kullanım ömürleri 10.000-20.000 saat arasında değişirken, LED lambalarda bu sürenin yaklaşık 50.000 saat olduğu belirtilmektedir (Bourget 2008, Morrow 2008).

Diğer ışık kaynaklarına göre LED aydınlatma kaynaklarının, seralarda enerji kullanımı yönüyle maliyeti azaltıcı etkisi bulunmaktadır. Bu nedenle üretim alanlarında LED aydınlatma kaynaklarının kullanımında geliştirici bilimsel çalışmaların yapılması büyük önem taşımaktadır (Folta ve Childers 2008).

LED lambaların kullanımı, seralarda enerji tasarrufu sağlaması yönüyle büyük önem taşımaktadır. LED lambaların seralara entegrasyonu ile enerji tasarruf düzeyinin ortaya konulması, bu lambaların geliştirilmesini ve kullanımının yaygınlaşması amacıyla yapılacak yatırımları da arttıracaktır. LED lambaların kullanımının sürdürülebilir ve ekonomik olarak uygulanabilir olması için uygun ışık kalitesi ve dağılımının bilimsel araştırmalarla ortaya konulması gerekmektedir (Morrow 2008).

HPS lambalarda dalga boyunun ayarlanamaması ve ışık şiddetinin değiştirilememesi, son yıllarda farklı arayışların başlamasına neden olmuştur. Bunun sonucunda alternatif olarak yeni bir aydınlatma kaynağı olan LED lambalar ortaya çıkmıştır (Massa vd. 2008, Ouzounis vd. 2015).

LED lambalar bitki büyümesi açısından, çok geniş dalga boylarında (UV-IR arasında) ayarlanabilmektedir. Ayrıca dayanıklı ve uzun ömürlü olmaları, verimliliklerinin yüksekliği de bu aydınlatma kaynaklarını daha cazip hale getirmektedir (Stutte vd. 2009).

Johkan vd. (2010) tarafından kırmızı ve mavi LED ışıkların etkilerinin tespit edildiği araştırmada, marul fidelerinde farklı ışık uygulamaları yapılmıştır. Elde edilen verilere göre 1 hafta süresince kırmızı LED ışık uygulanan fidelerin yaprak alanında %33'lük, sürgün yaş ağırlığında %25'lik bir artış görülmüştür. Mavi LED uygulamasında ise sürgünlerin kuru ağırlığında %29'luk, köklerin kuru ağırlığında da %83'lük artış görülmüştür. Ayrıca mavi ışık uygulamasında sürgün/kök oranında azalma meydana

gelmiştir. Yaprak alanı ve yaş ağırlık artışı en fazla mavi ışık uygulamasından elde edilmiştir. Her iki uygulamada da toplam klorofil içeriği değeri floresan ışığa kıyasla daha düşük olmuştur.

PPFD birimi, fotosentez açısından etkili olan 400-700 nm dalga boyu arasında bulunan fotonların miktarıdır. Savvides vd. (2012) ve Ouzounis vd. (2014) tarafından yapılan çalışmalarda, PPFD seviyesinin düşük ($15 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) olması durumunda mavi ışık stomaların açılmasını sağlamıştır. Kırmızı ışık ise stomalar açısından etkiye sahip olmamıştır. Yüksek PPFD seviyeleri uygulamasında da mavi ışığın stomaların açılmasını daha fazla uyardığı tespit edilmiştir. Bu çalışma ile stomaların mavi ışıktan daha fazla etkilendiği belirlenmiştir.

Mavi ışığın bitkilere uzun süre uygulanması sonucunda; stomaların uzunluk, genişlik ve yoğunluğunda artış olduğu ve bu durumdan kaynaklı olarak stoma iletkenliğinde de artış görüldüğü Boccalandro vd. (2012) ve Savvides vd. (2012) tarafından yapılan çalışmalarda belirtilmiştir.

Domates fidelerinde Brazaityte ve Kasiuleviciute (2013) tarafından farklı ışık çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmada HPS lambalar ve 455-470 nm dalga boylarında mavi LED ışıklarla uygulama gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda mavi ışık uygulamasının bitki gelişimini etkilediği ancak kullanılan çeşitler açısından sonuçların farklılık gösterdiği belirtilmiştir. Mavi ışık uygulaması Cunero F1 çeşidinde bitki boyunu, yaprak sayısını, yaprak alanını ve yaş ağırlığını, Magnus F1 çeşidinde ise yapraklardaki fotosentetik pigment miktarını artırmıştır.

Farklı dalga boylarının bitki gelişimini artırmadaki potansiyel etkileri, aydınlatma teknolojisinde yeni fikir ve görüşlerin ortaya çıkmasına neden olmuştur (Carvalho ve Folta 2014).

Marul bitkisinde Chena vd. (2014) tarafından floresan (FL) ve kırmızı (K)+mavi (M) LED aydınlatmanın etkileri araştırılmıştır. FL+M LED ve FL+K LED uygulamalarında fidelerin gelişimi, klorofil ve karotenoid içeriği artış göstermiştir. Floresan aydınlatma uygulamasında çözünebilir şeker ve nitrat içeriği daha fazla gözlenmiştir. Sürgün, kök yaş ve kuru ağırlıklarında ki en fazla artış FL+K LED aydınlatma uygulamasından elde edilmiştir. Yapılan bu çalışma sonucunda, topraksız sistemde marul üretiminde FL+K LED aydınlatma uygulamasının etkili olduğu belirtilmiştir.

Mavi ışığın enerjisi, sahip olduğu yüksek frekans ve düşük dalga boyundan dolayı kırmızı ışığa göre daha fazladır. Bundan dolayı mavi lambaların üretimi kırmızı lambalara göre daha fazladır. Ancak yapılan çalışmalarda chl_a (430-665 nm) ve chl_b'nin (453-642 nm), kırmızı ve mavi ışığı yüksek derecede absorbe ettiği bildirilmektedir (Ouzounis vd. 2015). Bu durum, bu dalga boylu ışık kaynaklarının üreticiler tarafından tercih edilmesine neden olmaktadır.

LED ışıklar çevrelerine daha az sıcaklık yaymaktadır. HPS lambalar radyant özellik nedeniyle bitkilerde yaprak sıcaklığının artmasına neden olmaktadır. Bu durum HPS lambaların kullanıldığı sistemlerde sıcaklık ve nem kontrolü için ek uygulamalar yapılmasına neden olmaktadır. Ayrıca düşük sıcaklık gereksinimi olan bitkilerde de problem oluşmaktadır. Bu gibi durumlardan dolayı LED aydınlatma kaynaklarının kullanılması büyük önem taşımaktadır (Ouzounis vd. 2015).

Ticari olarak seralarda fotoperiyot 16-20 saat ve ışık yoğunluğu ise 100-200 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ PPFD sağlanacak biçimde düzenlenmektedir. İskandinav ülkeleri gibi kuzey bölgelerde ise domates yetiştiriciliği yapabilmek için 300-500 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık yoğunluğuna gereksinim duyulmaktadır. Seralarda kullanılan HPS lambaların enerjiyi PPFD'ye dönüştürme oranı yüksektir. Ancak HPS lambalarda ışık spektrumu ayarlanamamakta ve sarı-turuncu spektrum aralığında ışık yaymaktadır (kırmızı (550-650 nm) ışık düzeyi çok düşük ve mavi (400-500 nm) ışık düzeyi %5 civarındadır). Ayrıca bu lambaların enerji maliyeti de yüksek olmaktadır. Bu nedenle HPS lambalar ışık kalitesi açısından en verimli ışık kaynakları değildir (Ouzounis vd. 2015).

Yapılan bağımsız ölçümlerde, ticari olarak kolaylıkla bulunabilen iki farklı LED lamba etkinliğinin 2.2-2.4 $\mu\text{mol W}^{-1}$ olduğu ancak yaygın olarak kullanılan bir HPS (1000 W) lambada proton etkinliğinin 2.1 $\mu\text{mol W}^{-1}$ olduğu tespit edilmiştir. Bu bakımdan LED ışık kaynakları, HPS lambalar ile kıyaslandığında ticari açıdan kullanımının daha uygun olduğu belirtilmektedir (Ouzounis vd. 2015).

Son ve Oh (2015) tarafından yapılan bir çalışmada iki marul çeşidinde farklı ışık uygulamaları yapılmıştır. Bu amaçla yapılan uygulamalar; kırmızı (K), yeşil (Y) ve mavi (M) LED'dir. K9:M1, K8:M2, K7:M3; K9:Y1, K8:Y1:M1, K7:Y1:M2. Kırmızı ve mavi karışımlarının bitkilerin sürgün ve kök yaş/kuru ağırlığı ile yaprak alanını arttırdığı belirlenmiştir. Kırmızı ışık uygulamasına yeşil ışık ilavesinin marulda gelişime olumlu katkısı olduğu gözlenmiştir. Yaprakları kırmızı renge sahip olan marul çeşidinde sürgün yaş ağırlığının K8:Y1:M1 ışık uygulamasında %61 arttığı saptanmıştır.

Hong vd. (2015) krizantem bitkisinde LED aydınlatmanın etkisini araştırmışlardır. Yapılan ışık uygulamaları K, M, 2:1 K:M ve 1:2 K:M şeklinde olmuştur. Elde edilen verilere göre, M ışık uygulaması gelişimi artırmıştır. Fotosentez ise bu ışık uygulamasından olumsuz etkilenmiştir. K ışık ise köklenme açısından etkili olmuştur ama gelişimi olumsuz etkilemiştir. 2:1 K:M LED ışık yapılan çalışma sonucunda krizantem açısından en etkili ışık kaynağı olarak belirtilmiştir.

Randall ve Lopez (2015) sera koşullarında HPS ve LED (K87:M13) lambalar ile ek aydınlatma çalışması yapmışlardır. Ayrıca yetiştirme odasında da (K87:M13 ve K70:M30) farklı bir çalışma yürütmüşlerdir. Sera ve yetiştirme odasında yapılan ek aydınlatma, sürgün/kök kuru ağırlığı açısından artış meydana getirmiştir. Bitkilerin gövde çapı ve nisbi klorofil değeri de ek aydınlatmadan olumlu etkilenmiştir. Yetiştirme odasında yapılan ek aydınlatmanın fide boyunda kısalmaya neden olduğu belirlenmiştir. Çiçek oluşumu açısından ek aydınlatma bitkileri teşvik etmiştir.

Wollaeger ve Runkle (2015) yaptıkları bir çalışmada; mavi-kırmızı oranının fidelerde büyüme ve morfoloji üzerine etkilerini araştırmışlardır. Camgüzeli, ateşçiçeği, petunya ve domates fidelerinde çalışmalar yürütülmüştür. 6 LED ışık uygulaması ve 1 soğuk-beyaz floresan ışık uygulaması yapılmıştır. Fotosentetik foton akısı $160 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Yapılan uygulamalar; mavi80+kırmızı80, mavi40+kırmızı120, mavi20+kırmızı140, mavi10+kırmızı150 ve kırmızı160'dır. %10 mavi ışık uygulamasında bitkiler daha kısa boylu kalmış ve daha küçük yapraklara sahip olmuştur. Mavi ışık uygulanmayan (≥ 80 'den daha fazla) camgüzeli ve ateş çiçeği ise daha yüksek taze sürgün ağırlığına sahip olmuştur. Floresan ışık altında yetiştirilen bitkiler ise yüksek klorofil içeriğine sahip olmasına rağmen yapraklar daha ince kalmıştır. Yoğun mavi ışık uygulaması camgüzeline çiçeklenmeyi arttırmasına rağmen, yaprak ve gövde genişlemesini sınırlandırmıştır. Ancak $10 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ mavi ve ağırlıklı kırmızı ışık uygulaması arzu edilen kompakt gelişim sonuçları açısından genç bitkilerde uygun bulunmuştur.

Gerovac ve Craver (2016) tarafından üç farklı bitki türünde dalga boyu ve ışık şiddeti araştırılmıştır. Bu amaçla alabaş, turp ve hardal bitkileri kullanılmıştır. Çalışmada 105, 210 ve $315 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ PPFD düzeyleri ve üç farklı ışık karışımı denenmiştir. Işık karışımları: K74:Y18:M8, K87:M13, K84:FR7:M9 (K: kırmızı, FR: kırmızı ötesi, Y: yeşil, M: mavi) şeklinde oluşturulmuştur. Yapılan çalışma sonucunda ışık şiddetinin artması tüm bitkilerde hipokotil uzunluğunu azaltmış, kuru ağırlığı arttırmıştır. Işık şiddetinin artması yaprak alanını azaltmış, nisbi klorofil oranını ise arttırmıştır. Besin elementi yönünden incelendiğinde ise düşük ışık şiddetinde değerler daha yüksek bulunmuştur.

Yoshida vd. (2016) çilek fidelerinde kırmızı ve mavi LED ışığın etkilerini araştırmıştır. Yapılan bu çalışmada iki farklı çilek çeşidi su kültürü sisteminde yetiştirilmiştir. PPFD değeri $80 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ olarak ayarlanmıştır. Işık uygulaması olarak ise mavi (405, 450, 470 nm) ve kırmızı (630, 660, 685 nm) denenmiştir. Ayrıca ilk yirmi gün mavi ışık uygulaması sonrasında kırmızı ışık uygulaması da denenmiştir. Elde edilen verilere göre mavi ışığın tüm dalga boylarında çiçeklenme artış göstermiştir. Ancak çiçeklenmeye kadar geçen gün sayısı bakımından mavi ışık uygulamasında bir değişim görülmemiştir.

Kırmızı ışık uygulaması ile çiçeklenme süresi arasında olumlu bir değişim görülmüştür. Ayrıca kırmızı ışık uygulaması fotosentez bakımından da daha iyi sonuçlara sahip olmuştur. Çalışma sonucunda çiçeklenmeyi olumlu yönde artırması nedeniyle mavi LED ışık kullanımının çilek fidesi yetiştiriciliğinde daha etkili olduğu bildirilmiştir.

Silva vd. (2016) marul, hıyar ve tatlı biber fidelerinde değişik ışık uygulamalarını denemiştir. Çalışmada; soğuk-beyaz floresan lamba, kırmızı+mavi LED (%90 kırmızı ve %10 mavi) ve farklı PPFD oranları (30 ve 28 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) denenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre mavi+kırmızı LED ışık yaprak sayısını her üç türde de arttırmıştır. LED ışık uygulaması marul ve tatlı biber fidelerinde sürgün uzunluğu ve kök boğazı çapını artırırken, hıyar fidelerinde kök uzunluğu ve kök kuru ağırlığında artış görülmüştür.

Hernández ve Kubota (2016) hıyar fidelerinde farklı mavi ve kırmızı LED ışık uygulamalarının etkilerini değerlendirmiştir. Hıyar fideleri ikinci gerçek yaprak aşamasına gelene kadar (17 gün) LED aydınlatma ile 18 saatlik fotoperiyot süresince yetiştirilmiştir. Bu çalışmada yapılan uygulamalar (%); 0 mavi-100 kırmızı, 10 mavi-90 kırmızı, 30 mavi-70 kırmızı, 50mavi-50 kırmızı, 75 mavi-25 kırmızı, 100 mavi-0 kırmızı şeklindedir. Ayrıca farklı bir uygulama olarak mavi-yeşil ve kırmızı (%20 mavi-28 yeşil-52 kırmızı) ışık denenmiştir. 75 mavi-25 kırmızı uygulamasında, mavi ışık oranının artması hipokotil uzunluğunu azaltmıştır. 0 mavi-100 kırmızı ışık uygulamasında ise hipokotil uzunluğu %164 daha fazla olmuştur. Ancak 100 mavi-0 kırmızı uygulamasında beklenmedik bir şekilde hipokotil uzunluğu ve yaprak alanı çok fazla gelişim göstermiştir. Yaprak alanı bakımından elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde ise mavi oranının artması yaprak alanını azaltmış; klorofil içeriği, net fotosentez oranı ve stoma iletkenliğini arttırmıştır. Sürgün kuru ve taze ağırlığı da mavi oranının artması ile düşüş göstermiştir. Ek yeşil ışık uygulamasının ise herhangi bir etkisi görülmemiştir.

Poel ve Runkle (2017) tarafından farklı bitki türlerinde farklı ışık kaynakları denenmiştir. Bu amaçla domates, biber, petunya, geranyum ve aslanağzı bitki türleri tercih edilmiştir. HPS ve LED lambaların bu bitki türleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla mavi (M), kırmızı (K) ve yeşil (Y) LED ışık kaynakları ile gün ışığına ek aydınlatma yapılmıştır. Kullanılan ışık karışımları: M10:K90, M20:K80, M10:Y5:K85,

B15:G5:R80'dir. Ayrıca fidelerde ek aydınlatma; 16 saat veya PPFD değeri $185 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 'nin altına düştüğünde ek aydınlatma olacak şekilde uygulanmıştır ($370 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 'nin üstünde ek aydınlatma sonlandırılmış). HPS uygulamasında birçok parametre yönünden önemli değişimler gözlenmemiştir. Ancak geranyum bitkisinde HPS uygulamasında çiçeklenme zamanı üç gün erken meydana gelmiştir. LED ve HPS uygulamalarının kullanılan bitki türlerinde önemli bir değişime yol açmadığı belirtilmiştir. Ancak LED lambalardan enerji tasarrufu sağlanması bu aydınlatma kaynağını daha cazip hale getirmiştir.

Park ve Runkle (2017) tarafından yapılan bir çalışmada sardunya, petunya, aslanağazı ve camgüzeli bitkileri kullanılmıştır. Yapılan çalışmada bitki türlerine; mavi (M)+kırmızı (K) ışık uygulamasına ek olarak kırmızı ötesi (FR) ışığın etkisini belirlemek amacıyla altı farklı ışık kombinasyonu uygulanmıştır. Kontrol uygulaması olarak $32 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ mavi ve $128 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ kırmızı (B32+R128) ışık kaynağı kullanılmıştır. Hedef PPFD oranı ise $160 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ olarak tutulmuştur. Mavi ışık yoğunluğu ise tüm uygulamalarda sabit tutularak kriptokromdan kaynaklı farklılıkların etkisi ortadan kaldırılmıştır. Diğer uygulamalarda ise oranlar: M32+K96+FR32 ve M32+K64+FR64, M32+K128+FR16, M32+K128+FR32 ve M32+K128+FR64 olacak şekilde ayarlanmıştır. Yapılan çalışma sonucunda FR ışığın, uzun gün bitkisi olan aslanağazında çiçeklenmeyi teşvik ettiği gözlenmiştir. Ayrıca elde edilen veriler sonucunda FR ışığın bitki gelişimini arttırmasının nedeninin, indirekt olarak yaprak genişlemesi ile direkt olarak ise net asimilasyon artışı ile sağladığı belirtilmiştir.

Kim vd. (2020) kırmızı LED ışık uygulamasının domateste kuru madde oranını artırdığı ve genel fizikokimyasal özellikleri iyileştirdiğini ortaya koymuştur. Elde edilen verilerde kırmızı ışık uygulamasının meyvedeki potasyum, kalsiyum ve magnezyum oranını arttırdığı saptanmıştır. Kırmızı+kırmızı ötesi ışık uygulamasında ise domateslerin duyu analizi sonucunda aroma, tatlılık ve dokusu daha iyi bulunmuştur.

Izzo vd. (2020) monokromatik kırmızı ve mavi ışığın domatestede etkilerini incelemiştir. Yapılan çalışma sonucunda monokromatik kırmızı ışık; hipokotil uzamasını ve kotiledon genişlemesini arttırırken fotosentetik kapasiteyi düşürmüştür.

Kong vd. (2021) ışık kalitesi ve sıcaklığın domates bitkisinde büyüme ve fotosenteze etkilerini araştırmıştır. Bu çalışmada kırmızı, mavi ve kırmızı+mavi ışık kombinasyonları ile 26 ve 21 °C sıcaklık değerleri kullanılmıştır. Düşük sıcaklık bitki boyunu engellerken, tüm ışık kaynakları altında yaprak sapı ile ana gövde açısında artış meydana gelmiştir. 21 °C, kırmızı ışık ile uygulandığında domatesin büyümesi daha fazla olurken; kırmızı+mavi kombinasyonunda ters etkinin ortaya çıktığı görülmüştür. En fazla pigment kırmızı ışık altında ortaya çıkmıştır. Kırmızı+mavi ışık ile yüksek sıcaklığın, domates büyümesi için optimal rejimler olduğu ileri sürülmüştür. Ancak bitkisel üretimde düşük sıcaklık koşulları ve kırmızı ışık kombinasyonuna daha fazla dikkat edilmesi gerektiği belirtilmiştir.

Tarımda ışık şiddeti için PPFD ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) değeri önem taşımaktadır. PPFD tanım olarak, fotosentezde etkili spektrum aralığında (PAR) bulunan fotonların bir metrekareye bir saniyede düşen miktarının Avogadro sayısı ($6,022 \times 10^{23}$) cinsinden ifade edilmesidir. Lux ile PPFD arasında doğrudan bir çevrim bulunmamaktadır (Seyhan vd. 2022).

Wassenaar vd. (2022) fotosentetik aktif radyasyona ek olarak kırmızı ötesi (FR) ışığın da yaprak fotosentezini arttırma potansiyeli olduğunu belirtmiştir. Ayrıca ek FR ışığın yaprak nitrojenini, kalınlığını ve kütlesini değiştiren bir gölgeden kaçınma tepkisine neden olabileceği de belirtilmiştir. Düşük ışık koşullarında ek FR ışık uygulaması yaprak maksimum fotosentezini, yaprak kütlesini, kalınlığını ve nitrojeni güçlü bir şekilde azaltırken; CO₂ difüzyonuna karşı direnci arttırmıştır. Bu etkiler yüksek ışıktaki yetiştirilen bitkilerde çok daha az oranda mevcut olmuştur.

Chen vd. (2022) domates fidelerinde farklı fotosentetik foton akı yoğunluklarını denemiştir. Yapılan bu çalışma sonucunda 241 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ PPFD’de; kök/sürgün oranı düşerken, fide indeksi ile sürgün kuru ağırlığı yüksek bulunmuştur.

Li vd. (2023) seralarda kırmızı ötesi ışığın domates yetiştiriciliğinde verim, kalite ve antioksidan kapasitesi üzerine etkilerini incelemiştir. Bu amaçla 8.0 µm ve 14.0 µm dalga boyuna sahip uzak kızılötesi ışık sağlayan aydınlatma kaynakları kullanılmıştır. Bu dalga boyu bandı sebzelerdeki hücre moleküllerinin titreşim frekansına yakındır ve bitki hücre moleküllerini uyararak bitki büyümesi, verim ve kaliteyi arttırabilir. Işık kaynakları; bitki köklerine yakın, bitkinin büyüme katmanını (alt ve orta kanopi bölgesi) ile kökün yakınına ve bitki büyüme katmanının etrafına (bitki boyundaki artış ile ışık ayarlanmıştır) olacak şekilde 3 farklı formda yerleştirilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda, uygulanan ışık kaynağının yaşlı yapraklarda antioksidan kapasiteyi artırabildiği belirlenmiştir. Bitkilerin kök ve büyüme katmanına yakın yerleştirilen ışık kaynaklarında bitkinin net fotosentetik oranı %44,01 oranında artış göstermiştir. Ayrıca meyve olgunlaşmasını teşvik etmiş ve verimi %20,25 oranında arttırmıştır. Domatesin aroma bileşikleri de ışık uygulaması ile artış göstermiştir.

Martínez-Zamora vd. (2023) tarafından yapılan çalışmada domateslerde hasat sonrası raf ömrüne LED aydınlatma kaynaklarının etkileri araştırılmıştır. Mavi+kırmızı ışık uygulaması karotenoid içeriğini %27 oranında arttırırken, yeşil+kırmızı ve yeşil+kırmızı ötesi ışık uygulamaları fenolik bileşiklerde %30 oranında bir artış sağlamıştır. Mavi ve mavi+kırmızı ışık uygulamaları ise fitokimyasal biyosentezde (likopen ve naringenin) en yüksek artışı göstermiştir.

Ji vd. (2023) kırmızı ötesi (FR) ışığın sürgün-kök oranına etkisini araştırmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, FR ışığın fitokromlar tarafından sürgün ve kökler arasında oksin taşınımını etkileyerek sürgün-kök oranını değiştirdiği ortaya konulmuştur.

2.2 Paclobutrazol Kullanımı ve Etkileri

Khalil ve Rahman (1995) mısır fidelerinde durdurucu etkisi bulunan paclobutrazolün etkilerini incelemiştir. Yapılan çalışma sonucunda paclobutrazol uygulamasının fidelerin ortaya çıkışını ve vejetatif gelişmeyi geciktirdiği ancak kuru madde yüzdesini artırdığı gözlenmiştir. Ayrıca yaprak başına hem klorofil hem de karotenoid içeriğinin azaldığı ortaya konulmuştur.

Gilley ve Fletcher (1998) buğday fidelerinde paclobutrazolün büyümeyi inhibe edici ve stres etkilerini incelemiştir. Paclobutrazolün büyümeyi önleyici etkilerinin GA uygulaması ile tersine çevrilebileceği ortaya konulmuştur. Ayrıca paclobutrazol uygulaması, ısı stresi altındaki fidelerde zararı azaltmıştır.

Pasian ve Bennet (2001) kadife çiçeği, sardunya ve domates bitkilerinde paclobutrazolün etkilerini araştırmıştır. Yapılan bu çalışma sonucunda uygulama yapılan tohumların çimlenme oranları daha düşük bulunmuştur. Daha yüksek konsantrasyonda paclobutrazol uygulaması sardunya bitkilerinde çimlenmeyi engellemiştir. Tohumlar 6, 16 ve 24 saat paclobutrazol ile emdirildiğinde domates tohumlarında çimlenme oranı sırasıyla %61, %37 ve %76 oranında düşüş göstermiştir.

Navarro vd. (2007) kocayemiş fidelerinde paclobutrazolün bitki su ilişkisini araştırmıştır. Paclobutrazol uygulamasının fide gelişimini azalttığı ortaya konulmuştur. Bitkinin kuru ağırlığı, bitki boyu ve yaprak gelişiminde de azalmalar görülmüştür. Ayrıca su tüketiminin de kontrole kıyasla %10-20 arasında azaldığı kaydedilmiştir. Bu çalışmada stoma düzenlemesi ve su kontrolü sağlanırken, fotosentezin etkilenecek bitki büyümesini azalttığı saptanmıştır.

Baninasab (2009) tarafından karpuz fidelerinde yapılan çalışmada paclobutrazol uygulamasının soğuk stresinin neden olduğu hasarı iyileştirdiği ortaya konulmuştur. Uygulamanın yaprakten spre y yöntemine kıyasla, tohum uygulamasında daha etkili olduğu belirtilmiştir.

Baninasab ve Ghobadi (2011) hıyar fidelerinde yüksek sıcaklık stresine karşı paclobutrazolün etkilerini incelemiştir. Paclobutrazol yaprak prolin içeriğini artırarak ısı stresinden kaynaklanan zararlanmanın önüne geçmiştir.

Wang vd. (2015) paclobutrazolün tarımda ve doğal ortamlarda uzun süreli kullanımının, toprakta ve suda kalıntı oluşmasına neden olduğunu belirtmiştir. Su bazlı paclobutrazole kronik maruz kalmanın zebra balığında embriyonik hayatta kalma ve kuluçka oranlarını

etkilediği, kafa iskeleti ve gözlerde gelişimsel başarısızlığa neden olduğu ortaya konulmuştur. Ayrıca paclobutrazolün zebra balığının sindirim organları üzerinde embriyonik toksik etkileri olduğu belirtilmiştir.

Cázarez Flores vd. (2018) hıyar, kabak, kavun ve karpuz fidelerinde paclobutrazolün etkilerini araştırmıştır. Tüm türlerde klorofil içeriğinde artış görülmesine rağmen, boy ve yaprak alanında azalma görülmüştür. Kök kuru madde oranı ise dört tür bakımından da artış göstermiştir. Uygulama sonucunda hıyarda toprak üstü kısmının kuru maddesi %12,3 artarken, kabakta %5,3 azalmış, kavun ve karpuzda ise sırasıyla %22,9 ve %3,3 artış göstermiştir.

Wang vd. (2019) yüksek hareketliliği ve biyolojik birikim potansiyeli olan paclobutrazolün organizmaların ve ekolojik sistemlerin sağlığına yönelik risklerinin ciddi bir endişe kaynağı haline geldiğini belirtmiştir. Önceki çalışmalarında da, paclobutrazolün zebra balığının gelişen kalbi, gözleri, karaciğeri, pankreası ve bağırsağı üzerindeki toksisitesi ortaya konulmuştur. Yapılan bu çalışmada da paclobutrazolün sindirim organları ve diğer dokular üzerindeki zararlı etkileri belirtilmiştir.

Bashir vd. (2021) bamya bitkilerinde paclobutrazolün etkilerini incelemiştir. Paclobutrazolün tohumlara uygulanmasının bitki boyunda ve biyokütlesinde azalmaya neden olduğu ortaya çıkmıştır. Ancak bitkilerde yüksek klorofil ve protein içeriği saptanmıştır. Antioksidan enzimlerin aktivitesi de paclobutrazol uygulanan fidelerde daha yüksek bulunmuştur.

Liu vd. (2022) paclobutrazol ve unikonazolün sıçanlarda tiroid endokrin sistemi üzerine etkilerini araştırmıştır. Sonuçlar, paclobutrazol ve unikonazolün erkek ve dişi sıçanlarda cinsiyete özgü tiroid endokrin bozukluklarına neden olabileceğini göstermiştir. Bitki büyüme düzenleyicilerinin güvenli ve etkili uygulamasının önemi yapılan bu çalışmada vurgulanmıştır.

Paclobutrazoller (PBZ), triazol tipi bir bitki büyüme düzenleyicisi ve geciktiricisidir. Anti-gibberellinler olarak da bilinmektedirler. Paclobutrazol'un uygulanması genellikle hücre duvarının sertliğini arttırarak ve hücre duvarı genişlemesini azaltarak bitki gelişimini azaltmaktadır (Shalaby vd. 2022).

Yue vd. (2022) paclobutazolün sağlık açısından etkilerini değerlendirmiştir. Paclobutrazol, iyi antibakteriyel aktiviteye sahip yaygın olarak kullanılan bir bitki büyüme düzenleyicisidir. Tarımsal üretimde yaygın uygulamalara sahiptir. Ancak paclobutrazol kalıntılarından kaynaklanan insan sağlığına yönelik potansiyel riskler hakkında sınırlı sayıda araştırma rapor edilmiştir. Sonuçlar, paclobutrazolün sıçanların karaciğeri ve böbreğinde belirgin toksisite gösterdiğini ortaya koymuştur.

Si vd. (2023) paclobutazolün tatlı patates üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Yapılan çalışma sonucunda paclobutrazol uygulamasının GA₃, IAA ve ABA konsantrasyonlarını azalttığı, buna karşın zeatin ribozit ve metil jasmonat konsantrasyonunu arttırdığı görülmüştür. Bu durum kök uzunluğunun ve hacminin azalmasına neden olmuştur. Paclobutazolün aşırı konsantrasyonunun kök gelişimi açısından olumsuz olduğu ve verimin azalmasına neden olduğu ortaya konulmuştur.

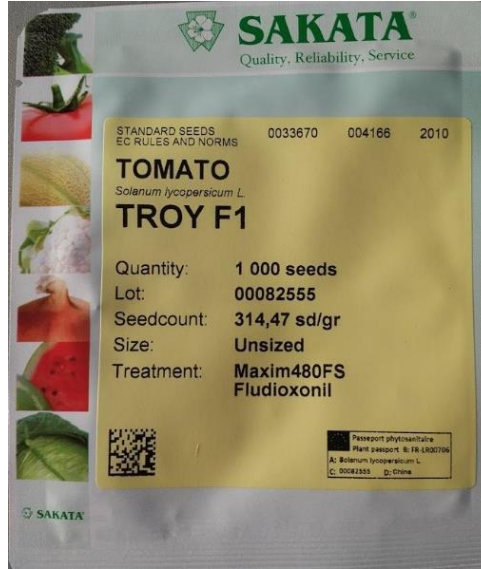
Maheshwari vd. (2023) pirinçte su stresine karşı paclobutazolün etkinliğini araştırmıştır. Nispi su içeriği, membran stabilite indeksi, toplam klorofil, klorofil stabilite indeksi ve absisik asit açısından en yüksek değer 90 ppm paclobutrazol uygulamasında gözlenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda paclobutrazol uygulamasının bitkileri abiyotik stres faktörlerine karşı koruduğu saptanmıştır.

3. MATERİYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Bitkisel materyal

Yapılan bu araştırmada, Dünya ve ülkemizde yaygın üretim alanına sahip domates (*Lycopersicon esculentum* L.) türü kullanılmıştır. Domates türüne ait fidelerin yetiştiriciliği için tohumlar Sakata firmasından (yıl: 2019-2020) temin edilmiştir. Çeşit olarak ise Ayaş yöresinde yaygın kullanılmakta olan Troy F1 kullanılmıştır (şekil 3.1).

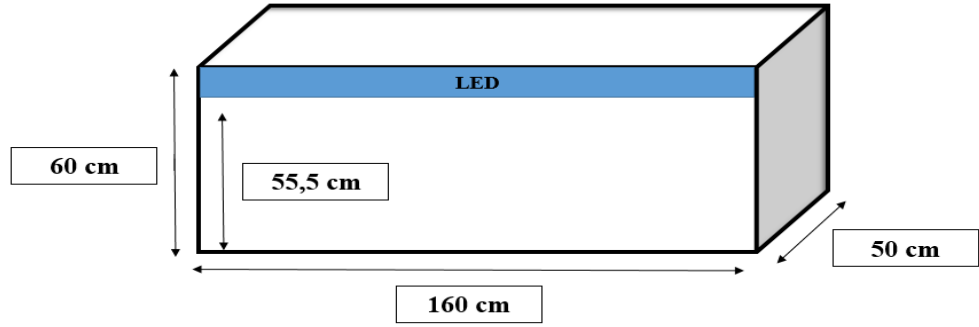


Şekil 3.1 Denemede kullanılan Troy F1 domates çeşidi

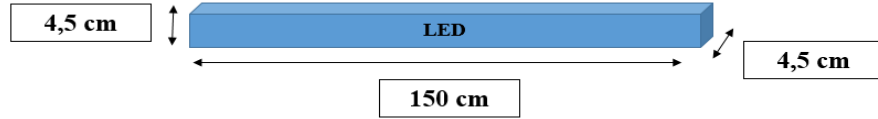
3.1.2 Bitki büyütme kabini

Yapılan bu çalışmanın muhafaza kısmı Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü'nde gerçekleştirilmiştir. Fide muhafazasında kullanılan bitki büyütme kabini 3x7x2.4 m ölçülerinde ve ısı yalıtımına sahiptir. Değişik ışık reçetelerini oluşturabilmek amacıyla kabin içerisine raf sistemi ve bölmeler oluşturulmuştur. Oluşturulan bu bölmelere farklı spektrumlarda üretilen ve bitki yetiştiriciliğinde kullanılan özel LED lambaların montajı yapılmıştır (şekil 3.2, 3.3, 3.4, 3.5). Kabin

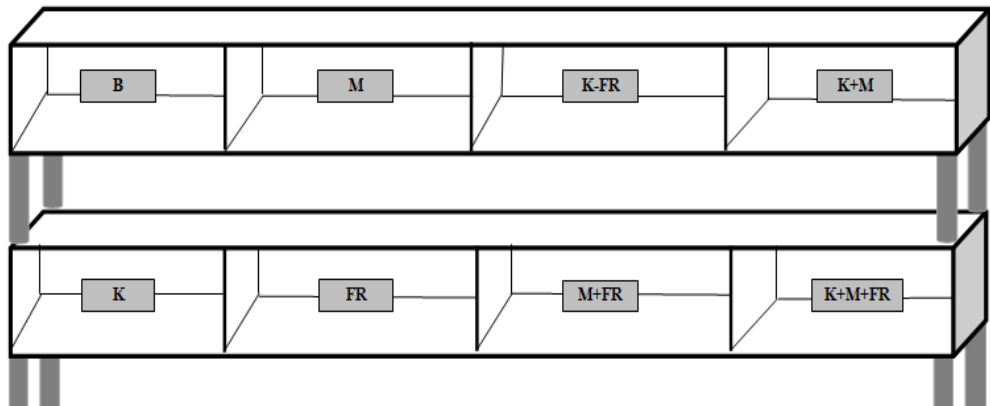
içerisinde sıcaklık klima ile sağlanmıştır. Nem dengesini sağlayabilmek için otomatik kontrollü nemlendirme cihazı yerleştirilmiştir (şekil 3.6). Sıcaklık ve nem dengesini homojen oluşturabilmek amacıyla kabin içerisine havayı karıştırmak amaçlı fan (200 m³/h) yerleştirilmiştir. Klima, nemlendirme cihazı ve LED lambalar kabin dışına kurulan kontrol ünitesine bağlanmıştır.



Şekil 3.2 LED lambaların yerleştirildiği bölmelerin ölçüleri



Şekil 3.3 LED lambaların ölçüleri



Şekil 3.4 Raflarda LED lambaların yerleşim düzeni



Şekil 3.5 Kabin içerisinde bulunan raflar



Şekil 3.6 Kontrol ünitesi, klima, nemlendirme cihazı ve fan

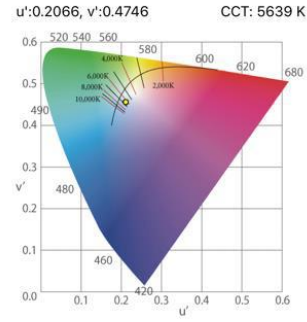
Farklı spektrumlarda oluşturulan LED ışık kaynaklarının PPFD ölçümleri LICOR 250A-Quantum sensör (400-700 nm) ile gerçekleştirilmiştir. Spektrum aralığı kırmızı ötesi ışıpta 700 nm'den fazla olmasından dolayı, kırmızı ötesi ışığın PPFD değerinin belirlenmesinde ASENSETTEK Spektrometre kullanılmış ve ölçümler gerçekleştirilmiştir. Yapılan ölçüm sonuçları PPFD ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) olarak belirlenmiştir (şekil 3.7, 3.8, 3.9, 3.10, 3.11, 3.12, 3.13, 3.14). Ayrıca raflar arasında oluşabilecek ışık kaçaklarını engelleyebilmek için alüminyumdan oluşan perde örtüleri kullanılmış ve raflar arası kapatılarak ışık geçişi engellenmiştir.

Montajı yapılan LED lambaların ışık içerikleri (çizelge 3.1);

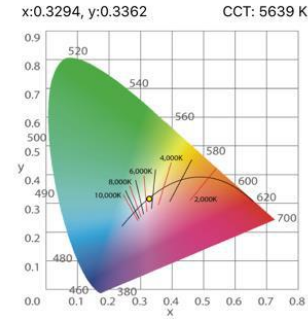
Çizelge 3.1 LED lambalar ve ışık içerikleri

LED Lambalar	Işık İçerikleri
Beyaz LED (B)	450-736 nm
Kırmızı LED (K)	656 nm
Mavi LED (M)	450 nm
Kırmızı ötesi LED (FR)	736 nm
Kırmızı + Kırmızı ötesi LED (K+FR)	656+736 nm
Mavi + Kırmızı ötesi LED (M+FR)	450 nm+736 nm
Kırmızı + Mavi LED (K+M)	656+450 nm
Kırmızı + Mavi + Kırmızı ötesi LED (K+M+FR)	656+450+736 nm

CIE1976

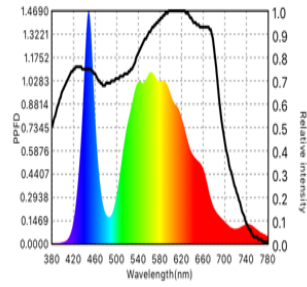


CIE1931



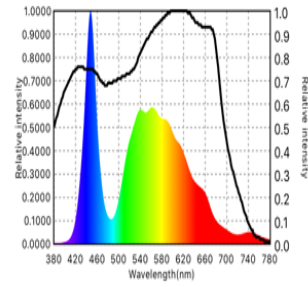
PPFD Spectrum

Ref.: McCREEs ACTION SPECTRUM



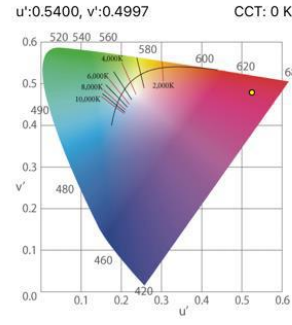
Original Spectrum

Ref.: McCREEs ACTION SPECTRUM

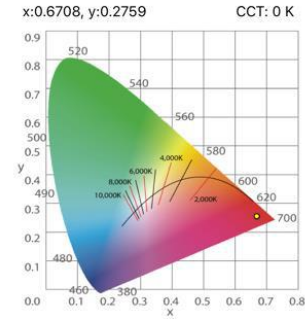


Şekil 3.7 Beyaz LED lambanın CIE1976 ve CIE1931 değerleri ile PPFD ve orijinal spektrumu

CIE1976

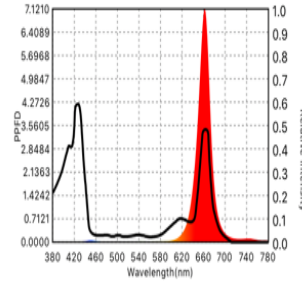


CIE1931



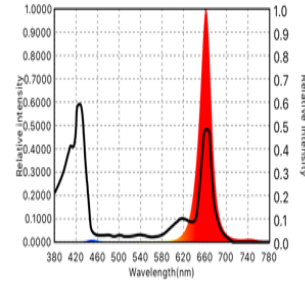
PPFD Spectrum

Ref.: CHLOROPHYLL A



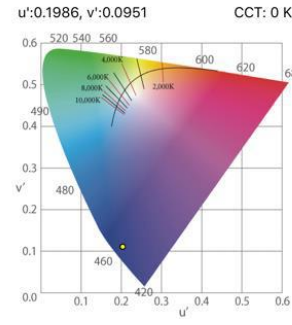
Original Spectrum

Ref.: CHLOROPHYLL A

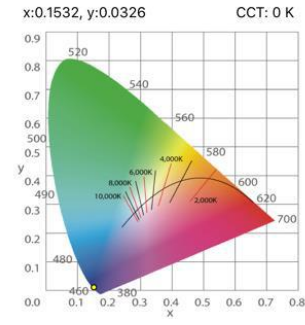


Şekil 3.8 Kırmızı LED lambanın CIE1976 ve CIE1931 değerleri ile PPFD ve orijinal spektrumu

CIE1976

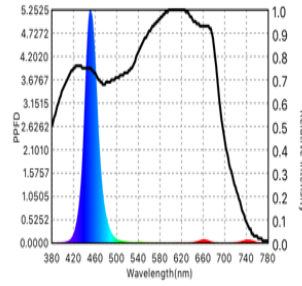


CIE1931



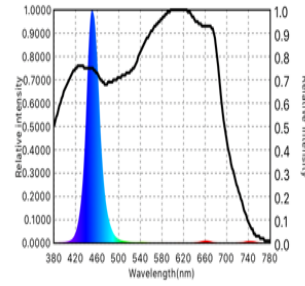
PPFD Spectrum

Ref.: McCREEs ACTION SPECTRUM



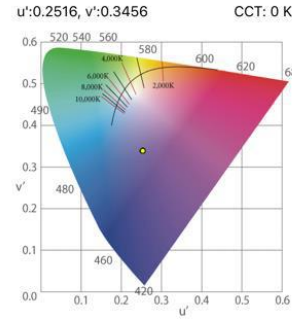
Original Spectrum

Ref.: McCREEs ACTION SPECTRUM

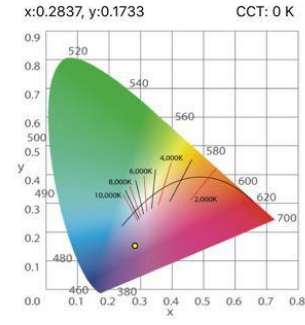


Şekil 3.9 Mavi LED lambanın CIE1976 ve CIE1931 değerleri ile PPFD ve orijinal spektrumu

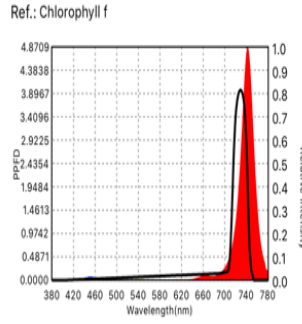
CIE1976



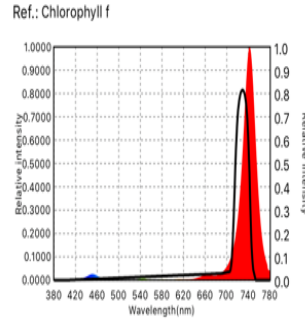
CIE1931



PPFD Spectrum

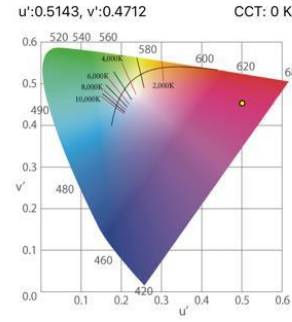


Original Spectrum

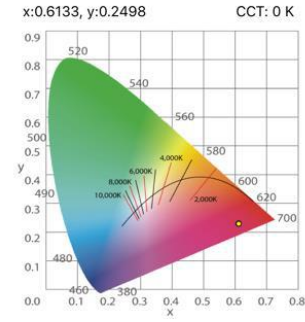


Şekil 3.10 Kırmızı ötesi LED lambanın CIE1976 ve CIE1931 değerleri ile PPFD ve orijinal spektrumu

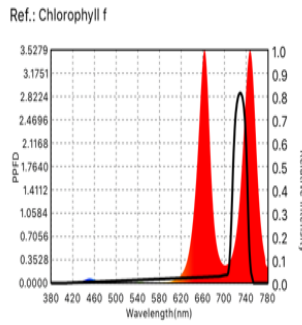
CIE1976



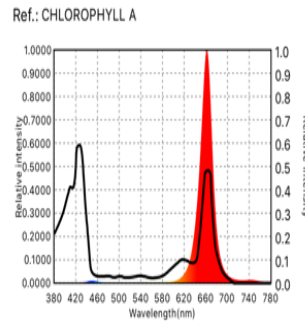
CIE1931



PPFD Spectrum

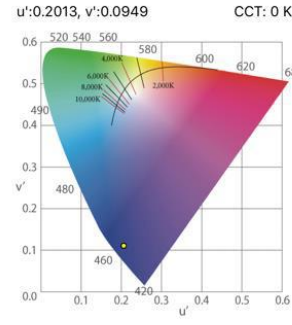


Original Spectrum

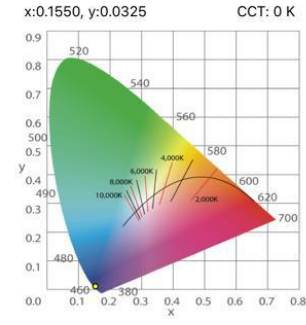


Şekil 3.11 Kırmızı + Kırmızı ötesi LED lambanın CIE1976 ve CIE1931 değerleri ile PPFD ve orijinal spektrumu

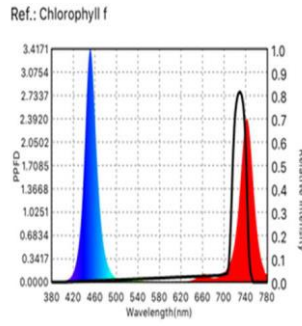
CIE1976



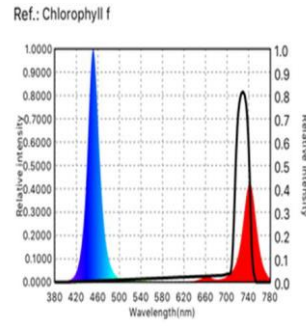
CIE1931



PPFD Spectrum

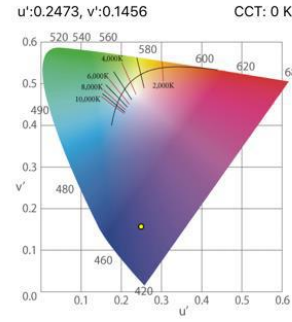


Original Spectrum

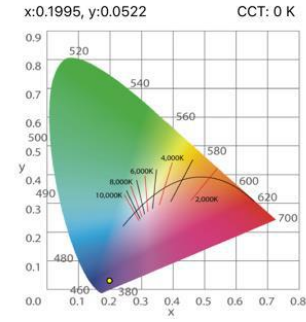


Şekil 3.12 Mavi + Kırmızı ötesi LED lambanın CIE1976 ve CIE1931 değerleri ile PPFD ve orijinal spektrumu

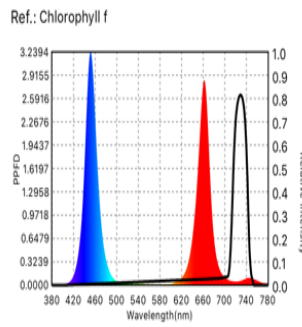
CIE1976



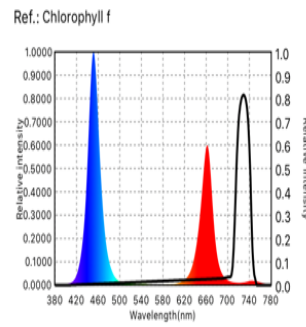
CIE1931



PPFD Spectrum

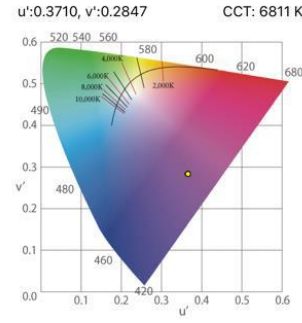


Original Spectrum

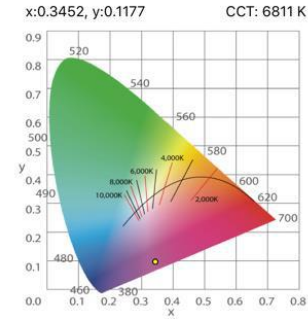


Şekil 3.13 Kırmızı + Mavi LED lambanın CIE1976 ve CIE1931 değerleri ile PPFD ve orijinal spektrumu

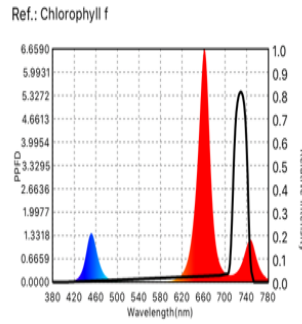
CIE1976



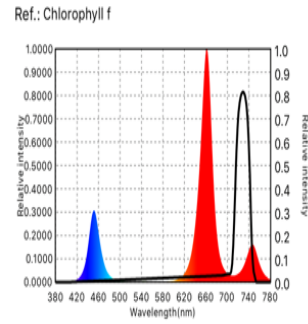
CIE1931



PPFD Spectrum



Original Spectrum



Şekil 3.14 Kırmızı + Mavi + Kırmızı ötesi LED lambanın CIE1976 ve CIE1931 değerleri ile PPFD ve orijinal spektrumu

3.2 Yöntem

3.2.1 Birinci aşama deneme

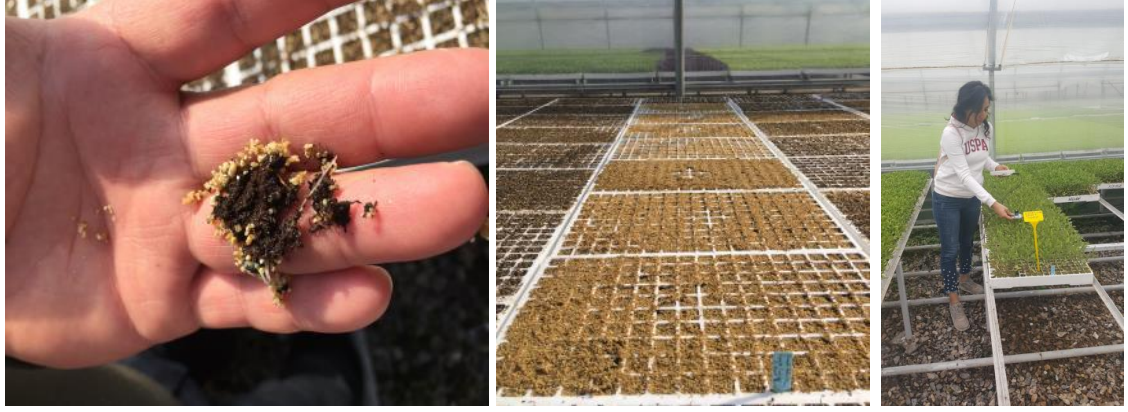
3.2.1.1 Tohum ekimi ve fide üretimi

Fide üretimi, daha kontrollü koşulların sağlanabildiği, alanında öncü bir fide firmasından destek alınarak gerçekleştirilmiştir. Domates çeşidine ait tohumlar 02 Mart 2019 tarihinde ekilmiştir. Tohum ekiminde 170 gözlü viyol kullanılmıştır. Toplam olarak 7 adet viyolde ekim yapılmıştır. Klasman-TS1 torf, ekim ortamı olarak kullanılmıştır. Nem kaybını engellemek amacıyla ekim yapılan viyollerin üzeri vermikulit ile kaplanmıştır. Daha sonra viyollerde sulama gerçekleştirilmiştir (şekil 3.15).



Şekil 3.15 Viyollere domates tohumlarının ekimi

Viyoller, çimlendirme aşaması karanlık koşullarda olan çimlendirme odasına yerleştirilmiştir. Çimlendirme odasında sıcaklık ve nem sırasıyla 18 °C ve %80-85 olarak ayarlanmıştır. 09 Mart 2019 tarihinde tohumlarda çimlenme başlangıcı görülmüş ve viyoller tünel tipi sera içerisine alınmıştır. Bu aşamada tünel tipi sera içerisinde PPFD değerleri ölçülmüştür. PPFD ölçümünde LICOR 250A-Quantum sensör (400-700 nm) kullanılmıştır. Seranın farklı bölgelerinden sabah, öğlen ve akşamüzeri olacak şekilde haftalık ölçüm değerleri alınarak ortalama PPFD değeri belirlenmiştir. Muhafaza aşamasına gelene kadar tünel tipi sera içerisinde ki PPFD değeri ortalama $690 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ olarak kaydedilmiştir (şekil 3.16).



Şekil 3.16 Tohumlarda çimlenme başlangıcı, viyollerin tünel tipi sera içine alınması ve fide üretimi sırasında PPFD değerlerinin ölçümü

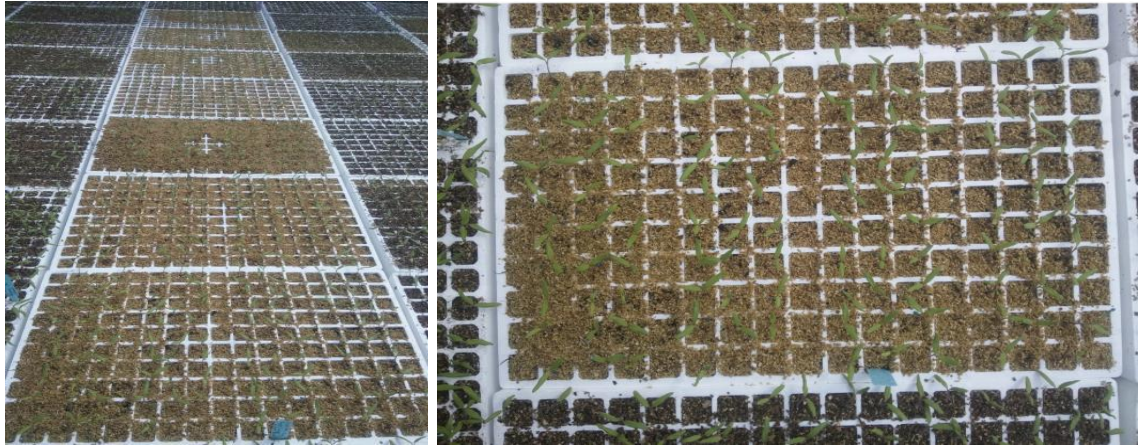
Fide yetiştiriciliği boyunca bitki besleme ve ilaç uygulamaları standartlara göre yapılmıştır (şekil 3.17). Gerçekleştirilen uygulamalar çizelge 3.2’ de verilmiştir. Fidelerin belirli aralıklarla çekilen görüntüleri şekil 3.18, 3.19, 3.20 ve 3.21’ de görülmektedir.



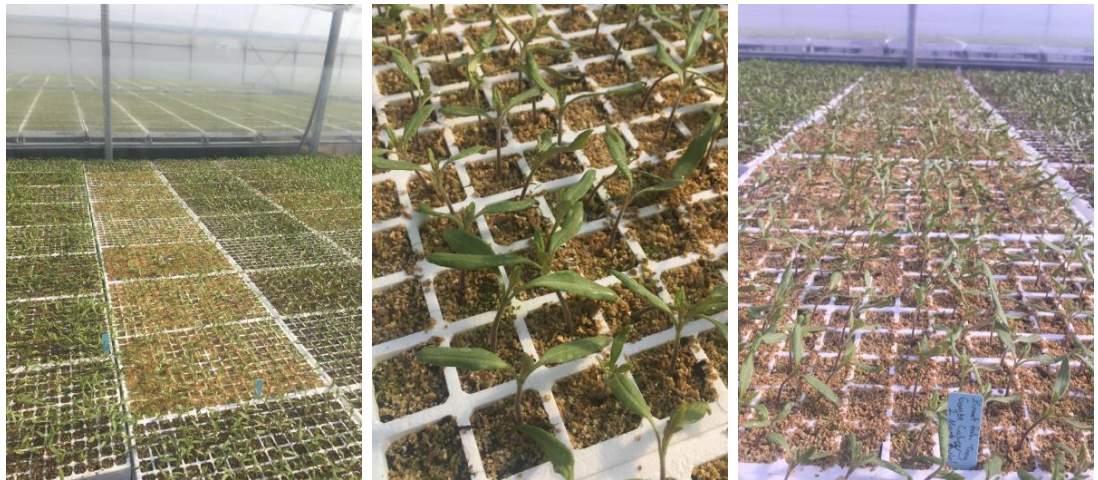
Şekil 3.17 Bitki besleme ve ilaç uygulamalarında kullanılan gübre ve ilaçlar

Çizelge 3.2 Bitki besleme ve ilaç uygulamaları

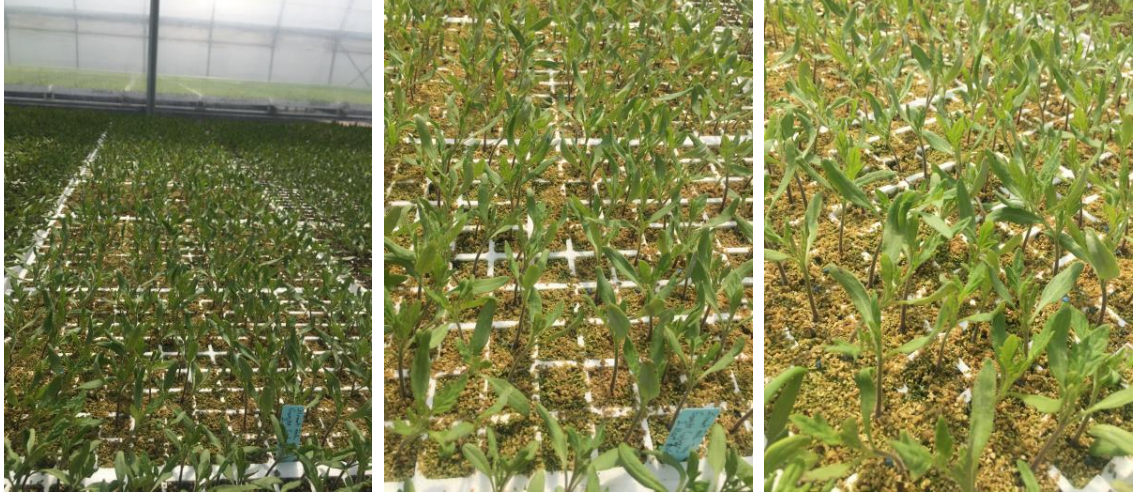
Yapılan Uygulama	Tarih
Naturgena Bitkisel Menşeli Aminoasit İçeren Sıvı Organik Gübre	16 Mart 2019
Orvego Fungusit İlacı	22 Mart 2019
Signum Fungusit İlacı	22 Mart 2019
12-48-6 + TE Nutribella Suda Çözünebilir Gübre	02 Nisan 2019
20-20-20 + TE Nutribella Suda Çözünebilir Gübre	02 Nisan 2019
Naturgena Bitkisel Menşeli Aminoasit İçeren Sıvı Organik Gübre	04 Nisan 2019
Gentasol Bitkisel Menşeli Sıvı Organik Gübre	08 Nisan 2019
Hunter Fe Gübre Uygulaması	11 Nisan 2019
Hypnose 05 SG İnsektisit Uygulaması	11 Nisan 2019
Mosetam SP İnsektisit Uygulaması	11 Nisan 2019



Şekil 3.18 18 Mart 2019 tarihinde fidelerin görünümü



Şekil 3.19 23 Mart 2019 tarihinde fidelerin görünümü



Şekil 3.20 28 Mart 2019 tarihinde fidelerin görünümü



Şekil 3.21 13 Nisan 2019 tarihinde fidelerin görünümü

3.2.1.2 Fide muhafazası

Dikim aşamasındaki fideler 15 Nisan 2019 tarihinde seradan alınmıştır. Aynı tarihte Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü'ne getirilmiştir. Fidelerin getirilmesi ile muhafaza çalışmalarına başlanmıştır. Fidelerde boy, gövde çapı ve yaprak sayısı muhafaza uygulamasına başlamadan önce kaydedilmiştir (şekil 3.22). Bitki büyütme kabini ve sera içerisinde sıcaklık ve nem değerleri kaydedilmiştir. Bu amaçla datalogger kullanılmış, termometre ile de kontrol edilmiştir.



Şekil 3.22 Fide boyu, gövde çapı ve yaprak sayısı ölçümü

Deneme süresince yapılan fide muhafaza uygulamaları çizelge 3.3’de verilmiştir.

Çizelge 3.3 Deneme süresince yapılan fide muhafaza uygulamaları ve uygulama dozları

No.	Fide Muhafaza Uygulamaları	Uygulama Dozu
1	Beyaz LED (450-736 nm) (B)	200 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
2	Kırmızı LED (656 nm) (K)	200 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
3	Mavi LED (450 nm) (M)	200 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
4	Kırmızı ötesi LED (736 nm) (FR)	200 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
5	Kırmızı + Kırmızı ötesi LED (K + FR)	200 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
6	Mavi + Kırmızı ötesi LED (M + FR)	200 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
7	Kırmızı + Mavi LED (K + M)	200 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
8	Kırmızı + Mavi + Kırmızı ötesi LED (K + M + FR)	200 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
9	Gün ışığı (serada) (GI)	Gün ışığı koşulları
10	Gün ışığı (serada-durdurucu uygulanmış) (P25)	25 ppm

Fide muhafazasında ışık uygulamaları için bitki büyütme kabininde oluşturulan özel LED aydınlatma sistemine sahip raflar kullanılmıştır. Fideler farklı ışık reçetelerine sahip LED aydınlatma sistemleri altına yerleştirilmiştir. Işık reçeteleri 12 h aydınlık/12 h karanlık fotoperiyot şeklinde uygulanmıştır. Kabinde sıcaklık ve nem 20 °C ve %58 olarak

ayarlanmıştır. Her bir rafta bulunan her bir tekerrürde $200 \pm 10 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ PPFD değeri olacak şekilde ayarlama yapılmıştır (şekil 3.23).

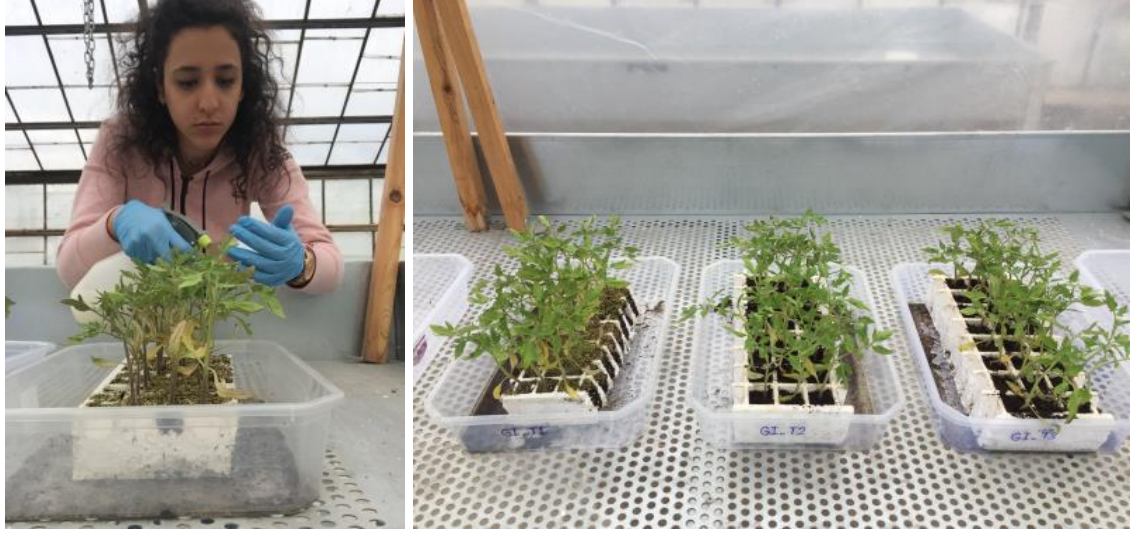
Sera muhafaza kısmında, dış hava koşullarının soğuk olmasından dolayı fidelerin üzeri şeffaf PE örtü malzemesi ile soğuk günlerde kapatılmıştır. Yetiştirme masasının altına da termostatlı ısıtıcı konulmuştur (şekil 3.24). Sera muhafaza kısmında sıcaklık ve nem 25°C ve %36 olarak ölçülmüştür. Serada PPFD değeri ise ortalama $360 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ olarak kaydedilmiştir. Fidelere durdurucu uygulaması, yapraktan spreysel şekilde 25 mg/L paclobutrazol olacak şekilde uygulanmıştır. Fidelerin gün ışığı uygulamasında ise paclobutrazol dozu kullanılmamış ve fideler gün ışığı koşulları altında yetiştirilmiştir (şekil 3.25).



Şekil 3.23 Muhafaza denemesi sırasında PPFD değerlerinin ölçümü



Şekil 3.24 Serada yetiştirme masasının üzerine örtülen şeffaf polietilen örtü ve termostatlı ısıtıcı



Şekil 3.25 Serada paclobutrazol ve gün ışığı koşullarının uygulanması

Fidelerde gelişimin ilerlemesi ile 17 Nisan 2019 tarihinde besin solüsyonu verilmiştir. Bu amaçla 20.20.20+TE suda çözünür, dengeli gübre kullanılmıştır (şekil 3.26). EC ve pH değeri 1300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ile 6.7 olarak ayarlanmıştır. Bitki büyütme kabininde bulunan fidelere 19 Nisan 2019 tarihinde insektisit uygulanmış ve kabin içerisine sarı tuzak konulmuştur (şekil 3.26 ve 3.27).

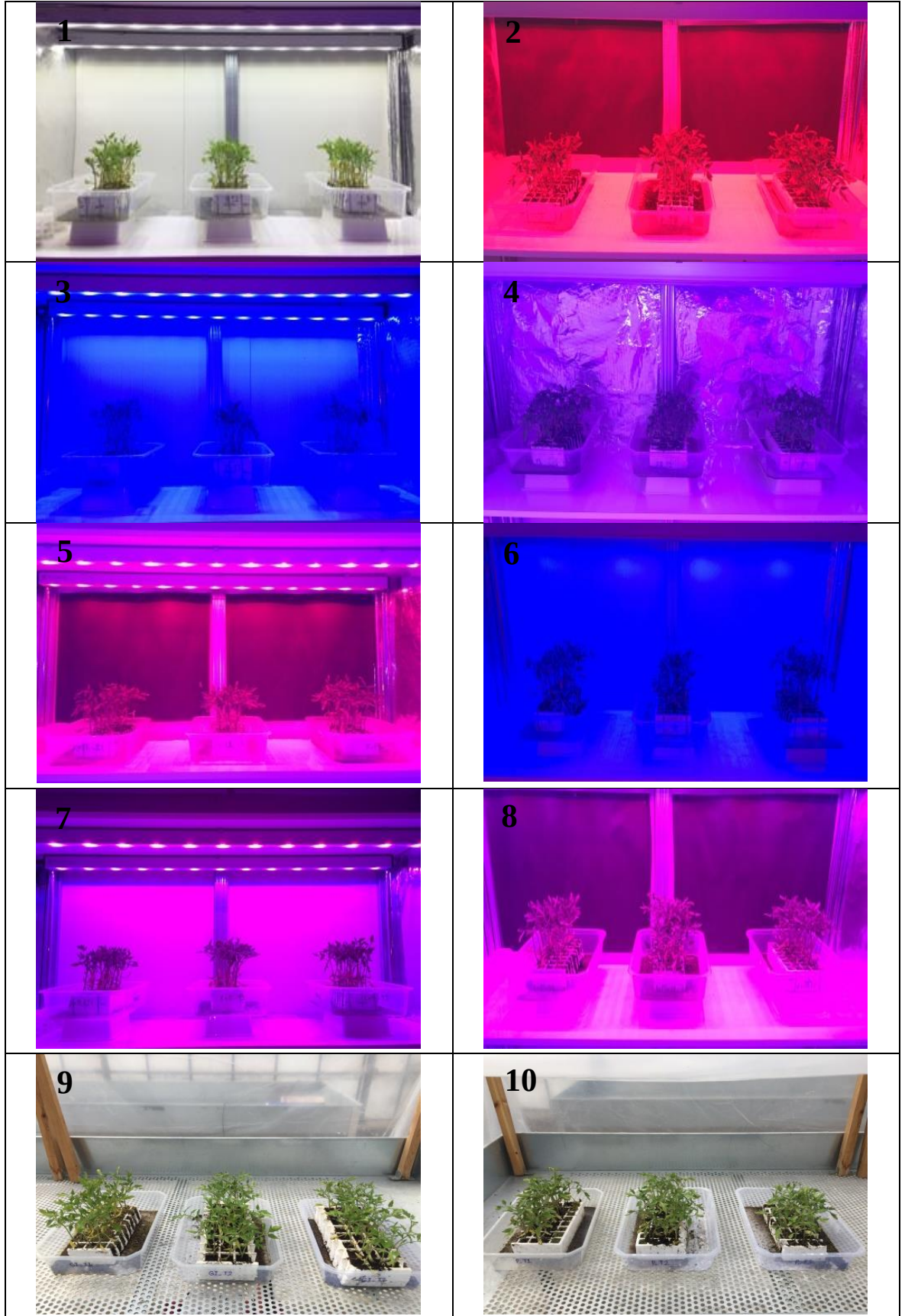


Şekil 3.26 Muhafaza denemesi sırasında kullanılan gübre ve insektisit

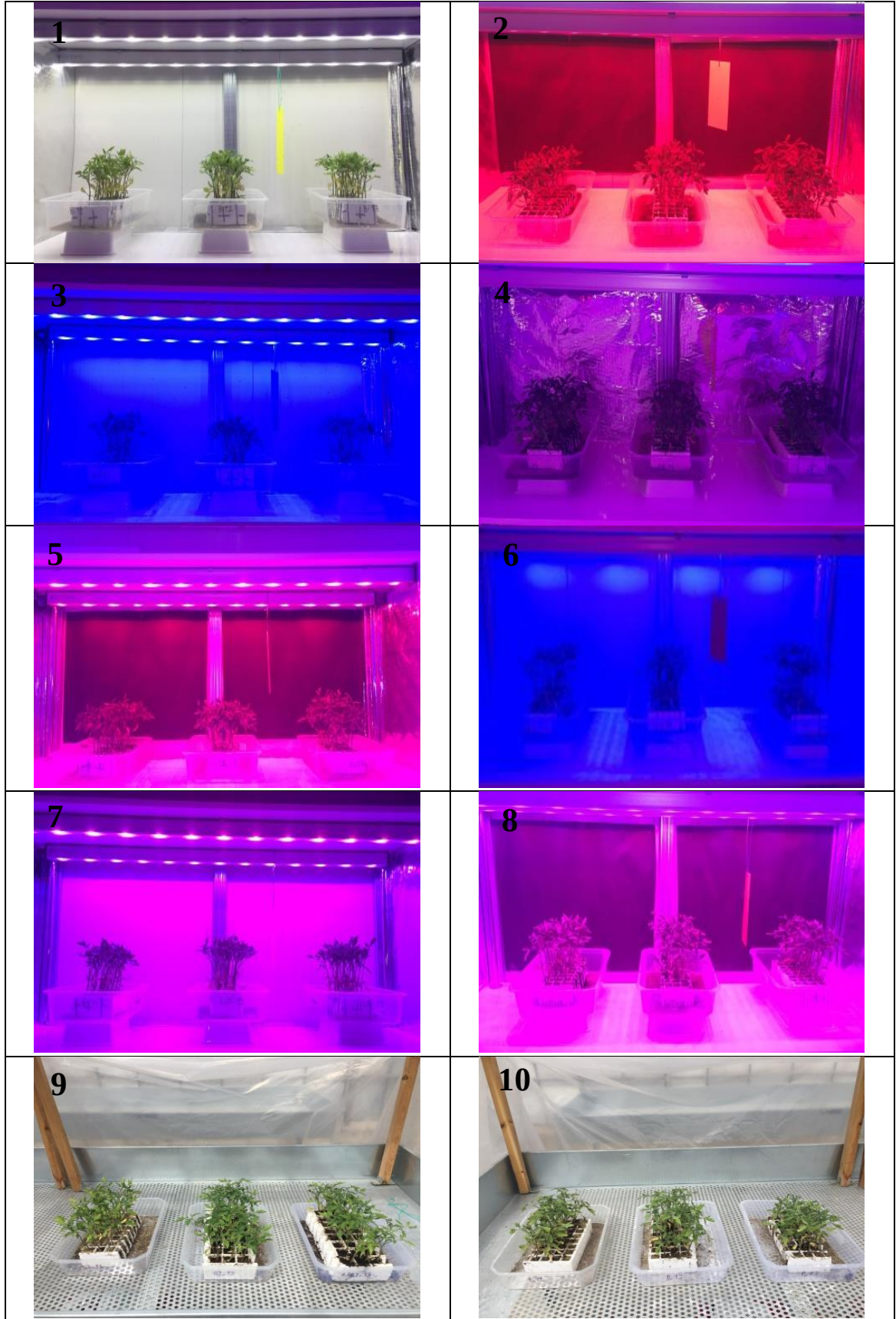


Şekil 3.27 Muhafaza denemesi sırasında insektisit uygulaması ve sarı yapışkan tuzakların yerleştirilmesi

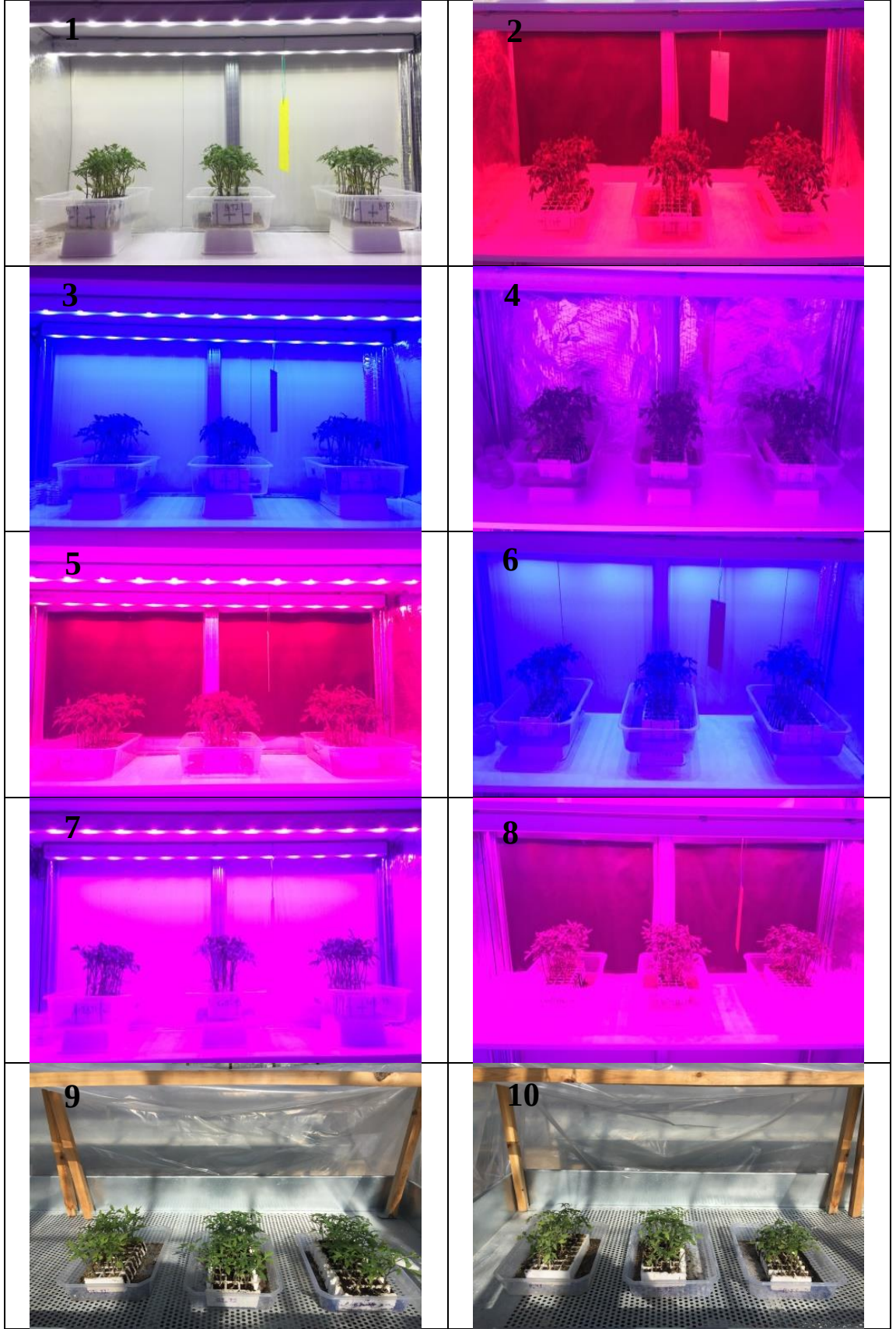
Muhafaza denemesi sırasında bitkilerin belirli aralıklarla görüntüleri şekil 3.28, 3.29, 3.30 ve 3.31’de görülmektedir. Araştırmanın muhafaza uygulaması kısmı 26 Nisan 2019 tarihinde sonlandırılmıştır (şekil 3.32). Muhafaza kısmının sonlandırılması ile fidelerde çeşitli ölçüm ve analizler gerçekleştirilmiştir. Daha sonra ölçüm ve analizi yapılan fideler serada saksılara dikilmiştir.



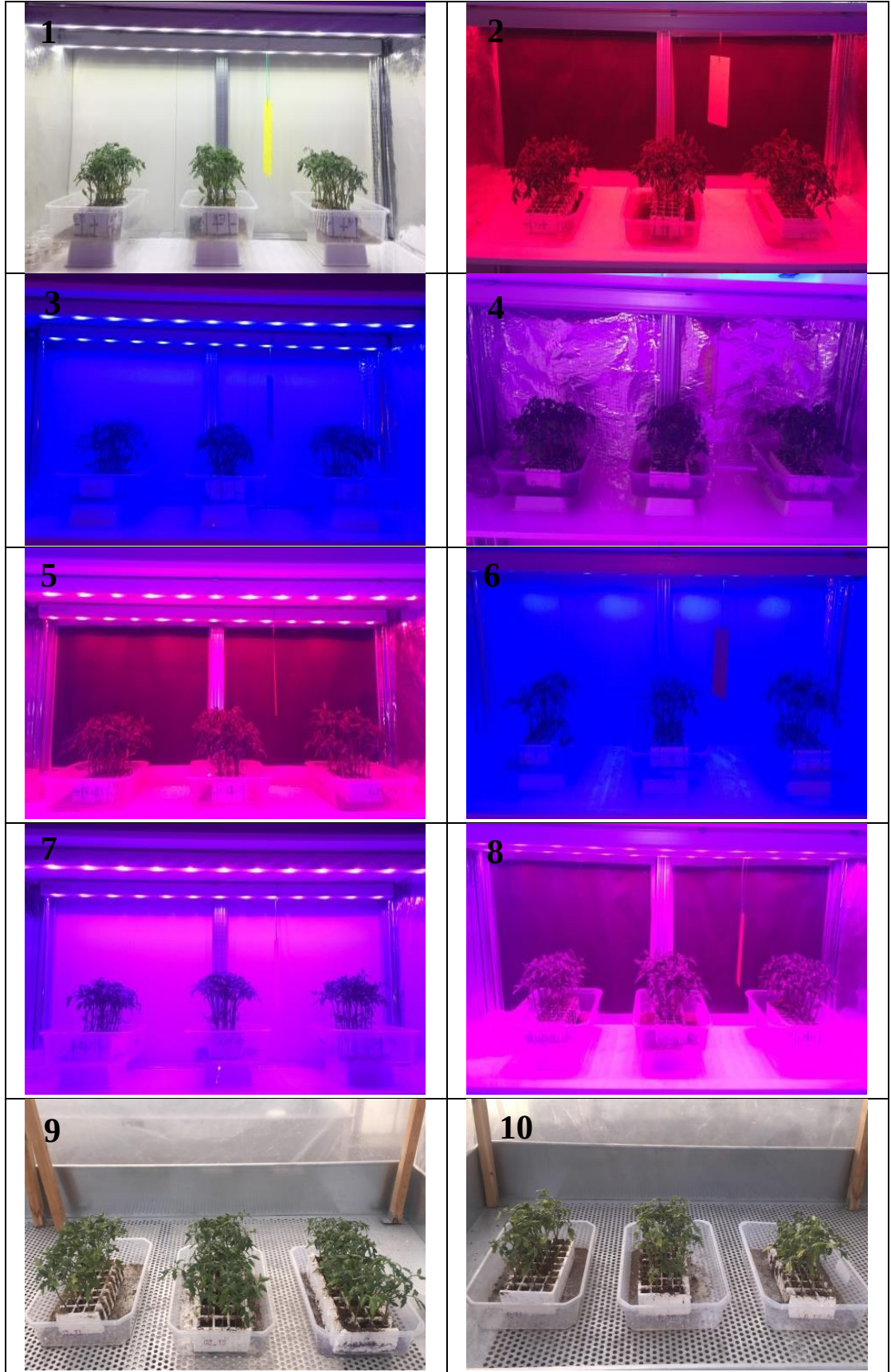
Şekil 3.28 16 Nisan 2019 tarihinde fidelerin görünümü



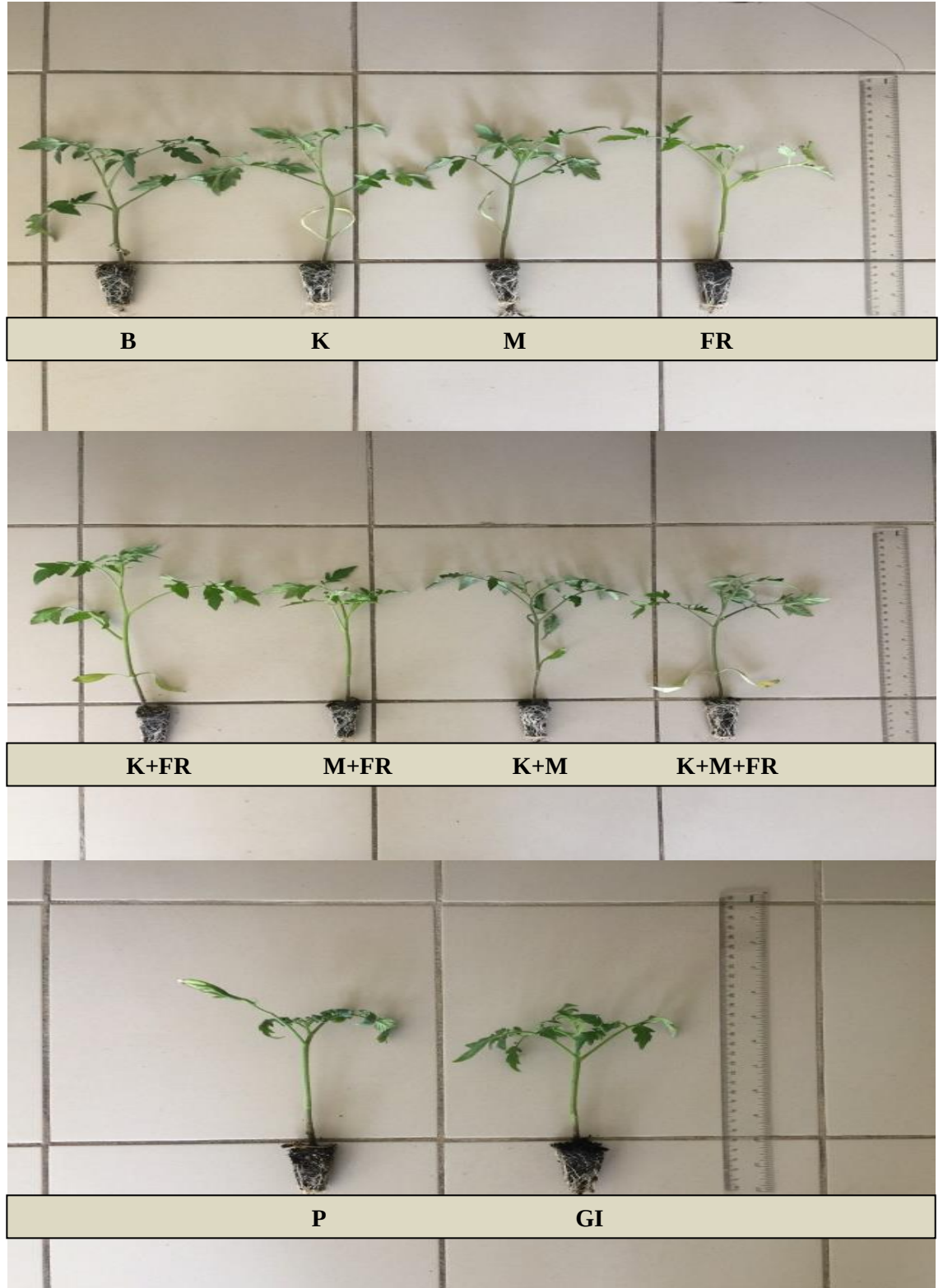
Şekil 3.29 19 Nisan 2019 tarihinde fidelerin görünümü



Şekil 3.30 22 Nisan 2019 tarihinde fidelerin görünümü



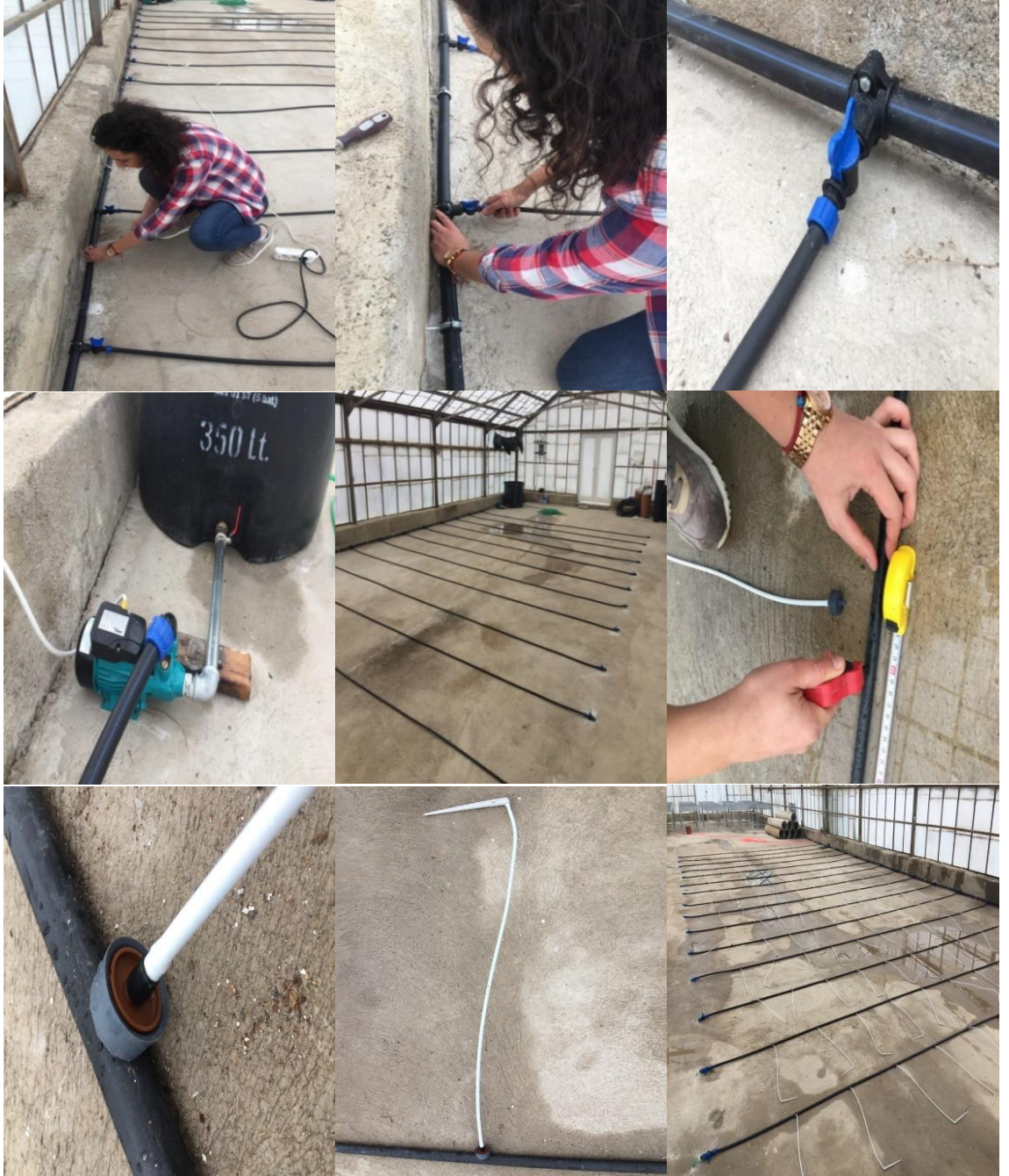
Şekil 3.31 24 Nisan 2019 tarihinde fidelerin görünümü



Şekil 3.32 Uygulamalara göre fidelerin görünümü

3.2.1.3 Fide dikimi

Fidelerin dikim işlemi Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü'nde yer alan cam sera içerisinde gerçekleştirilmiştir. Fidelerin dikiminden önce sera içerisinde otomatik sulama sistemi kurulmuştur (şekil 3.33).



Şekil 3.33 Dikim öncesi sulama sisteminin hazırlanması

Fide dikiminde 9 litre hacminde saksılar kullanılmıştır. Her saksıya torf:kokopit:pomza ortamları konulmuştur. Ortamların karışım oranları 2:2:3 olacak şekilde ayarlanmıştır. Dikim yapılmadan önce ortamlar ile doldurulan saksılar suyla doymun hale getirilmiştir. Daha sonrasında fidelerin dikim işlemi gerçekleştirilmiştir. Her bir tekerrürde 5 adet fide olacak şekilde dikim yapılmıştır. Toplamda 150 adet fide saksılara dikilmiştir (şekil 3.34, 3.35).



Şekil 3.34 Dikim öncesi saksıların hazırlanması



Şekil 3.35 Serada saksılara dikim yapılması

Dikim zamanı hava sıcaklığı çok yüksek olduğu için fideleri korumak amacıyla gölgeleme amaçlı sera dışına kireç atılmıştır. Ayrıca sera içerisine gölgeleme örtüsü çekilmiştir (şekil 3.36).



Şekil 3.36 Sera içerisine net örtü çekilmesi

Dikimi yapılan fidelerde sulama ve gübreleme işlemi otomatik sulama sistemi ile gerçekleştirilmiştir. 11 Mayıs 2019 tarihinde fidelerde gelişimin hızlanmasıyla besin solüsyonu uygulaması yapılmıştır. Bu amaçla 20.20.20+TE suda çözünür, dengeli gübre kullanılmıştır. EC ve pH değeri sırasıyla 1600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ile 6.5 olarak ayarlanmıştır. Fidelerde çiçeklenme başlangıcı 8 Mayıs 2019 tarihinde görülmüştür (şekil 3.37). Çiçeklenmenin ilerlemesi ile birlikte fidelerde tez gerekçesinde belirtilen gözlemler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.37 Dikimi yapılan fidelerde çiçeklenme ve çiçeklenme başlangıcı

3.2.2 İkinci aşama deneme

3.2.2.1 Tohum ekimi ve fide üretimi

İkinci aşama denemede de aynı fide firmasından destek alınmıştır. 03 Haziran 2020 tarihinde fide üretimi için domates tohumlarının ekimi yapılmıştır (şekil 3.38) (denemenin kurulması yaşanan Covid-19 salgını nedeniyle bu tarihte gerçekleştirilebilmiştir). Denemenin birinci aşamasında elde edilen verilere ve gerçekleştirilen kaynak incelemelerine göre ışığın bitki fizyolojisindeki etkilerini daha iyi analiz edebilmek için uygulama sayısı arttırılmıştır. Birinci aşamada PBZ dozunda meydana gelen sıkıntıdan ötürü denemenin ikinci aşamasında yapılan kaynak incelemelerine göre PBZ uygulaması üç farklı dozda gerçekleştirilmiştir. Tohum ekiminde 150 gözlü viyol kullanılmıştır. Toplam 20 adet viyole ekim yapılmıştır. Klasman-TS1 torf, ekim ortamı olarak kullanılmıştır. Nem kaybını engellemek amacıyla ekim yapılan viyollerin üzeri vermikulit ile kaplanmıştır. Daha sonra viyollerde sulama gerçekleştirilmiştir

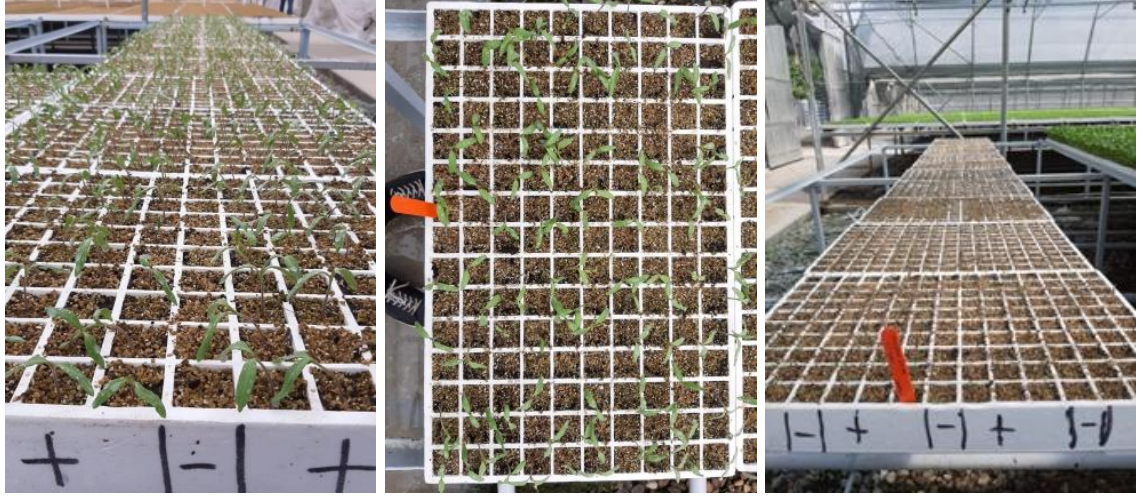


Şekil 3.38 Viyollere domates tohumlarının ekimi

Viyoller çimlendirme aşaması karanlık koşullarda olan çimlendirme odasına yerleştirilmiştir. Çimlendirme odasında sıcaklık ve nem 18 °C ve %80-85 olarak ayarlanmıştır. 06 Haziran 2020 tarihinde tohumlarda çimlenme başlangıcı görülmüş ve viyoller tünel tipi sera içerisine konulmuştur. Bu aşamada tünel tipi sera içerisinde PPFD değerleri ölçülmüştür. PPFD ölçümünde LICOR 250A-Quantum sensör (400-700 nm) kullanılmıştır. Muhafaza aşamasına gelene kadar tünel tipi sera içerisinde ki PPFD değeri ortalama $1077 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ olarak ölçülmüştür. Fidelerin belirli aralıklarla çekilen görüntüleri şekil 3.39, 3.40, 3.41, 3.42 ' de görülmektedir.



Şekil 3.39 09 Haziran 2020 tarihinde fidelerin görünümü



Şekil 3.40 13 Haziran 2020 fidelerin görünümü



Şekil 3.41 24 Haziran 2020 fidelerin görünümü



Şekil 3.42 08 Temmuz 2020 fidelerin görünümü

Fide yetiştiriciliği boyunca bitki besleme/ ilaç uygulamaları standartlara göre yapılmıştır. Gerçekleştirilen uygulamalar çizelge 3.4’de verilmiştir. Bitkisel üretimde farklı dönemlerde bitki besleme ve ilaç uygulamaları değişkenlik gösterebilmektedir.

Çizelge 3.4 Fide yetiştiriciliği sırasında yapılan uygulamalar

Yapılan Uygulama	Tarih
Fosfor	12 Haziran 2020
Bakır	13 Haziran 2020
20-20-20 +TE Nutribella Suda Çözünebilir Gübre	26 Haziran 2020
Naturgena Bitkisel Menşeli Aminoasit İçeren Sıvı Organik Gübre	27 Haziran 2020

3.2.2.2 Fide muhafazası

Dikim aşamasındaki fideler 09 Temmuz 2020 tarihinde seradan alınmıştır. Aynı tarihte Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü’ne getirilmiştir. Fidelerin getirilmesi ile muhafaza çalışmalarına başlanmıştır. Fidelerde boy, gövde çapı ve yaprak sayısı muhafaza uygulamasına başlamadan önce kaydedilmiştir (şekil 3.43). Bitki büyütme kabini ve sera içerisinde ki sıcaklık ve nem değerleri kaydedilmiştir. Bu amaçla datalogger kullanılmış, termometre ile de kontrol edilmiştir.

Fide muhafazasında ışık uygulamaları için bitki büyütme kabininde oluşturulan özel LED aydınlatma sistemine sahip raflar kullanılmıştır. Fideler farklı ışık reçetelerine sahip LED aydınlatma sistemleri altına yerleştirilmiştir. Işık reçeteleri 12 h aydınlık/12 h karanlık fotoperiyot şeklinde uygulanmıştır. Kabinde sıcaklık ve nem 19,8 °C ve %74,6 olarak ayarlanmıştır. Her bir rafta bulunan her bir tekerrürde $200\pm10 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ve $300\pm10 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ PPFD değeri olacak şekilde ayarlama yapılmıştır (şekil 3.43).



Şekil 3.43 PPFD değerlerinin ve fidelerde muhafaza öncesi ölçümlerinin yapılması

Üniversitede yer alan serada sıcaklık ve nem bakımından sorun meydana gelebileceği için GI ve PBZ uygulaması yapılacak olan fideler, fide firmasında bulunan tünel tipi serada bırakılmış ve kontrollü koşullar sağlanmıştır. Fidelere gün ışığı koşullarında uygulama yapılmamıştır. Fidelere durdurucu uygulaması yapraktan spreysel şekilde üç farklı konsantrasyonda uygulanmıştır (şekil 3.44). Serada PPFD değeri ise ortalama $1200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ olarak kaydedilmiştir. Bitki büyütme kabini ve serada bulunan fidelerin bakımları fide yetiştiriciliği standartlarına göre yapılmıştır.



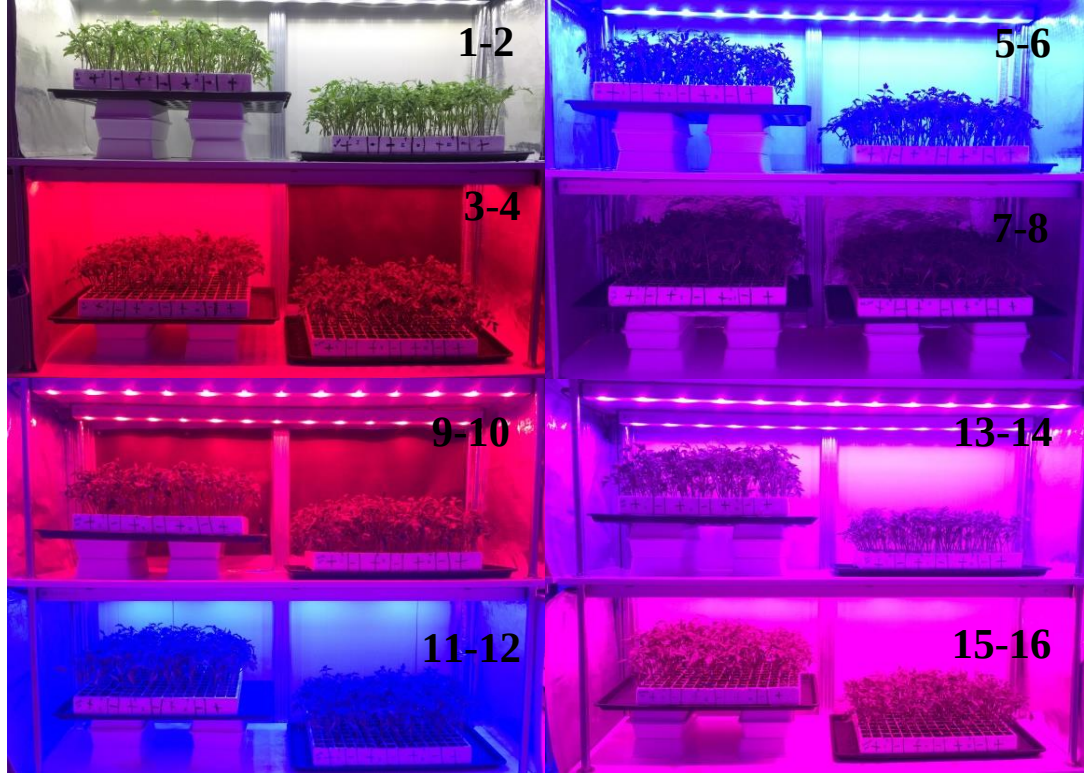
Şekil 3.44 Fidelere durdurucu uygulaması

Deneme süresince yapılan fide muhafaza uygulamaları çizelge 3.5’de verilmiştir.

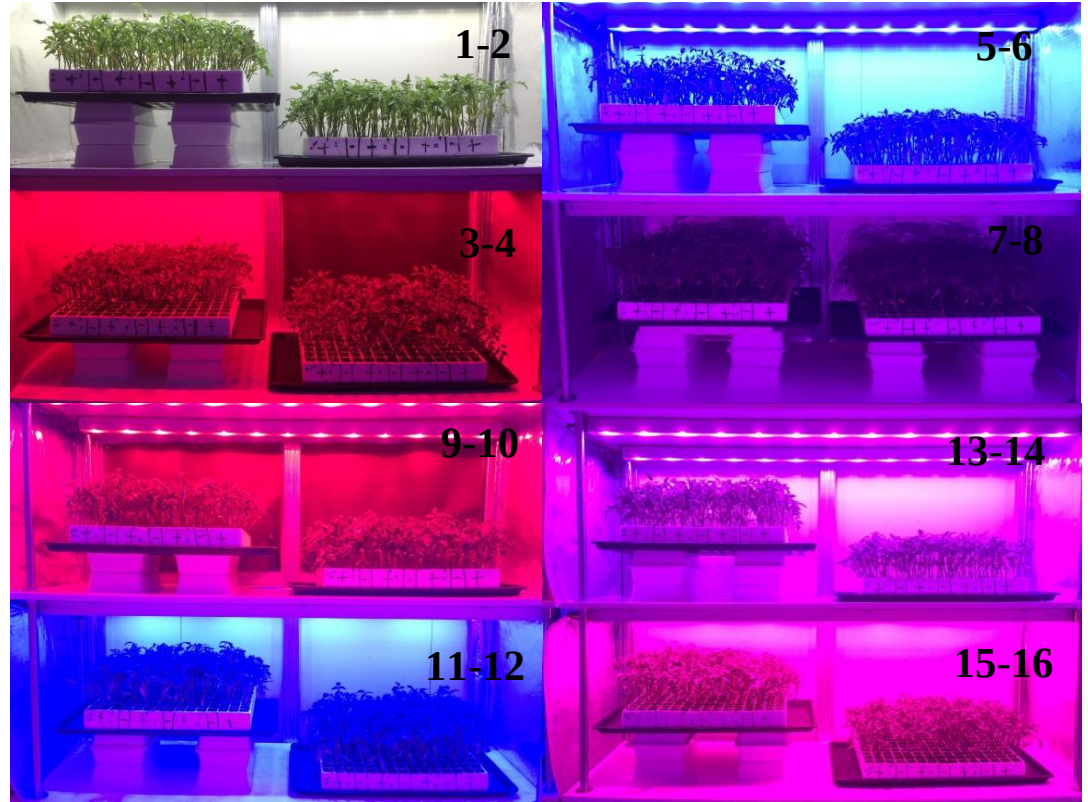
Çizelge 3.5 Deneme süresince yapılan fide muhafaza uygulamaları ve uygulama dozları

No.	Fide Muhafaza Uygulamaları	Uygulama Dozu
1	Beyaz LED (450-736 nm) (B)	200 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
2	Beyaz LED (450-736 nm) (B)	300 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
3	Kırmızı LED (656 nm) (K)	200 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
4	Kırmızı LED (656 nm) (K)	300 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
5	Mavi LED (450 nm) (M)	200 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
6	Mavi LED (450 nm) (M)	300 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
7	Kırmızı ötesi LED (736 nm) (FR)	200 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
8	Kırmızı ötesi LED (736 nm) (FR)	300 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
9	Kırmızı + Kırmızı ötesi LED (K + FR)	200 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
10	Kırmızı + Kırmızı ötesi LED (K + FR)	300 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
11	Mavi + Kırmızı ötesi LED (M + FR)	200 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
12	Mavi + Kırmızı ötesi LED (M + FR)	300 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
13	Kırmızı + Mavi LED (K + M)	200 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
14	Kırmızı + Mavi LED (K + M)	300 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
15	Kırmızı + Mavi + Kırmızı ötesi LED (K + M + FR)	200 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
16	Kırmızı + Mavi + Kırmızı ötesi LED (K + M + FR)	300 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
17	Gün ışığı (serada) (GI)	Gün ışığı koşulları
18	Gün ışığı (serada-durdurucu uygulanmış) (P5)	5 ppm
19	Gün ışığı (serada-durdurucu uygulanmış) (P15)	15 ppm
20	Gün ışığı (serada-durdurucu uygulanmış) (P25)	25 ppm

Işık uygulaması yapılan fidelerin görüntüleri şekil 3.45 ve 3.46’da yer almaktadır.



Şekil 3.45 10 Temmuz 2020 tarihinde fidelerin görünümü



Şekil 3.46 16 Temmuz 2020 tarihinde fidelerin görünümü

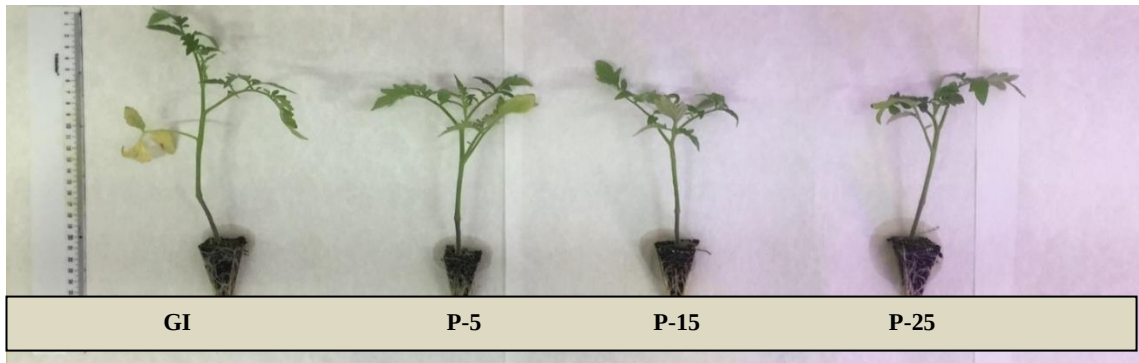
Araştırmanın muhafaza uygulaması kısmı 20 Temmuz 2020 tarihinde sonlandırılmıştır. Muhafaza kısmının sonlandırılması ile fidelerde çeşitli ölçüm ve analizler gerçekleştirilmiştir (şekil 3.47, 3.48, 3.49). Daha sonra ölçüm ve analizi yapılan fideler serada saksılara dikilmiştir.



Şekil 3.47 Fidelerin muhafaza uygulamasından sonraki görünümü



Şekil 3.48 Fidelerin muhafaza uygulamasından sonraki görünümü



Şekil 3.49 Fidelerin gün ışığı ve durdurucu uygulamasından sonraki görünümü

3.2.2.3 Fide dikimi

Fidelerin dikim işlemi Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü'nde gerçekleştirilmiştir. Burada bulunan cam sera içerisinde fideler dikilmiştir. Dikimden önce sulama sisteminde ve saksılarda hazırlıklar yapılmıştır. Saksılarda mantari hastalıklara karşı fungusit uygulaması yapılmış ve önlem alınmıştır. Fide dikiminde 9 litre hacminde saksılar kullanılmıştır. Her saksıya torf:kokopit:pomza ortamları konulmuştur. Ortamların karışım oranları 2:2:3 olacak şekilde ayarlanmıştır. Dikim yapılmadan önce ortamlar ile doldurulan saksılar suyla doymun hale getirilmiştir. Her bir tekerrürde 4 adet fide olacak şekilde dikim yapılmıştır. Toplamda 240 adet fide saksılara dikilmiştir (şekil 3.50).



Şekil 3.50 Muhafaza uygulaması yapılmış fidelerin dikilmesi

Dikim zamanı hava sıcaklığı çok yüksek olduğu için fideleri korumak amacıyla gölgeleme amaçlı sera dışına kireç atılmıştır. Ayrıca serada gölgeleme örtüsü kullanılmıştır. Dikimi yapılan fidelerde gübreleme ve sulama işlemi otomatik sulama sistemi ile gerçekleştirilmiştir. 24.07.2020 tarihinde fidelerde gelişimin hızlanmasıyla besin solüsyonu uygulaması yapılmıştır. Bu amaçla 20.20.20+TE suda çözünür, dengeli gübre kullanılmıştır. EC ve pH değeri sırasıyla 1600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ile 6.5 olarak ayarlanmıştır.

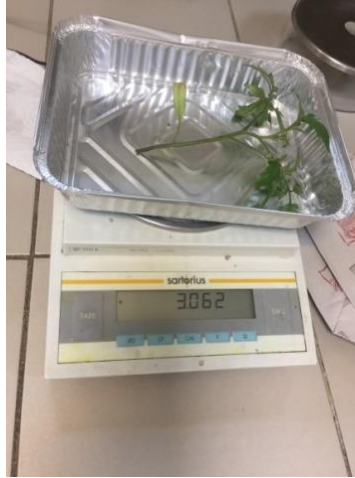
Serada Tuta absoluta zararını engelleyebilmek amacıyla fidelere ilaç uygulaması yapılmıştır. Fidelerde çiçeklenme başlangıcı 10.08.2020 tarihinde görülmüştür. Çiçeklenmenin ilerlemesi ile birlikte fidelerde tez gerekçesinde belirtilen gözlemler gerçekleştirilmiştir.

3.3 Analizler

3.3.1 Muhafaza uygulamasından sonra yapılan analizler

3.3.1.1 Sürgün yaş ağırlığı (g)

Domates fideleri yetiştirme ortamından kökleri ile birlikte uzaklaştırılmıştır. Daha sonra köklerinden ayrılan sürgün kısımları hassas terazide tartılarak sürgün yaş ağırlığı tespit edilmiştir (şekil 3.51) (Yousef vd. 2021).



Şekil 3.51 Sürgün yaş ağırlığı tartımı

3.3.1.2 Kök yaş ağırlığı (g)

Domates fidelerinin kökleri su ile yıkanıp yetiştirme ortamından arındırılmıştır. Daha sonra kurulan kökler hassas terazide tartılarak kök yaş ağırlığı tespit edilmiştir (şekil 3.52) (Yousef vd. 2021).



Şekil 3.52 Kök yaş ağırlığı tartımı için köklerin su ile yıkanması

3.3.1.3 Sürgün kuru ağırlığı (g)

Yaş ağırlığı tespit edilen sürgünler 65 °C'deki etüve yerleştirilmiştir. Sürgünler sabit ağırlığa gelene kadar bekletilmiş ve daha sonra tartılmıştır (şekil 3.53) (Silva vd. 2016).

3.3.1.4 Kök kuru ağırlığı (g)

Yaş ağırlığı tespit edilen kökler 65 °C'deki etüve yerleştirilmiştir. Kökler sabit ağırlığa gelene kadar bekletilmiş ve daha sonra tartılmıştır (şekil 3.53) (Silva vd. 2016).



Şekil 3.53 Sürgün ve kök kuru ağırlığının belirlenmesi

3.3.1.5 Fide boyu (cm)

Milimetrik cetvel yardımıyla domates fidelerinin boyu kök boğazından itibaren ölçülerek tespit edilmiştir (şekil 3.54) (Hernández vd. 2016, Silva vd. 2016).

3.3.1.6 Gövde çapı (mm)

Gövdenin, kök ile temas ettiği noktadan ölçüm alınmıştır. Ölçüm için dijital kumpas kullanılmıştır (şekil 3.54) (Hernández vd. 2016, Silva vd. 2016).

3.3.1.7 Kök boyu (cm)

Milimetrik cetvel yardımıyla domates fidelerinin kök boyu ölçülerek tespit edilmiştir (şekil 3.54) (Silva vd. 2016).



Şekil 3.54 Fide boyu, gövde çapı ve kök boyu ölçümü

3.3.1.8 Yaprak sayısı

Toplam gerçek yaprak sayısı, fideler dikim aşamasına geldikten sonra sayılarak tespit edilmiştir (Hernández vd. 2016, Hernández ve Kubota 2016).

3.3.1.9 Yaprak alanı

Yapraklar tarayıcıdan geçirilmiştir. Elde edilen görüntülerde siyah/beyaz oranına göre program aracılığı ile hesaplama yapılmıştır. Yaprak alanı tespitinde 2 cm'den daha fazla uzunluğa sahip yapraklar kullanılmıştır (Deveci ve Uyan 2011, Deveci ve Bora 2016).

3.3.1.10 Renk (L^* , a^* , b^*)

MİNOLTA CR200 renk ölçer cihazı kullanılmıştır. Bitkilerin yapraklarından L^* , a^* , b^* değerleri tespit edilmiştir (şekil 3.55) (Keskin vd. 2017).



Şekil 3.55 Fidelerde renk ve yaprak alanının belirlenmesi

3.3.1.11 Kloroz

Wollaeger ve Runkle (2015) tarafından belirlenen puan skalasına göre tespit edilmiştir. 1: kloroz yok, 3: yüksek kloroz olarak değerlendirilmiştir.

3.3.1.12 Nisbi klorofil

Klorofil metre (SPAD) ile yapraklardan nisbi klorofil değeri ölçülerek tespit edilmiştir (şekil 3.56). Bu cihaz; kırmızı (660 nm) ve kızılötesi (840 nm) spektral bantlarda "bas ve

çek” yöntemi ile nisbi klorofili ölçme teknolojisine dayanmaktadır. Nisbi klorofil ölçümünde bitkiler açık alana çıkartılarak, öğlen güneşli bir saatte ölçümleri yapılmıştır (Khan vd. 2003).



Şekil 3.56 Fidelerde nisbi klorofil ölçümü

3.3.1.13 SÇKM (%)

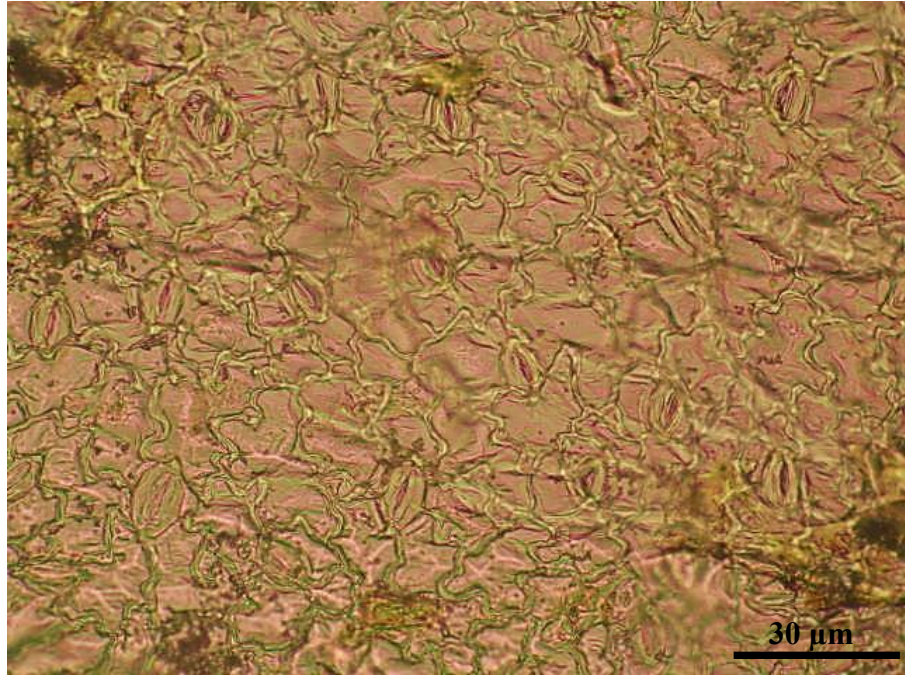
Leica dijital refraktometre kullanılmıştır. Bitki örneklerinin suyu çıkarılmış ve 1-2 damla prizma üzerine gelecek şekilde damlatılarak ölçüm yapılmıştır (Zhang vd. 2021) (şekil 3.57).



Şekil 3.57 Fidelerde SÇKM değerinin belirlenmesi

3.3.1.14 Stoma sayısı (adet mm⁻²)

Yaprak örnekleri bitkiden ayrılarak kurutulmuştur. Bu örneklerde stoma ölçümü için etkili olan ve bilimsel çalışmalarda kullanılan şeffaf oje ile kalıp çıkarma tekniğinden yararlanılmıştır (Brewer 1992). Epidermal izler yaprak ayası üzerinden alınmıştır. Bu epidermal izler, ışık mikroskobu (LM-Zeiss Axiolab) kullanılarak incelenmiştir. Mikroskobik çalışmalarda ağırlıklı olarak 40x büyütme kullanılmıştır. Stoma yoğunluğu (stoma mm⁻²) 0,012 mm²'lik mikrofotograf alanlarında belirlenmiştir (şekil 3.58).



Şekil 3.58 Fidelerde stoma sayısının belirlenmesi (mm²)

3.3.1.15 Toplam kuru ağırlık (g)

Tespit edilen sürgün ve kök kuru ağırlığına göre hesaplanmıştır (Silva vd. 2016).

3.3.1.16 Sürgün / kök kuru ağırlık oranı

Sürgün kuru ağırlığının(g), kök kuru ağırlığına (g) oranlanması ile tespit edilmiştir (Silva vd. 2016).

3.3.1.17 Sağlamlık katsayısı

Sürgün uzunluğu (cm)'nin, gövde çapına (mm) oranlanması ile tespit edilmiştir (Silva vd. 2016).

3.3.1.18 Dickson kalite indeksi (DQI)

Dickson vd. (1960) tarafından belirtilen hesaplama yöntemine göre tespit edilmiştir. Sürgün kuru ağırlığı (g), kök kuru ağırlığına (g) oranlanmış ve bu değere sağlamlık katsayısı eklenmiştir. Toplam kuru ağırlığın (g), elde edilen bu değere oranlanması ile DQI değeri elde edilmiştir.

3.3.1.19 Yaprak kütle alanı (g cm^{-2}) (YKA)

Hernández ve Kubota (2016) tarafından belirtilen yöntemle göre yaprak kuru ağırlığının (g), yaprak alanına (cm^2) oranlanması ile tespit edilmiştir.

3.3.1.20 Bitki kompaktlık indeksi

Hernández vd. (2016) tarafından belirtilen yöntemle göre toplam sürgün kuru ağırlığının (g), toplam bitki boyuna (cm) oranlanması ile tespit edilmiştir.

Antosiyanin değeri tez gerekçesinde bulunmamaktadır. Ancak gözlemsel olarak kloroz skalasına göre değerlendirilmiştir (Wollaeger ve Runkle 2015).

3.3.2 Fidelerin dikiminden sonra yapılan analizler

3.3.2.1 İlk çiçeklenme zamanı (gün)

Fidelerde çiçeklenme başlangıcı, ilk çiçeklenme zamanı (gün) olarak kaydedilmiştir (Adhikary vd. 2016).

3.3.2.2 Bitki boyu (cm)

İlk çiçeklenme aşamasında olan bitkiler sökülerek şeritmetre yardımıyla bitki boyu tespit edilmiştir (Yousef vd. 2021).

3.3.2.3 Boğum sayısı (adet)

İlk çiçeklenme aşamasında olan bitkilerde, bitki üzerinde bulunan boğumlar sayılarak tespit edilmiştir (Gómez vd. 2013).

3.3.2.4 Yaprak yaş ağırlığı (g)

İlk çiçeklenme aşamasında olan bitkiler sökülüştür. Hassas terazi yardımı ile yaprak yaş ağırlıkları tartılarak tespit edilmiştir (Trouwborst vd. 2010).

3.3.2.5 Yaprak kuru ağırlığı (g)

Yaş ağırlığı tespit edilen yapraklar, sabit ağırlığa gelene kadar 65 °C’de tutulmuş ve yaprak kuru ağırlığı tespit edilmiştir (Yousef vd. 2021).

3.3.2.6 Gövde yaş ağırlığı (g)

İlk çiçeklenme aşamasında bitkiler sökülüştür. Hassas terazi yardımı ile gövde yaş ağırlıkları tartılarak tespit edilmiştir (Trouwborst vd. 2010).

3.3.2.7 Gövde çapı (mm)

Dijital kumpas yardımı ile gövde çapı ölçülerek belirlenmiştir (Yousef vd. 2021).

3.3.2.8 Gövde kuru ağırlığı (g)

Yaş ağırlığı tespit edilen gövdeler, sabit ağırlığa gelene kadar 65 °C’de tutulmuş ve gövde kuru ağırlığı tespit edilmiştir (Yousef vd. 2021).

Çiçek sayısı (adet) ve yaprak sayısı (adet) değeri tez gerekçesinde bulunmamaktadır. Analiz aşamasında bitki üzerinde bulunan çiçek ve yaprak sayılarının sayılması ile tespit edilmiştir (Gómez vd. 2013).

3.4 Deneme Deseni ve İstatistiksel Analiz

Tesadüf blokları deneme desenine göre kurulmuştur. Her uygulamada 3 tekerrür bulunmaktadır. Verilerde Minitab Paket Programı (MINITAB Inc.) ile varyans analizi yapılmıştır. Duncan testi ile de ortaya çıkan önemli farklılıklar belirlenmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu araştırmada iki farklı aşamada deneme kurulmuştur. Her iki aşamada domates fidelerinde kalite parametreleri tespit edilmiştir. Elde edilen veriler, kalite parametrelerine göre sınıflandırılmış ve veriler sunulmuştur. Doktora tez çalışmasında, yapraklardaki stomaların ek bir yöntem kullanarak yeni sayımları gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemde 0,012 mm²'lik mikro fotoğraf alanlarında tekrar sayımları ve hesaplamaları yapılmıştır. Ayrıca her iki dönemde de GI ve P uygulamaları ışık uygulamalarıyla farklı tablolarda gösterilmiştir. İstatistiki değerlendirmede tabloların ayrı gösterimine bağlı olarak harflendirme ve standart hata değerleri farklılık göstermiştir. Her iki dönemde de yapılan analiz hesaplamalarında elde edilen veriler bilgisayar ortamı ile karşılıklı kontrol edilmiştir. Veriler tekrar hesaplanmış, istatistik ve interaksiyon analizleri yapılmıştır. Bu nedenle ölçüm sonuçları bazı tablolarda ki değerler proje sonuç raporuna göre farklı ifade edilmiştir.

4.1 Muhafaza Uygulamasından Sonra Yapılan Analizlerin Sonuçları

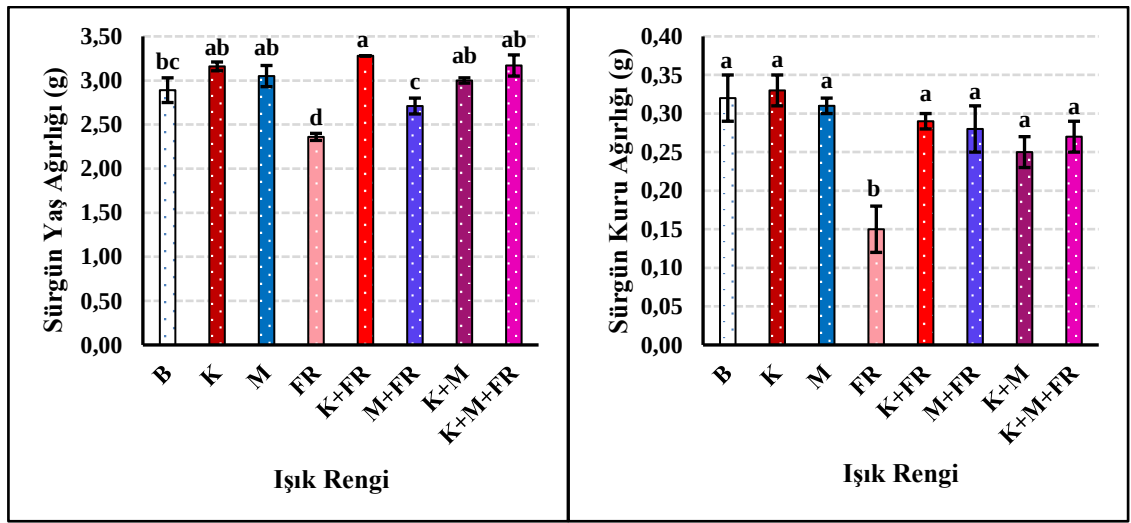
4.1.1 Sürgün yaş ve kuru ağırlığı (g)

I. aşamada ışık uygulamalarının sürgün yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi istatistiki olarak önemli olmuştur (çizelge 4.1, şekil 4.1). Sürgün yaş ağırlığı açısından K+FR uygulaması yüksek bulunmuştur. FR uygulaması ise en düşük sonucu vermiştir. Sürgün kuru ağırlığında (g) ise K uygulaması yüksek bulunmuş, FR uygulaması hariç diğer uygulamalar ile aynı istatistiki grupta yer almıştır.

Çizelge 4.1 I. aşamada ışık uygulamalarının sürgün yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi

Işık Rengi	Sürgün Yaş Ağırlığı (g)	Sürgün Kuru Ağırlığı (g)
B	2.89±0.14 bc	0.32±0.03 a
K	3.16±0.05 ab	0.33±0.02 a
M	3.05±0.12 ab	0.31±0.01 a
FR	2.36±0.04 d	0.15±0.03 b
K+FR	3.28±0.00 a	0.29±0.01 a
M+FR	2.71±0.09 c	0.28±0.03 a
K+M	3.00±0.03 ab	0.25±0.02 a
K+M+FR	3.17±0.12 ab	0.27±0.02 a

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.



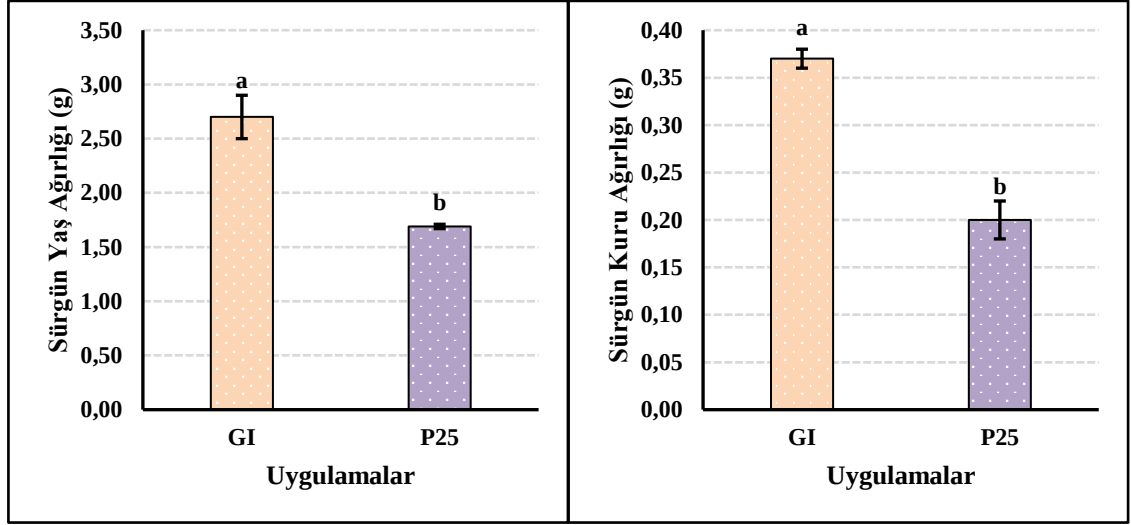
Şekil 4.1 I. aşamada ışık uygulamalarının sürgün yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

I. aşamada GI ve P25 uygulamaları sürgün yaş ve kuru ağırlığında (g) etkili olmuştur (çizelge 4.2, şekil 4.2). Her iki ölçüm sonucu açısından da GI uygulaması en yüksek değere sahip olmuştur.

Çizelge 4.2 I. aşamada GI ve P uygulamalarının sürgün yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi

Uygulama	Sürgün Yaş Ağırlığı (g)	Sürgün Kuru Ağırlığı (g)
GI	2.70±0.20 a	0.37±0.01 a
P25	1.69±0.02 b	0.20±0.02 b

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.



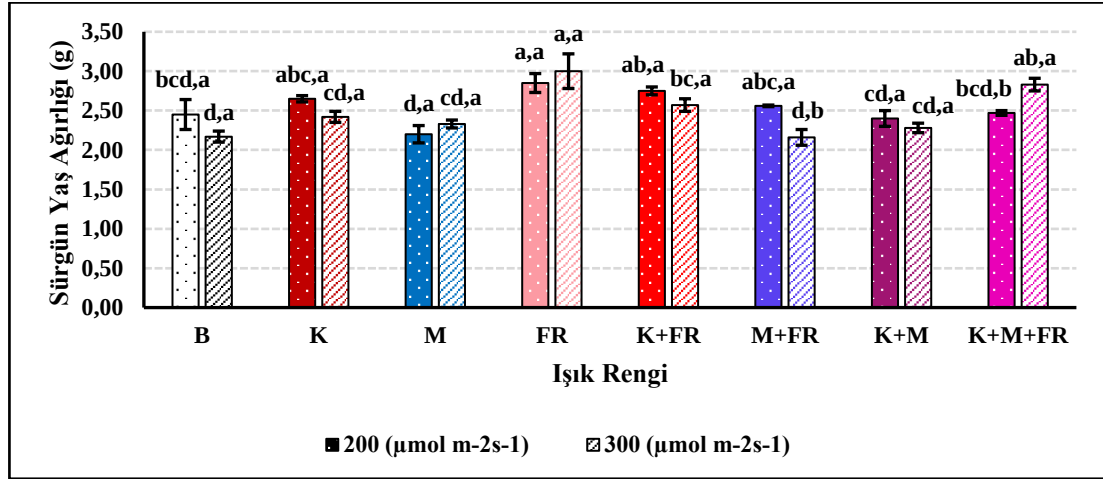
Şekil 4.2 I. aşamada GI ve P uygulamalarının sürgün yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

II. aşamada ışık uygulamalarından elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak incelendiğinde; sürgün yaş ağırlığı (g) açısından interaksiyon oluşurken, sürgün kuru ağırlığı (g) açısından ışık ve ışık şiddeti kendi içerisinde önemli görülmüştür (çizelge 4.3, şekil 4.3, şekil 4.4). Sürgün yaş ağırlığı (g) açısından $200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık uygulamaları incelendiğinde FR ve K+FR uygulamalarından yüksek değer elde edilmiştir. M ve K+M uygulamalarından ise en düşük değerler elde edilmiştir. $300 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık uygulamaları incelendiğinde FR ve K+M+FR uygulamalarından yüksek sonuç alınmasına rağmen, M+FR ve B en düşük değerlere sahip olmuştur. Işık şiddetleri değerlendirildiğinde ise M+FR ve K+M+FR dışındaki tüm uygulamalarda ışık şiddeti önemli görülmemiştir. M+FR uygulaması için $200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, K+M+FR uygulaması için ise $300 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık şiddeti uygulaması sürgün yaş ağırlığı (g) açısından etkili görülmüştür. Sürgün kuru ağırlığı (g) açısından K ve K+M+FR uygulamaları yüksek değere sahip olurken, FR ve M+FR en düşük değerlere sahip olmuştur. Işık şiddetine göre elde edilen değerler ise aynı istatistiki grupta yer almıştır.

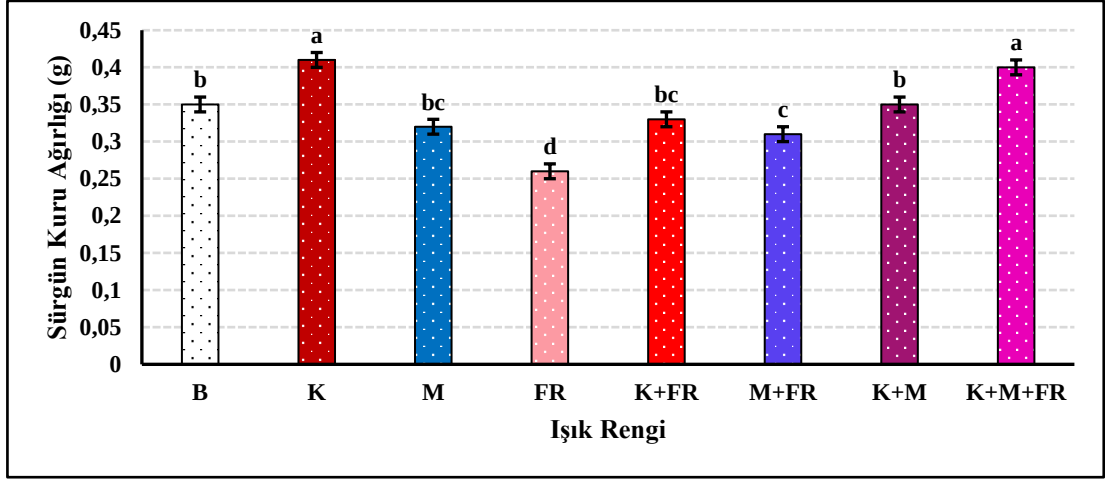
Çizelge 4.3 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının sürgün yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi

Işık Rengi	Sürgün Yaş Ağırlığı (g)		Sürgün Kuru Ağırlığı (g)		
	Işık Şiddeti (μmol m ⁻² s ⁻¹)				
	200	300	200	300	Ort.
B	2.45±0.19 bcd,a	2.17±0.07 d,a	0.35	0.36	0.35±0.01 b
K	2.65±0.04 abc,a	2.42±0.07 cd,a	0.41	0.41	0.41±0.01 a
M	2.20±0.11 d,a	2.33±0.05 cd,a	0.31	0.34	0.32±0.01 bc
FR	2.85±0.12 a,a	3.00±0.22 a,a	0.25	0.27	0.26±0.01 d
K+FR	2.75±0.05 ab,a	2.57±0.08 bc,a	0.33	0.34	0.33±0.01 bc
M+FR	2.56±0.01 abc,a	2.16±0.10 d,b	0.33	0.30	0.31±0.01 c
K+M	2.40±0.10 cd,a	2.28±0.06 cd,a	0.35	0.35	0.35±0.01 b
K+M+FR	2.47±0.03 bcd,b	2.83±0.08 ab,a	0.37	0.43	0.40±0.01 a
Ort.			0.34±0.01 a	0.35±0.01 a	

Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir. Birinci sıra harflendirmeler her bir ışık rengi için sürgün yaş ve kuru ağırlığı (g) değerini, ikinci sıra harflendirmeler ise her bir ışık şiddeti için sürgün yaş ve kuru ağırlığı (g) değerini göstermektedir.



Şekil 4.3 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının sürgün yaş ağırlığına (g) etkisi (Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir. Birinci sıra harflendirmeler her bir ışık rengi için sürgün yaş ağırlığı (g) değerini, ikinci sıra harflendirmeler ise her bir ışık şiddeti için sürgün yaş ağırlığı (g) değerini göstermektedir.)



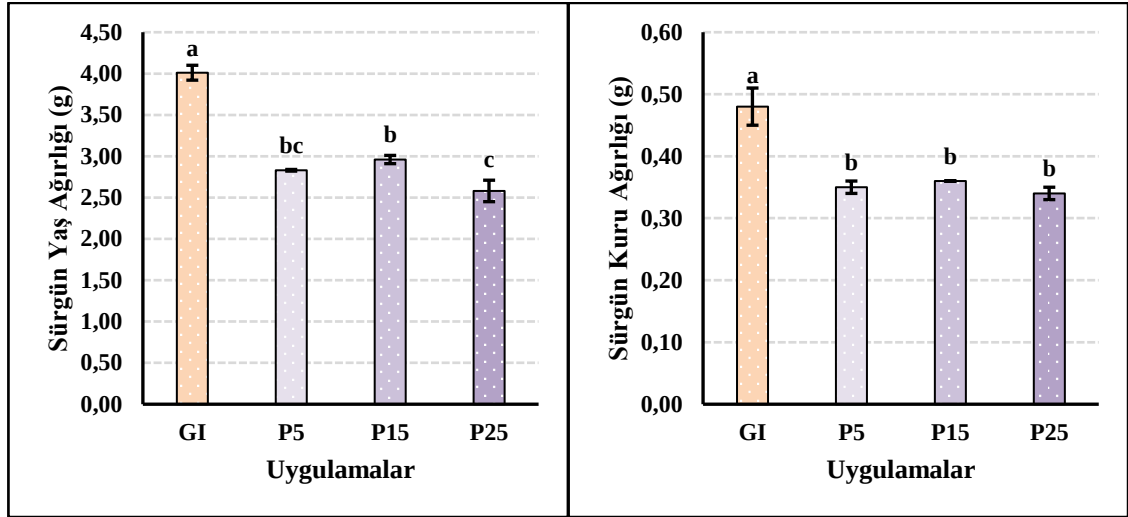
Şekil 4.4 II. aşamada ışık uygulamalarının sürgün kuru ağırlığına (g) etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

II. aşamada GI ve P uygulamalarının sonuçları sürgün yaş ve kuru ağırlığı (g) açısından etkili bulunmuştur (çizelge 4.4, şekil 4.5). Sürgün yaş ve kuru ağırlığı (g) açısından GI uygulamasından en iyi değerler elde edilirken; P5, P15 ve P25’den düşük sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 4.4 II. aşamada GI ve P uygulamalarının sürgün yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi

Uygulama	Sürgün Yaş Ağırlığı (g)	Sürgün Kuru Ağırlığı (g)
GI	4.01±0.09 a	0.48±0.03 a
P5	2.83±0.01 bc	0.35±0.01 b
P15	2.96±0.05 b	0.36±0.00 b
P25	2.58±0.13 c	0.34±0.01 b

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.



Şekil 4.5 II. aşamada GI ve P uygulamalarının sürgün yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

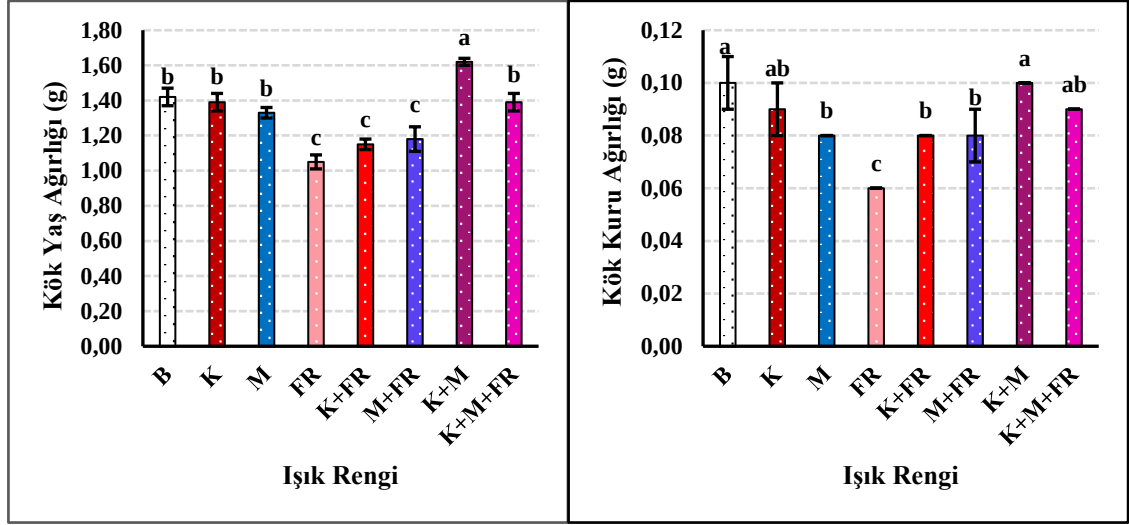
4.1.2 Kök yaş ve kuru ağırlığı (g)

Kök yaş ve kuru ağırlığı (g) bakımından I. aşama ışık uygulamalarının sonuçları istatistiki olarak etkili bulunmuştur (çizelge 4.5, şekil 4.6). Kök yaş ağırlığı (g) açısından K+M uygulaması yüksek değere sahip olurken; FR, K+FR ve M+FR uygulamalarından düşük sonuç alınmıştır. Kök kuru ağırlığı (g) açısından ise K+M, B, K ve K+M+FR yüksek değer verirken, FR uygulaması düşük değere sahip olmuştur.

Çizelge 4.5 I. aşamada ışık uygulamalarının kök yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi

Işık Rengi	Kök Yaş Ağırlığı (g)	Kök Kuru Ağırlığı (g)
B	1.42±0.05 b	0.10±0.01 a
K	1.39±0.05 b	0.09±0.01 ab
M	1.33±0.03 b	0.08±0.00 b
FR	1.05±0.04 c	0.06±0.00 c
K+FR	1.15±0.03 c	0.08±0.00 b
M+FR	1.18±0.07 c	0.08±0.01 b
K+M	1.62±0.02 a	0.10±0.00 a
K+M+FR	1.39±0.05 b	0.09±0.00 ab

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.



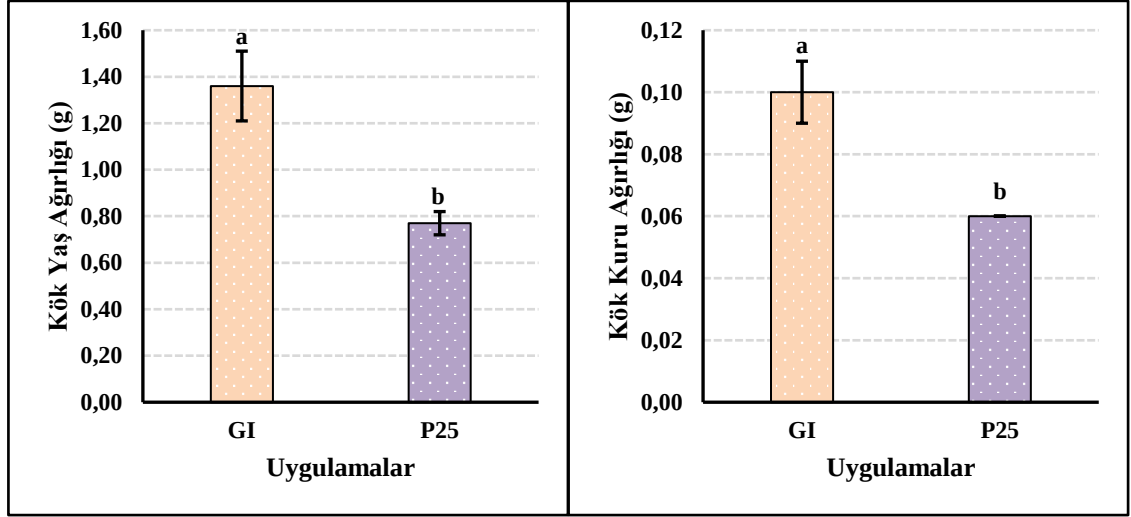
Şekil 4.6 I. aşamada ışık uygulamalarının kök yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

I. aşamada GI ve P25 uygulamaları kök yaş ve kuru ağırlığı (g) bakımından istatistiki olarak etkili bulunmuştur (çizelge 4.6, şekil 4.7). Tüm sonuçlar açısından değerlendirildiğinde GI uygulaması en yüksek değere, P25 uygulaması ise daha düşük değere sahip olmuştur.

Çizelge 4.6 I. aşamada GI ve P uygulamalarının kök yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi

Uygulama	Kök Yaş Ağırlığı (g)	Kök Kuru Ağırlığı (g)
GI	1.36±0.15 a	0.10±0.01 a
P25	0.77±0.05 b	0.06±0.00 b

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.



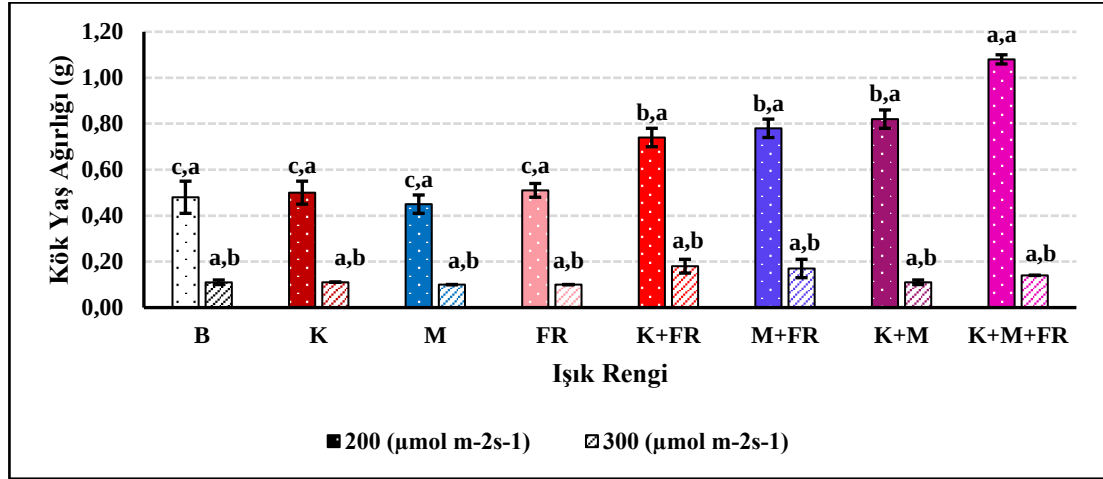
Şekil 4.7 I. aşamada GI ve P uygulamalarının kök yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

II. aşamada ışık uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak incelendiğinde; kök yaş ağırlığı (g) açısından interaksiyon oluşurken, kök kuru ağırlığı (g) açısından ışık ve ışık şiddeti kendi içerisinde önemli görülmiştir (çizelge 4.7, şekil 4.8, şekil 4.9). Kök yaş ağırlığı (g) açısından $200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık uygulamaları incelendiğinde K+M+FR uygulamasından yüksek değer alınırken; M, B, K ve FR uygulamalarında düşük değerler oluşmuştur. $300 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık uygulamaları incelendiğinde ise uygulamaların hepsi aynı istatistiki grupta yer almıştır. Işık şiddetleri incelendiğinde ise kök yaş ağırlığı (g) açısından en etkili ışık şiddeti $200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ olmuştur. Kök kuru ağırlığı (g) açısından ışık uygulamalarına göre K+M ve K+M+FR uygulamalarından yüksek değerler olmasına rağmen, FR ve M uygulamalarından düşük değerler alınmıştır. Işık şiddetine göre elde edilen değerler ise aynı istatistiki grupta yer almıştır.

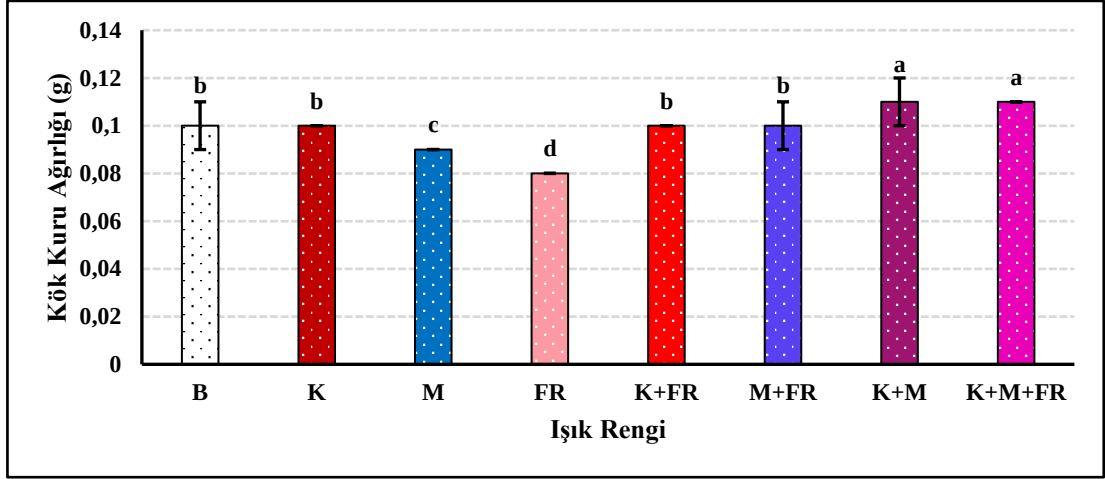
Çizelge 4.7 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının kök yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi

Işık Rengi	Kök Yaş Ağırlığı (g)		Kök Kuru Ağırlığı (g)		
	Işık Şiddeti ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)				
	200	300	200	300	Ort.
B	0.48±0.07 c,a	0.11±0.01 a,b	0.11	0.09	0.10±0.01 b
K	0.50±0.05 c,a	0.11±0.00 a,b	0.11	0.10	0.10±0.00 b
M	0.45±0.04 c,a	0.10±0.00 a,b	0.09	0.09	0.09±0.00 c
FR	0.51±0.03 c,a	0.10±0.00 a,b	0.08	0.07	0.08±0.00 d
K+FR	0.74±0.04 b,a	0.18±0.03 a,b	0.10	0.09	0.10±0.00 b
M+FR	0.78±0.04 b,a	0.17±0.04 a,b	0.10	0.09	0.10±0.01 b
K+M	0.82±0.04 b,a	0.11±0.01 a,b	0.12	0.09	0.11±0.01 a
K+M+FR	1.08±0.02 a,a	0.14±0.00 a,b	0.11	0.10	0.11±0.00 a
Ort.			0.10±0.00 a	0.10±0.00 a	

Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir. Birinci sıra harflendirmeler her bir ışık rengi için kök yaş ve kuru ağırlığı (g) değerini, ikinci sıra harflendirmeler ise her bir ışık şiddeti için kök yaş ve kuru ağırlığı (g) değerini göstermektedir.



Şekil 4.8 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının kök yaş ağırlığına (g) etkisi (Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir. Birinci sıra harflendirmeler her bir ışık rengi için kök yaş ağırlığı (g) değerini, ikinci sıra harflendirmeler ise her bir ışık şiddeti için kök yaş ağırlığı (g) değerini göstermektedir.)



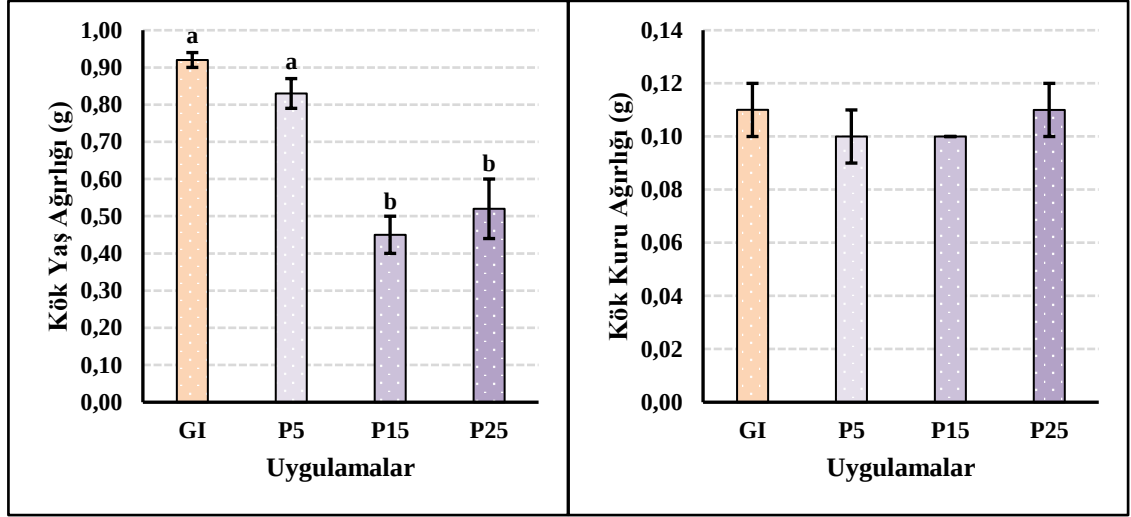
Şekil 4.9 II. aşamada ışık uygulamalarının kök kuru ağırlığına (g) etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

II. aşamada GI ve P uygulamalarının kök yaş ağırlığına (g) etkisi istatistiki olarak önemli bulunurken, kök kuru ağırlığı (g) bakımından önemsiz bulunmuştur (çizelge 4.8, şekil 4.10). Kök yaş ağırlığı (g) açısından GI ve P5 uygulamalarından yüksek değerler elde edilirken, P15 ve P25 uygulamalarından düşük değerler elde edilmiştir.

Çizelge 4.8 II. aşamada GI ve P uygulamalarının kök yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi

Uygulama	Kök Yaş Ağırlığı (g)	Kök Kuru Ağırlığı (g)
GI	0.92±0.02 a	0.11±0.01
P5	0.83±0.04 a	0.10±0.01
P15	0.45±0.05 b	0.10±0.00
P25	0.52±0.08 b	0.11±0.01

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.



Şekil 4.10 II. aşamada GI ve P uygulamalarının kök yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

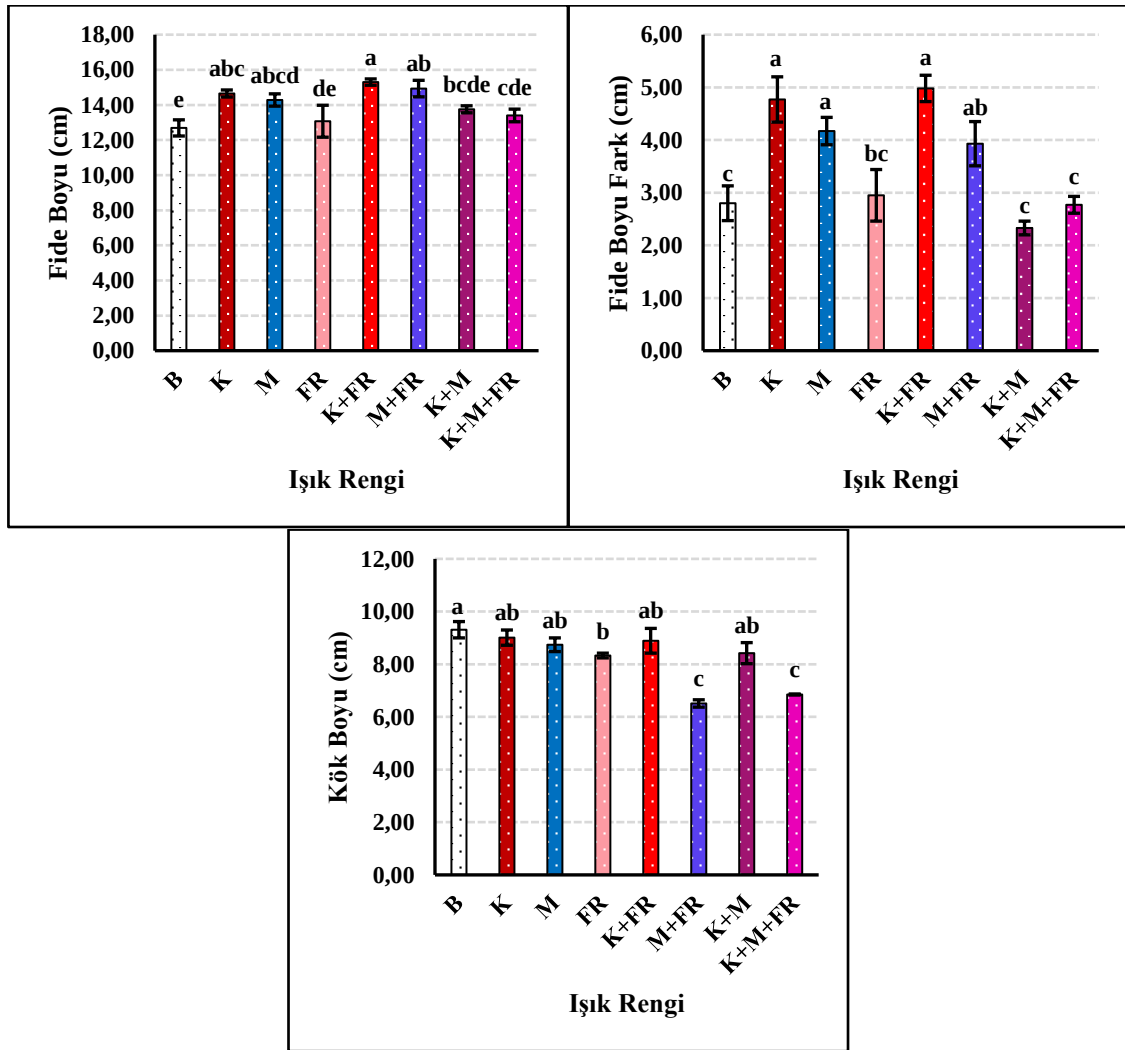
4.1.3 Fide ve kök boyu (cm)

I. aşamada ışık uygulamaları fide boyu (cm), fide boyu farkı (cm) ve kök boyu (cm) açısından istatistiki olarak etkili olmuştur (çizelge 4.9, şekil 4.11). Fide boyu (cm) bakımından K+FR ve M+FR uygulamalarından yüksek değerler elde edilirken, B ve FR uygulamalarından düşük değerler elde edilmiştir. Ancak bu değerler fide muhafazası sonucunda yapılan ölçüm değerleridir. Muhafaza uygulamasının etkinliğini ortaya koyabilmek için fidelerin başlangıç ve muhafaza uygulaması sonucunda ki değerleri kaydedilmiş ve fide boyu fark (cm) değerleri elde edilmiştir. Fide boyu (cm) farkında K+FR, K, M ve M+FR'den yüksek sonuçlar alınırken; K+M, K+M+FR, B ve FR'den en düşük sonuçlar alınmıştır. Kök boyu (cm) bakımından ise B uygulaması etkili olurken, M+FR, K+M+FR ve FR'den düşük sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 4.9 I. aşamada ışık uygulamalarının fide boyu (cm), fide boyu farkı (cm) ve kök boyuna (cm) etkisi

Işık Rengi	Fide Boyu (cm)	Fide Boyu Farkı (cm)	Kök Boyu (cm)
B	12.69±0.46 e	2.80±0.33 c	9.31±0.31 a
K	14.65±0.20 abc	4.77±0.43 a	9.01±0.29 ab
M	14.28±0.35 abcd	4.17±0.26 a	8.74±0.26 ab
FR	13.07±0.91 de	2.95±0.49 bc	8.33±0.09 b
K+FR	15.30±0.18 a	4.98±0.25 a	8.89±0.47 ab
M+FR	14.93±0.47 ab	3.93±0.42 ab	6.51±0.14 c
K+M	13.75±0.20 bcde	2.33±0.13 c	8.42±0.40 ab
K+M+FR	13.40±0.36 cde	2.77±0.16 c	6.85±0.02 c

Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.



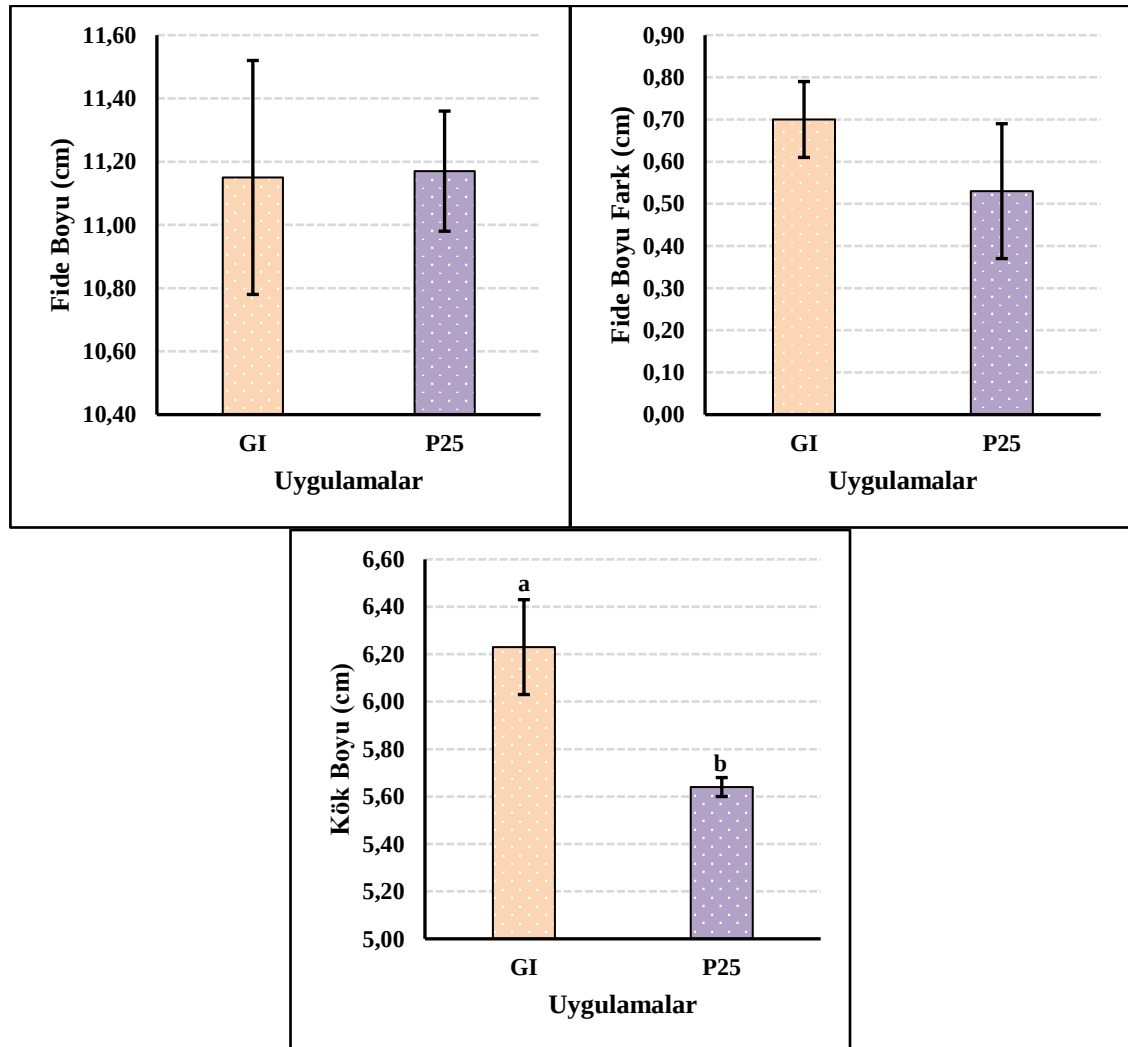
Şekil 4.11 I. aşamada ışık uygulamalarının fide boyu (cm), fide boyu farkı (cm) ve kök boyuna (cm) etkisi (Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

I. aşamada GI ve P25 uygulamalarının kök boyuna (cm) etkisi istatistiki olarak önemli bulunurken, fide boyu ve fide boyu farkına (cm) etkisi önemli bulunmamıştır (çizelge 4.10, şekil 4.12). Kök boyu (cm) açısından GI uygulaması etkili olurken, P25'den düşük sonuç alınmıştır.

Çizelge 4.10 I. aşamada GI ve P uygulamalarının fide boyu (cm), fide boyu farkı (cm) ve kök boyuna (cm) etkisi

Uygulama	Fide Boyu (cm)	Fide Boyu Farkı (cm)	Kök Boyu (cm)
GI	11.15±0.37	0.70±0.09	6.23±0.20 a
P25	11.17±0.19	0.53±0.16	5.64±0.04 b

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.



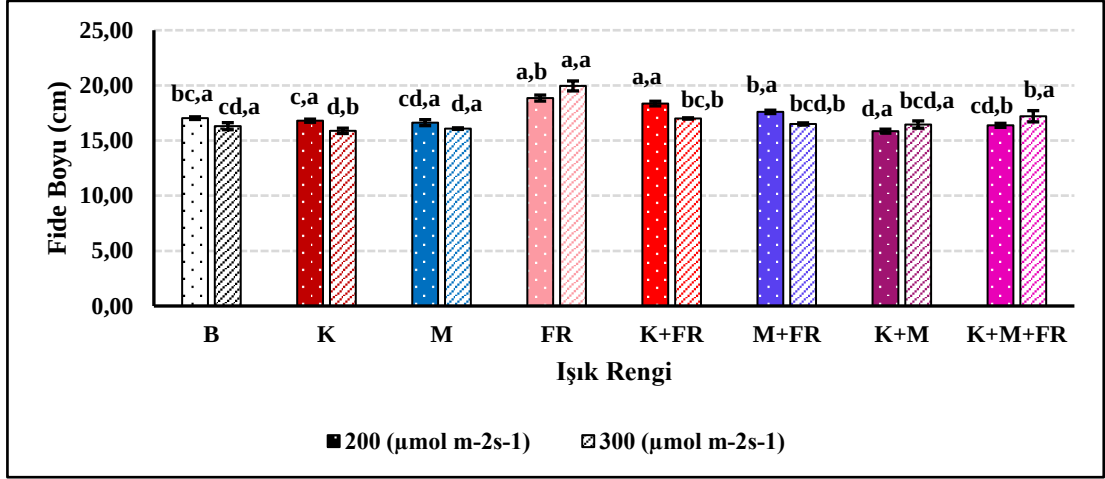
Şekil 4.12 I. aşamada GI ve P uygulamalarının fide boyu (cm), fide boyu farkı (cm) ve kök boyuna (cm) etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

II. aşamada ışık uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak incelendiğinde fide boyu (cm) bakımından interaksyon oluşurken, fide boyu farkı (cm) bakımından ışık ve ışık şiddeti kendi içerisinde önemli görülmüştür (çizelge 4.11, şekil 4.13, şekil 4.14). Fide boyu (cm) açısından $200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık uygulamaları incelendiğinde FR ve K+FR uygulamalarından en yüksek sonuçlar elde edilmiştir. K+M, K+M+FR, M ve K'dan en düşük değerler alınmıştır. $300 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık uygulamaları incelendiğinde ise FR uygulamasından en iyi değer; K, M ve B uygulamalarından en düşük değerler elde edilmiştir. Işık şiddetleri değerlendirildiğinde ise K, FR, K+FR, M+FR ve K+M+FR dışındaki tüm uygulamalarda ışık şiddeti önemli görülmemiştir. K, K+FR ve M+FR uygulamaları için $200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$; FR ve K+M+FR'de ise $300 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık şiddeti önemli görülmüştür. Ancak bu değerler fide muhafazası sonucunda yapılan ölçüm değerleridir. Muhafaza uygulamasının etkinliğini ortaya koyabilmek için fidelerin başlangıç ve muhafaza uygulaması sonucunda ki değerleri kaydedilmiş ve fide boyu fark (cm) değerleri elde edilmiştir. Fide boyu (cm) farkı açısından FR uygulamasından en yüksek sonuç alınırken; M, K+M ve K+M+FR uygulamalarının sonuçları düşük kalmıştır. Işık şiddetleri incelendiğinde ise en etkili ışık şiddeti $200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ olmuştur.

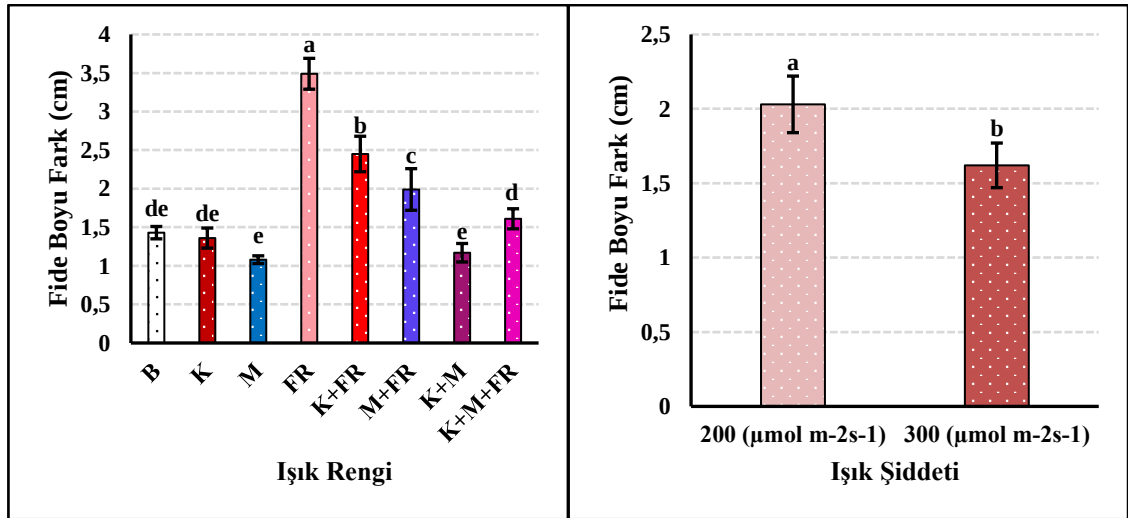
Çizelge 4.11 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının fide boyu (cm) ve fide boyu farkına (cm) etkisi

Işık Rengi	Fide Boyu (cm)		Fide Boyu Fark (cm)		
	Işık Şiddeti (μmol m ⁻² s ⁻¹)				
	200	300	200	300	Ort.
B	17.03±0.12 bc,a	16.30±0.32 cd,a	1.45	1.40	1.43±0.08 de
K	16.80±0.14 c,a	15.88±0.24 d,b	1.48	1.23	1.36±0.13 de
M	16.62±0.27 cd,a	16.08±0.07 d,a	1.08	1.08	1.08±0.05 e
FR	18.85±0.27 a,b	19.95±0.45 a,a	3.73	3.25	3.49±0.20 a
K+FR	18.35±0.21 a,a	17.00±0.06 bc,b	2.80	2.10	2.45±0.23 b
M+FR	17.60±0.15 b,a	16.50±0.10 bcd,b	2.58	1.40	1.99±0.27 c
K+M	15.85±0.18 d,a	16.45±0.33 bcd,a	1.32	1.02	1.17±0.12 e
K+M+FR	16.38±0.18 cd,b	17.20±0.51 b,a	1.75	1.47	1.61±0.13 d
Ort.			2.03±0.19 a	1.62±0.15 b	

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir. Birinci sıra harflendirmeler her bir ışık rengi için fide boyu (cm) ve fide boyu farkına (cm) değerini, ikinci sıra harflendirmeler ise her bir ışık şiddeti için fide boyu (cm) ve fide boyu farkına (cm) değerini göstermektedir.



Şekil 4.13 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının fide boyuna (cm) etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir. Birinci sıra harflendirmeler her bir ışık rengi için fide boyu (cm) değerini, ikinci sıra harflendirmeler ise her bir ışık şiddeti için fide boyu (cm) değerini göstermektedir.)



Şekil 4.14 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının fide boyu farkına (cm) etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

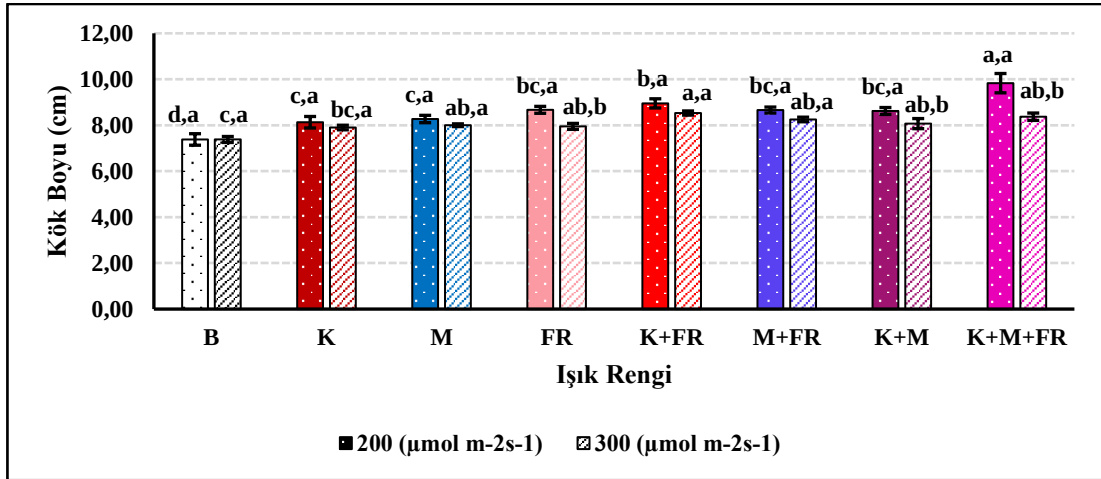
II. aşamada ışık uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak incelendiğinde; kök boyu (cm) açısından interaksiyon oluşmuştur (çizelge 4.12, şekil 4.15). 200 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık uygulamaları incelendiğinde K+M+FR uygulamasından en yüksek değer elde edilirken; B, K ve M uygulamalarından en düşük değerler elde edilmiştir. 300 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık uygulamaları incelendiğinde K+FR uygulamasından en yüksek değer, B ve K uygulamalarından en düşük değerler elde edilmiştir. Işık şiddetleri değerlendirildiğinde

ise FR, K+M ve K+M+FR uygulamalarında etkili sonuçlar $200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık şiddetinde görülmüştür.

Çizelge 4.12 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının kök boyuna (cm) etkisi

Işık Rengi	Kök Boyu (cm)	
	Işık Şiddeti ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	
	200	300
B	7.38±0.25 d,a	7.38±0.13 c,a
K	8.13±0.25 c,a	7.90±0.10 bc,a
M	8.27±0.16 c,a	8.00± 0.06 ab,a
FR	8.67±0.15 bc,a	7.95±0.13 ab,b
K+FR	8.95±0.20 b,a	8.53±0.09 a,a
M+FR	8.66±0.13 bc,a	8.25±0.10 ab,a
K+M	8.62±0.15 bc,a	8.07±0.22 ab,b
K+M+FR	9.83±0.42 a,a	8.37±0.16 ab,b

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir. Birinci sıra harflendirmeler her bir ışık rengi için kök boyu (cm) değerini, ikinci sıra harflendirmeler ise her bir ışık şiddeti için kök boyu (cm) değerini göstermektedir.



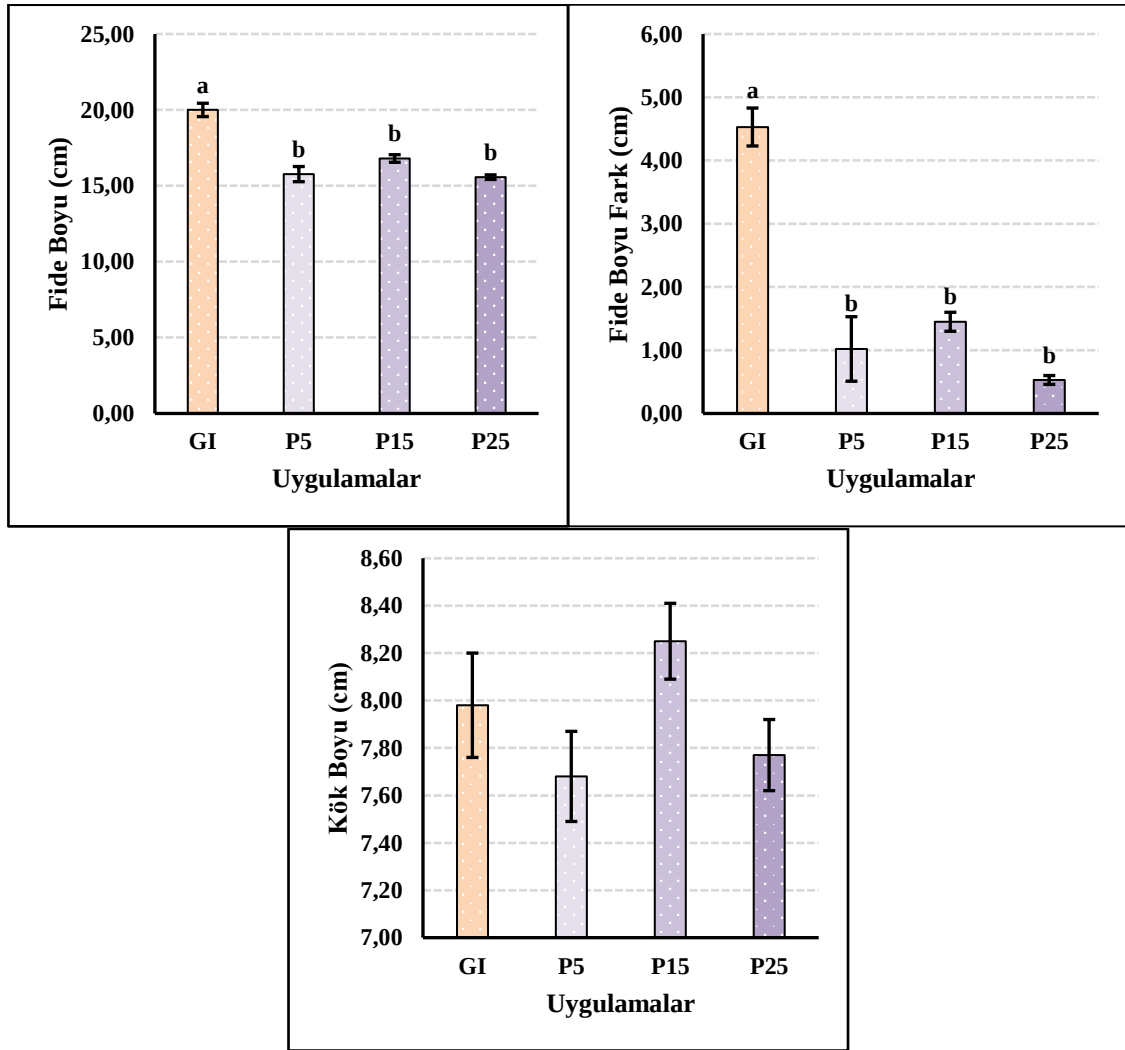
Şekil 4.15 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının kök boyuna (cm) etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir. Birinci sıra harflendirmeler her bir ışık rengi için kök boyu (cm) değerini, ikinci sıra harflendirmeler ise her bir ışık şiddeti için kök boyu (cm) değerini göstermektedir.)

II. aşamada GI ve P uygulamalarının fide boyu (cm) ve fide boyu farkına (cm) etkisi istatistiki olarak önemli bulunurken, kök boyuna (cm) etkisi önemsiz bulunmuştur (çizelge 4.13, şekil 4.16). Fide boyu (cm) ve fide boyu farkı (cm) bakımından GI uygulamasından en yüksek değerler elde edilirken, P uygulamalarının tümünden daha düşük sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 4.13 II. aşamada GI ve P uygulamalarının fide boyu (cm), fide boyu farkı (cm) ve kök boyuna (cm) etkisi

Uygulama	Fide Boyu (cm)	Fide Boyu Farkı (cm)	Kök Boyu (cm)
GI	20.00±0.44 a	4.53±0.30 a	7.98±0.22
P5	15.77±0.50 b	1.02±0.51 b	7.68±0.19
P15	16.80±0.25 b	1.45±0.15 b	8.25±0.16
P25	15.57±0.15 b	0.53±0.07 b	7.77±0.15

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.



Şekil 4.16 II. aşamada GI ve P uygulamalarının fide boyu (cm), fide boyu farkı (cm) ve kök boyuna (cm) etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

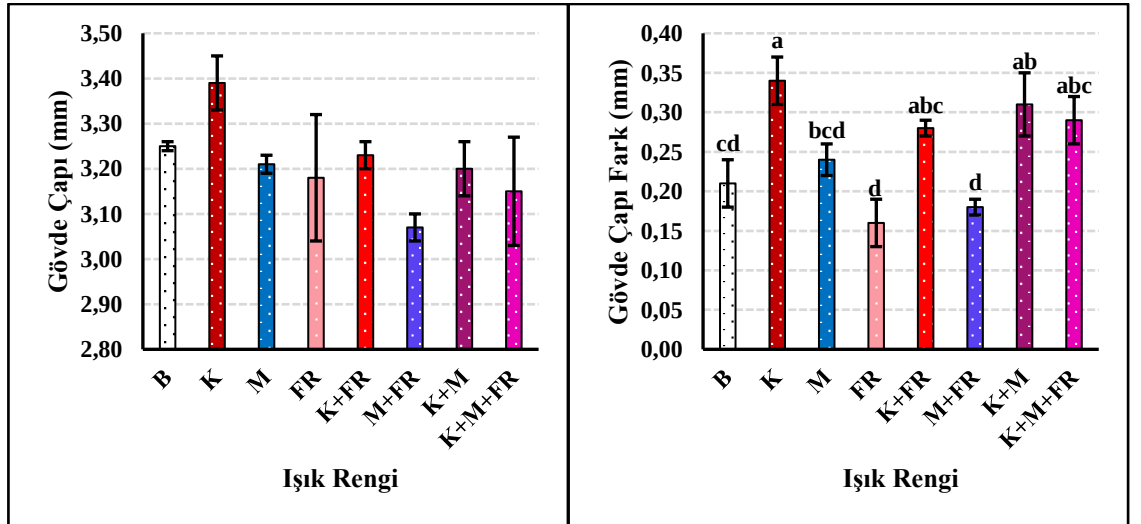
4.1.4 Gövde çapı (mm)

I. aşamada ışık uygulamalarının gövde çapı farkına (mm) etkisi istatistiki olarak önemli bulunurken, gövde çapı (mm) değeri önemli bulunmamıştır (çizelge 4.14, şekil 4.17). Muhafaza uygulamasının etkinliğini ortaya koyabilmek için fidelerin başlangıç ve muhafaza uygulaması sonucunda ki gövde çapı değerleri kaydedilerek aradaki fark bulunmuştur. Gövde çapı (mm) farkı bakımından K ve K+M uygulamalarından en yüksek değerler; FR, M+FR ve B'den ise en düşük değerler elde edilmiştir.

Çizelge 4.14 I. aşamada ışık uygulamalarının gövde çapı (mm) ve gövde çapı farkına (mm) etkisi

Işık Rengi	Gövde Çapı (mm)	Gövde Çapı Fark (mm)
B	3.25±0.01	0.21±0.03 cd
K	3.39±0.06	0.34±0.03 a
M	3.21±0.02	0.24±0.02 bcd
FR	3.18±0.14	0.16±0.03 d
K+FR	3.23±0.03	0.28±0.01 abc
M+FR	3.07±0.03	0.18±0.01 d
K+M	3.20±0.06	0.31±0.04 ab
K+M+FR	3.15±0.12	0.29±0.03 abc

Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.



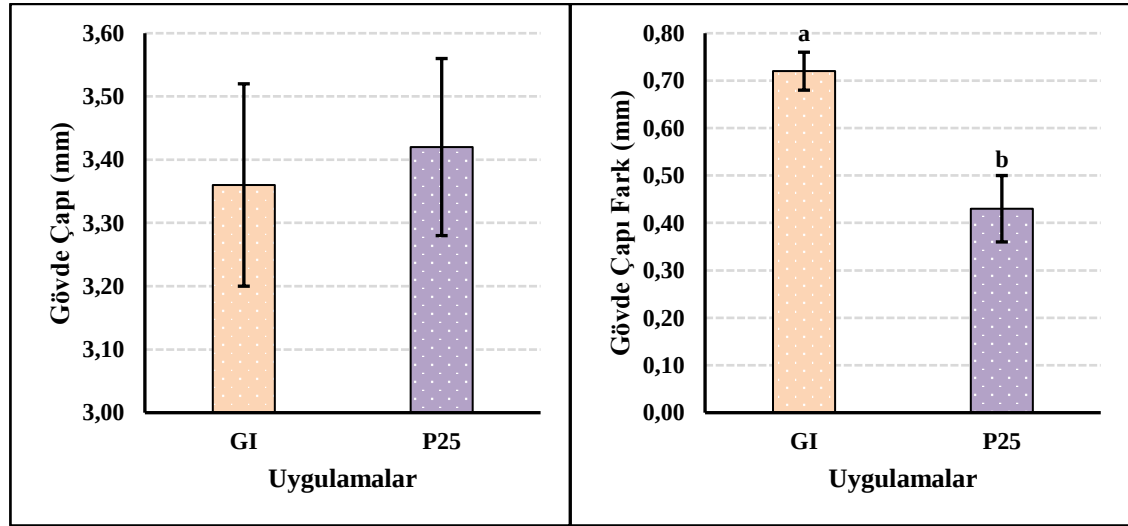
Şekil 4.17 I. aşamada ışık uygulamalarının gövde çapı (mm) ve gövde çapı farkına (mm) etkisi (Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

I. aşamada GI ve P25 uygulamalarının gövde çapı farkına (mm) etkisi istatistiki olarak önemli bulunurken, gövde çapına (mm) etkisi önemli bulunmamıştır (çizelge 4.15, şekil 4.18). Gövde çapı (mm) farkı açısından GI uygulamasından en yüksek değer alınırken, P25 uygulaması en düşük sonuca sahip olmuştur.

Çizelge 4.15 I. aşamada GI ve P uygulamalarının gövde çapı (mm) ve gövde çapı farkına (mm) etkisi

Uygulama	Gövde Çapı (mm)	Gövde Çapı Fark (mm)
GI	3.36±0.16	0.72±0.04 a
P25	3.42±0.14	0.43±0.07 b

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.



Şekil 4.18 I. aşamada GI ve P uygulamalarının gövde çapı (mm) ve gövde çapı farkına (mm) etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

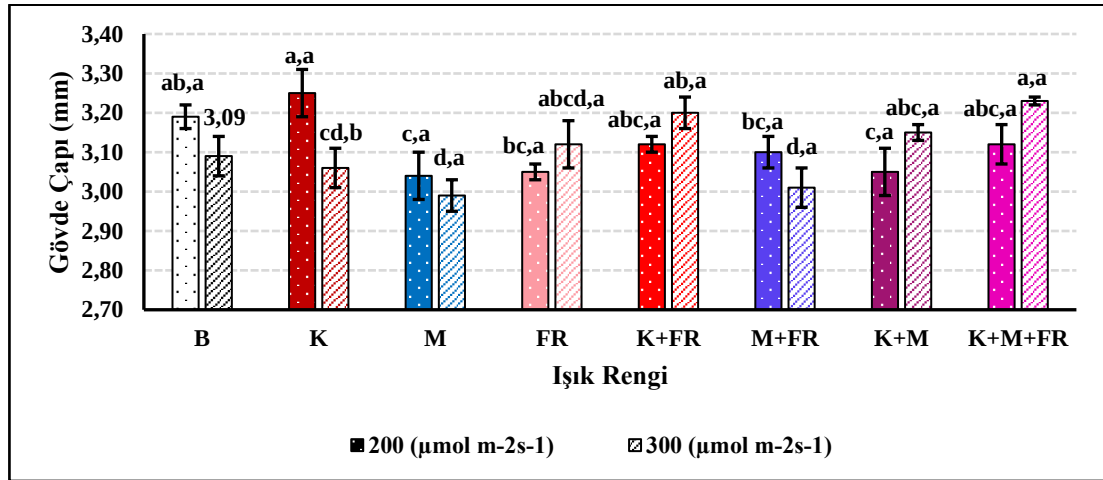
II. aşamada ışık uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak incelendiğinde gövde çapı (mm) bakımından interaksiyon oluşurken, gövde çapı farkı (mm) bakımından ışık ve ışık şiddeti kendi içerisinde önemli görülmüştür (çizelge 4.16, şekil 4.19, şekil 4.20). Gövde çapı (mm) açısından $200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık uygulamaları incelendiğinde B ve K uygulamalarından en yüksek değerler elde edilirken, M ve K+M uygulamalarından düşük sonuçlar alınmıştır. $300 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık uygulamaları incelendiğinde ise K+M+FR ve K+FR uygulamalarından en yüksek değerler elde edilirken; M, M+FR ve K uygulamalarından en düşük değerler elde edilmiştir. Işık şiddetleri değerlendirildiğinde

ise gövde çapı (mm) bakımından sadece K uygulamasında farklılık oluşmuş ve en etkili ışık şiddeti $200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ olmuştur.

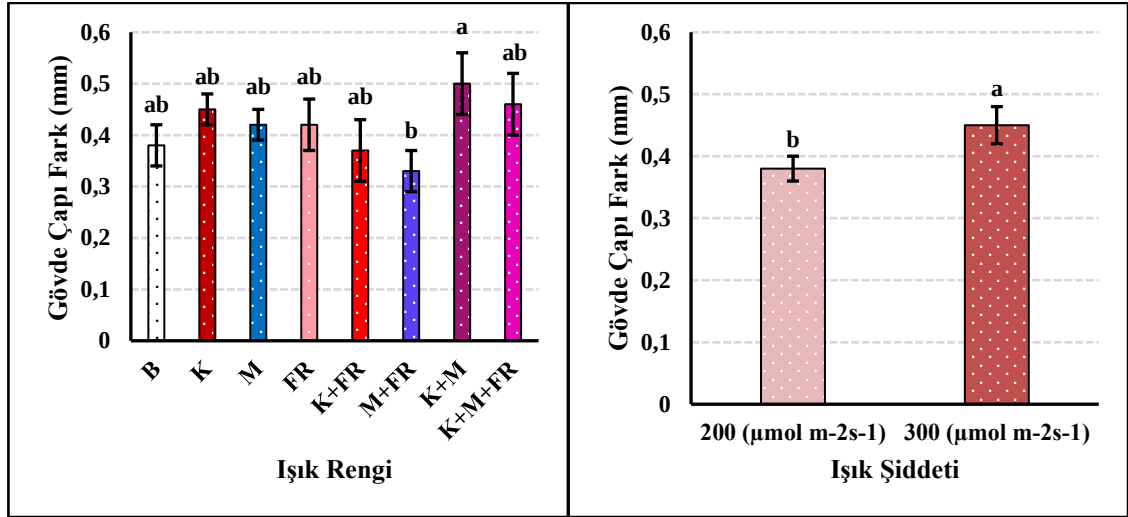
Çizelge 4.16 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının gövde çapı (mm) ve gövde çapı farkına (mm) etkisi

Işık Rengi	Gövde Çapı (mm)		Gövde Çapı Fark (mm)		
	Işık Şiddeti ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)				
	200	300	200	300	Ort.
B	3.19±0.03 ab,a	3.09±0.05 bcd,a	0.35	0.41	0.38±0.04 ab
K	3.25±0.06 a,a	3.06±0.05 cd,b	0.41	0.49	0.45±0.03 ab
M	3.04±0.06 c,a	2.99±0.04 d,a	0.40	0.44	0.42±0.03 ab
FR	3.05±0.02 bc,a	3.12±0.06 abcd,a	0.34	0.49	0.42±0.05 ab
K+FR	3.12±0.02 abc,a	3.20±0.04 ab,a	0.29	0.44	0.37±0.06 ab
M+FR	3.10±0.04 bc,a	3.01±0.05 d,a	0.34	0.33	0.33±0.04 b
K+M	3.05±0.06 c,a	3.15±0.02 abc,a	0.38	0.63	0.50±0.06 a
K+M+FR	3.12±0.05 abc,a	3.23±0.01 a,a	0.52	0.39	0.46±0.06 ab
			0.38±0.02 b	0.45±0.03 a	

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir. Birinci sıra harflendirmeler her bir ışık rengi için gövde çapı (mm) değerini, ikinci sıra harflendirmeler ise her bir ışık şiddeti için gövde çapı (mm) değerini göstermektedir.



Şekil 4.19 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının gövde çapına (mm) etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir. Birinci sıra harflendirmeler her bir ışık rengi için gövde çapı (mm) değerini, ikinci sıra harflendirmeler ise her bir ışık şiddeti için gövde çapı (mm) değerini göstermektedir.)

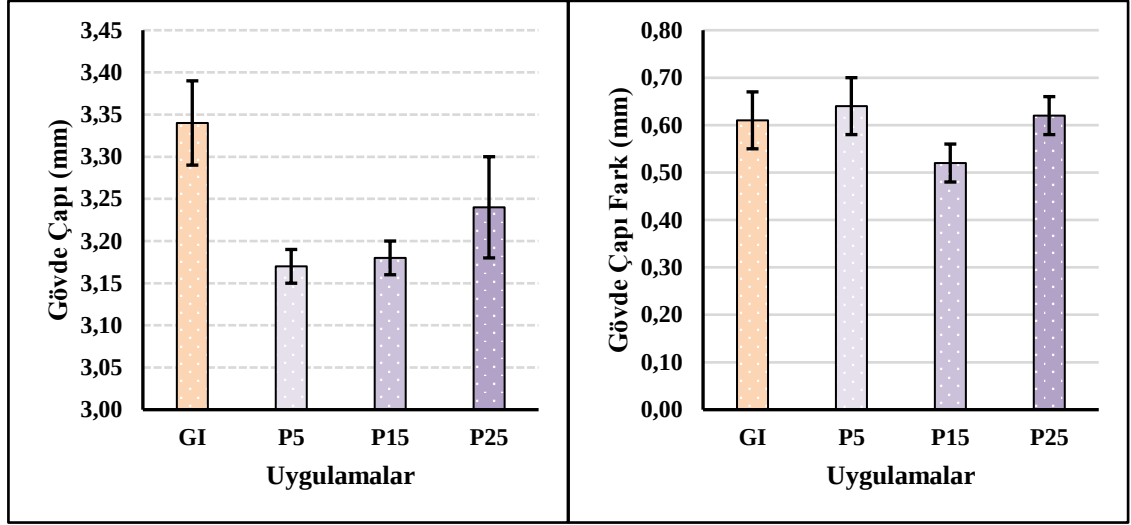


Şekil 4.20 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının gövde çapı farkına (mm) etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

II. aşamada GI ve P uygulamalarının gövde çapı (mm) ve gövde çapı farkına (mm) etkisi istatistiki açıdan etkili bulunmamıştır (çizelge 4.17, şekil 4.21).

Çizelge 4.17 II. aşamada GI ve P uygulamalarının gövde çapı (mm) ve gövde çapı farkına (mm) etkisi

Uygulama	Gövde Çapı (mm)	Gövde Çapı Farkı (mm)
GI	3.34±0.05	0.61±0.06
P5	3.17±0.02	0.64±0.06
P15	3.18±0.02	0.52±0.04
P25	3.24±0.06	0.62±0.04



Şekil 4.21 II. aşamada GI ve P uygulamalarının gövde çapı (mm) ve gövde çapı farkına (mm) etkisi

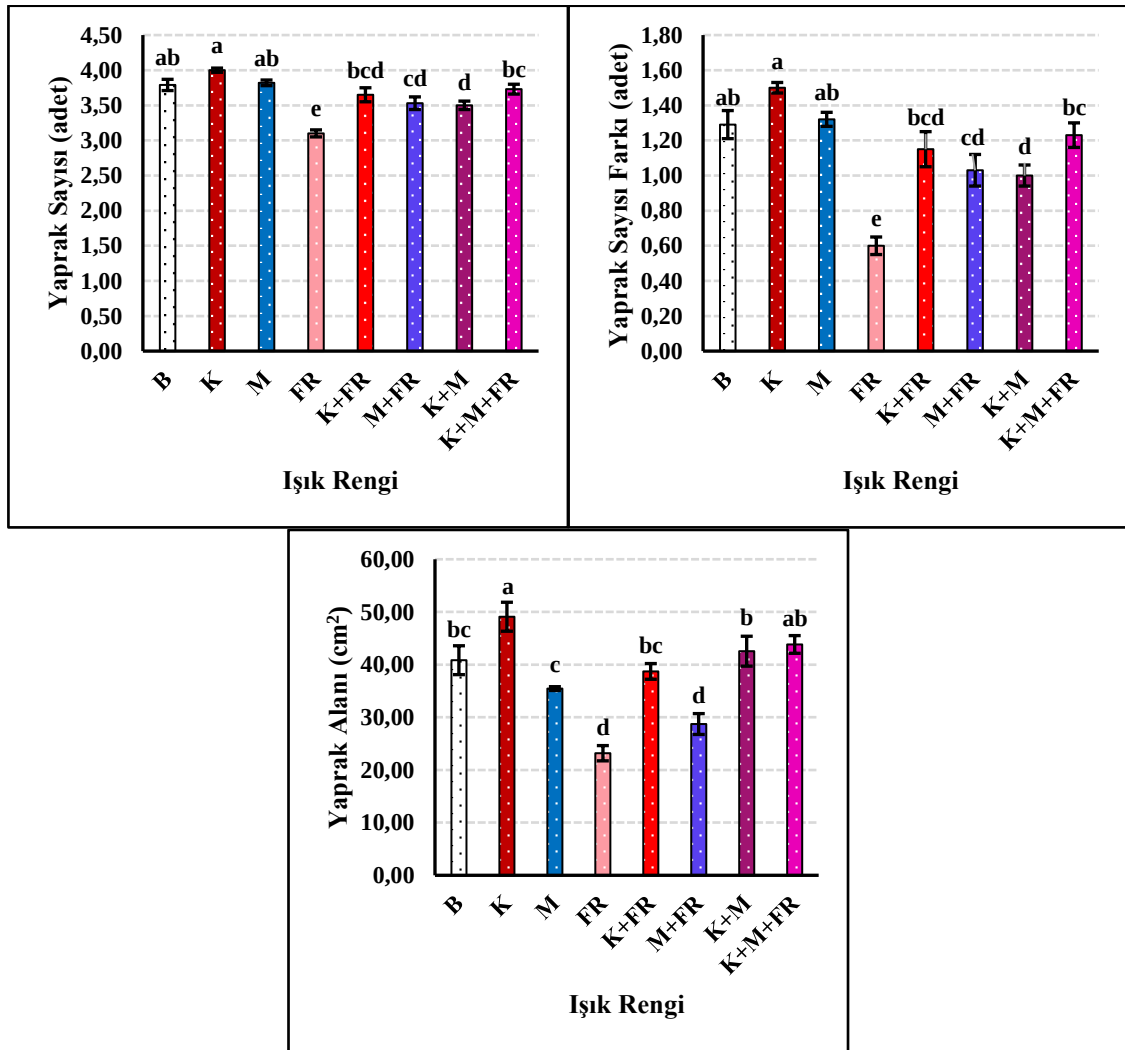
4.1.5 Yaprak sayısı (adet) ve alanı (cm²)

Yaprak sayısı (adet), yaprak sayısı farkı (adet) ve yaprak alanı (cm²) bakımından I. aşama ışık uygulamalarının etkisi istatistiki olarak etkili bulunmuştur (çizelge 4.18, şekil 4.22). Yaprak sayısı (adet) bakımından K uygulamasından en yüksek değer elde edilirken, FR, K+M ve M+FR'de sonuçlar düşük olmuştur. Ancak bu sonuçlar fide muhafazası sonucunda yapılan ölçüm değerleridir. Muhafaza uygulamasının etkinliğini ortaya koyabilmek için fidelerin başlangıç ve muhafaza uygulaması sonucunda ki yaprak sayısı değerleri kaydedilerek aradaki fark bulunmuştur. Yaprak sayısı (adet) farkı bakımından K, M ve B uygulamalarından en yüksek sonuçlar; FR, K+M ve M+FR'den ise düşük sonuçlar elde edilmiştir. Yaprak alanı (cm²) açısından ise K uygulamasından en yüksek değer elde edilirken, FR ve M+FR'den en düşük değerler alınmıştır.

Çizelge 4.18 I. aşamada ışık uygulamalarının yaprak sayısı (adet), yaprak sayısı farkı (adet) ve yaprak alanına (cm²) etkisi

Işık Rengi	Yaprak Sayısı (adet)	Yaprak Sayısı Fark (adet)	Yaprak Alanı (cm ²)
B	3.79±0.08 ab	1.29±0.08 ab	40.84±2.74 bc
K	4.00±0.03 a	1.50±0.03 a	49.09±2.75 a
M	3.82±0.04 ab	1.32±0.04 ab	35.45±0.36 c
FR	3.10±0.05 e	0.60±0.05 e	23.18±1.45 d
K+FR	3.65±0.10 bcd	1.15±0.10 bcd	38.71±1.49 bc
M+FR	3.53±0.09 cd	1.03±0.09 cd	28.72±1.98 d
K+M	3.50±0.06 d	1.00±0.06 d	42.55±2.84 b
K+M+FR	3.73±0.07 bc	1.23±0.07 bc	43.83±1.68 ab

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar p≤0.05 düzeyinde önemlidir.



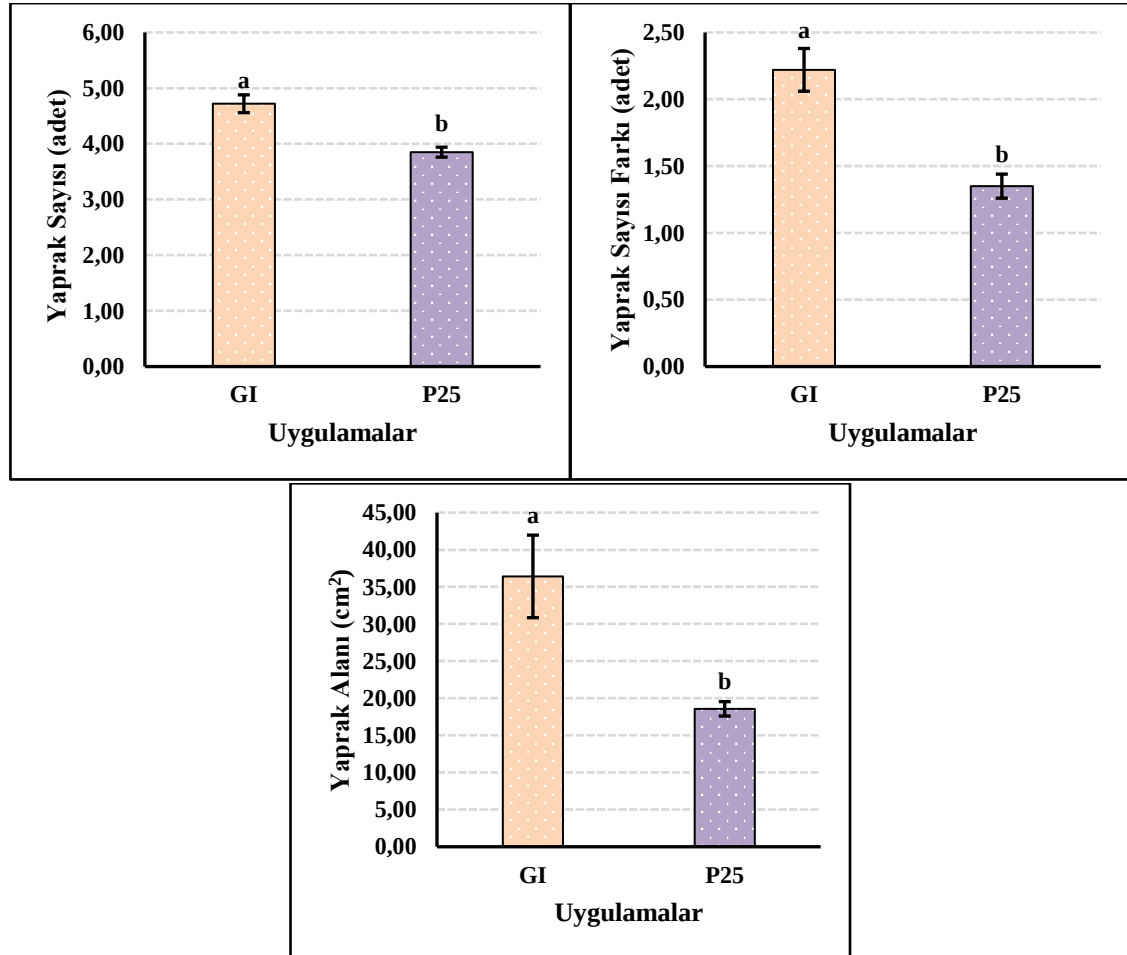
Şekil 4.22 I. aşamada ışık uygulamalarının yaprak sayısı (adet), yaprak sayısı farkı (adet) ve yaprak alanına (cm²) etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar p≤0.05 düzeyinde önemlidir.)

I. aşamada GI ve P25 uygulamalarının yaprak sayısı (adet), yaprak sayısı farkı (adet) ve yaprak alanına (cm²) etkisi istatistiki olarak etkili bulunmuştur (çizelge 4.19, şekil 4.23). Yaprak sayısı (adet), yaprak sayısı farkı (adet) ve yaprak alanı (cm²) bakımından GI uygulamasından en yüksek sonuçlar elde edilirken, P25 uygulamasından en düşük sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 4.19 I. aşamada GI ve P uygulamalarının yaprak sayısı (adet), yaprak sayısı farkı (adet) ve yaprak alanına (cm²) etkisi

Uygulama	Yaprak Sayısı (adet)	Yaprak Sayısı Fark (adet)	Yaprak Alanı (cm ²)
GI	4.72±0.16 a	2.22±0.16 a	36.41±5.56 a
P25	3.85±0.09 b	1.35±0.09 b	18.57±0.97 b

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar p≤0.05 düzeyinde önemlidir.



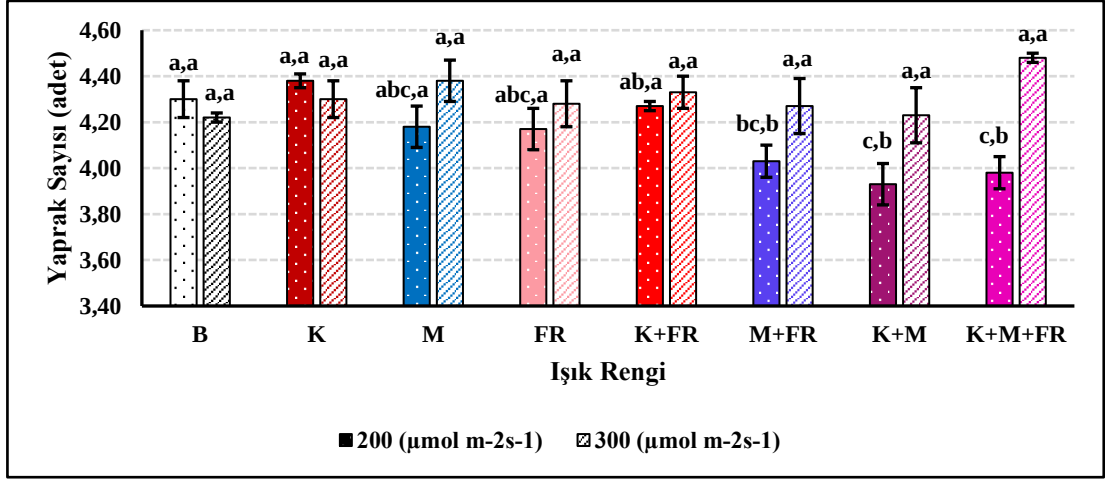
Şekil 4.23 I. aşamada GI ve P uygulamalarının yaprak sayısı (adet), yaprak sayısı farkı (adet) ve yaprak alanına (cm²) etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar p≤0.05 düzeyinde önemlidir.)

II. aşamada ışık uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak incelendiğinde yaprak sayısı (adet), yaprak sayısı farkı (adet) ve yaprak alanı (cm²) bakımından interaksiyon oluşmuştur (çizelge 4.20, çizelge 4.21, şekil 4.24, şekil 4.25 ve şekil 4.26). Yaprak sayısı (adet) açısından 200 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık uygulamaları incelendiğinde K ve B uygulamalarından en yüksek değerler; K+M, K+M+FR ve M+FR'den en düşük değerler elde edilmiştir. 300 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık uygulamaları incelendiğinde ise yaprak sayısı (adet) açısından uygulamalar aynı grupta yer almıştır. Işık şiddetleri bakımından ise M+FR, K+M ve K+M+FR için 300 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık şiddeti önemli görülmüştür. Yaprak sayısı (adet) farkı açısından 200 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık uygulamaları incelendiğinde K uygulamasından en yüksek değer elde edilirken, K+M'den en düşük sonuç alınmıştır. 300 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık uygulamalarında K+FR uygulamasından en iyi değer elde edilirken, FR uygulamasından en düşük değer elde edilmiştir. Işık şiddetleri değerlendirildiğinde ise K+FR, M+FR ve K+M uygulamaları için en etkili sonuçlar 300 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 'de olmuştur.

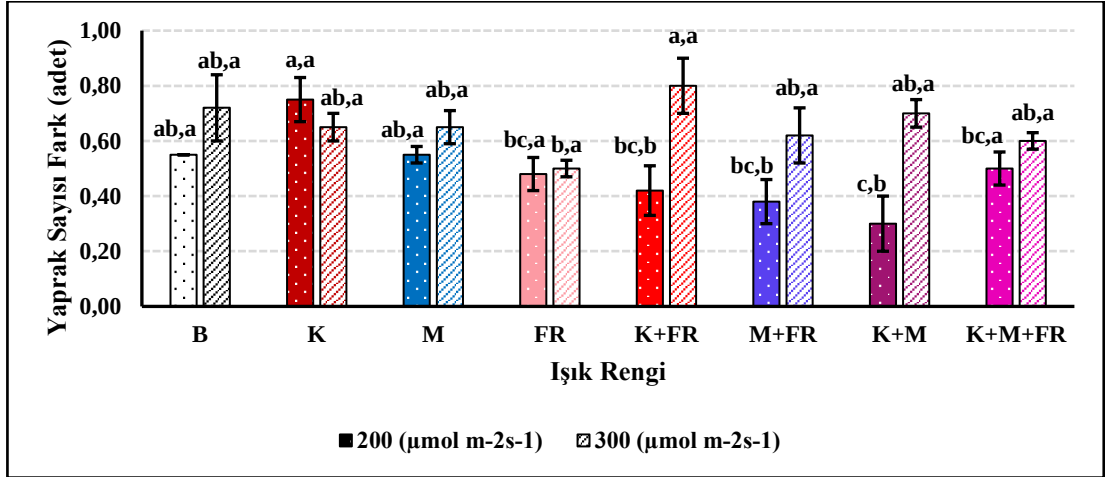
Çizelge 4.20 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının yaprak sayısı (adet) ve yaprak sayısı farkına (adet) etkisi

Işık Rengi	Yaprak Sayısı (adet)		Yaprak Sayısı Fark (adet)	
	Işık Şiddeti (μmol m ⁻² s ⁻¹)			
	200	300	200	300
B	4.30±0.08 a,a	4.22±0.02 a,a	0.55±0.00 ab,a	0.72±0.12 ab,a
K	4.38±0.03 a,a	4.30±0.08 a,a	0.75±0.08 a,a	0.65±0.05 ab,a
M	4.18±0.09 abc,a	4.38±0.09 a,a	0.55±0.03 ab,a	0.65±0.06 ab,a
FR	4.17±0.09 abc,a	4.28±0.10 a,a	0.48±0.06 bc,a	0.50±0.03 b,a
K+FR	4.27±0.02 ab,a	4.33±0.07 a,a	0.42±0.09 bc,b	0.80±0.10 a,a
M+FR	4.03±0.07 bc,b	4.27±0.12 a,a	0.38±0.08 bc,b	0.62±0.10 ab,a
K+M	3.93±0.09 c,b	4.23±0.12 a,a	0.30±0.10 c,b	0.70±0.05 ab,a
K+M+FR	3.98±0.07 c,b	4.48±0.02 a,a	0.50±0.06 bc,a	0.60±0.03 ab,a

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir. Birinci sıra harflendirmeler her bir ışık rengi için yaprak sayısı (adet) ve yaprak sayısı fark (adet) değerini, ikinci sıra harflendirmeler ise her bir ışık şiddeti için yaprak sayısı (adet) ve yaprak sayısı fark (adet) değerini göstermektedir.



Şekil 4.24 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının yaprak sayısına (adet) etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir. Birinci sıra harflendirmeler her bir ışık rengi için yaprak sayısı (adet) değerini, ikinci sıra harflendirmeler ise her bir ışık şiddeti için yaprak sayısı (adet) değerini göstermektedir.)



Şekil 4.25 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının yaprak sayısı farkına (adet) etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir. Birinci sıra harflendirmeler her bir ışık rengi için yaprak sayısı farkı (adet) değerini, ikinci sıra harflendirmeler ise her bir ışık şiddeti için yaprak sayısı farkı (adet) değerini göstermektedir.)

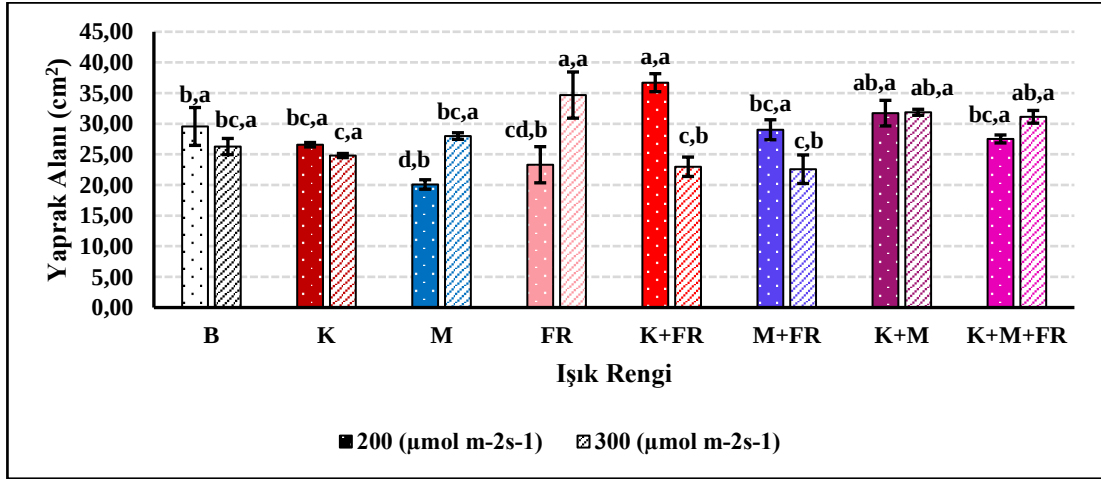
Yaprak alanı (cm^2) bakımından $200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık uygulamasında K+FR'den en iyi değer elde edilirken, M uygulamasından en düşük değer elde edilmiştir. $300 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 'de ise FR uygulamasından yüksek sonuç elde edilirken; M+FR, K+FR ve K uygulamalarından en düşük değerler elde edilmiştir. Işık şiddetleri incelendiğinde ise M

ve FR uygulamaları için en etkili ışık şiddeti 300 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ olurken, K+FR ve M+FR için 200 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ olmuştur.

Çizelge 4.21 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının yaprak alanına (cm^2) etkisi

Işık Rengi	Yaprak Alanı (cm^2)	
	Işık Şiddeti ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	
	200	300
B	29.55 $\pm$ 3.09 b,a	26.27 $\pm$ 1.32 bc,a
K	26.57 $\pm$ 0.36 bc,a	24.80 $\pm$ 0.34 c,a
M	20.08 $\pm$ 0.77 d,b	27.98 $\pm$ 0.54 bc,a
FR	23.30 $\pm$ 2.95 cd,b	34.67 $\pm$ 3.77 a,a
K+FR	36.69 $\pm$ 1.47 a,a	22.97 $\pm$ 1.58 c,b
M+FR	29.01 $\pm$ 1.63 bc,a	22.57 $\pm$ 2.33 c,b
K+M	31.72 $\pm$ 2.09 ab,a	31.86 $\pm$ 0.49 ab,a
K+M+FR	27.51 $\pm$ 0.65 bc,a	31.12 $\pm$ 1.04 ab,a

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir. Birinci sıra harflendirmeler her bir ışık rengi için yaprak alanı (cm^2) değerini, ikinci sıra harflendirmeler ise her bir ışık şiddeti için yaprak alanı (cm^2) değerini göstermektedir.



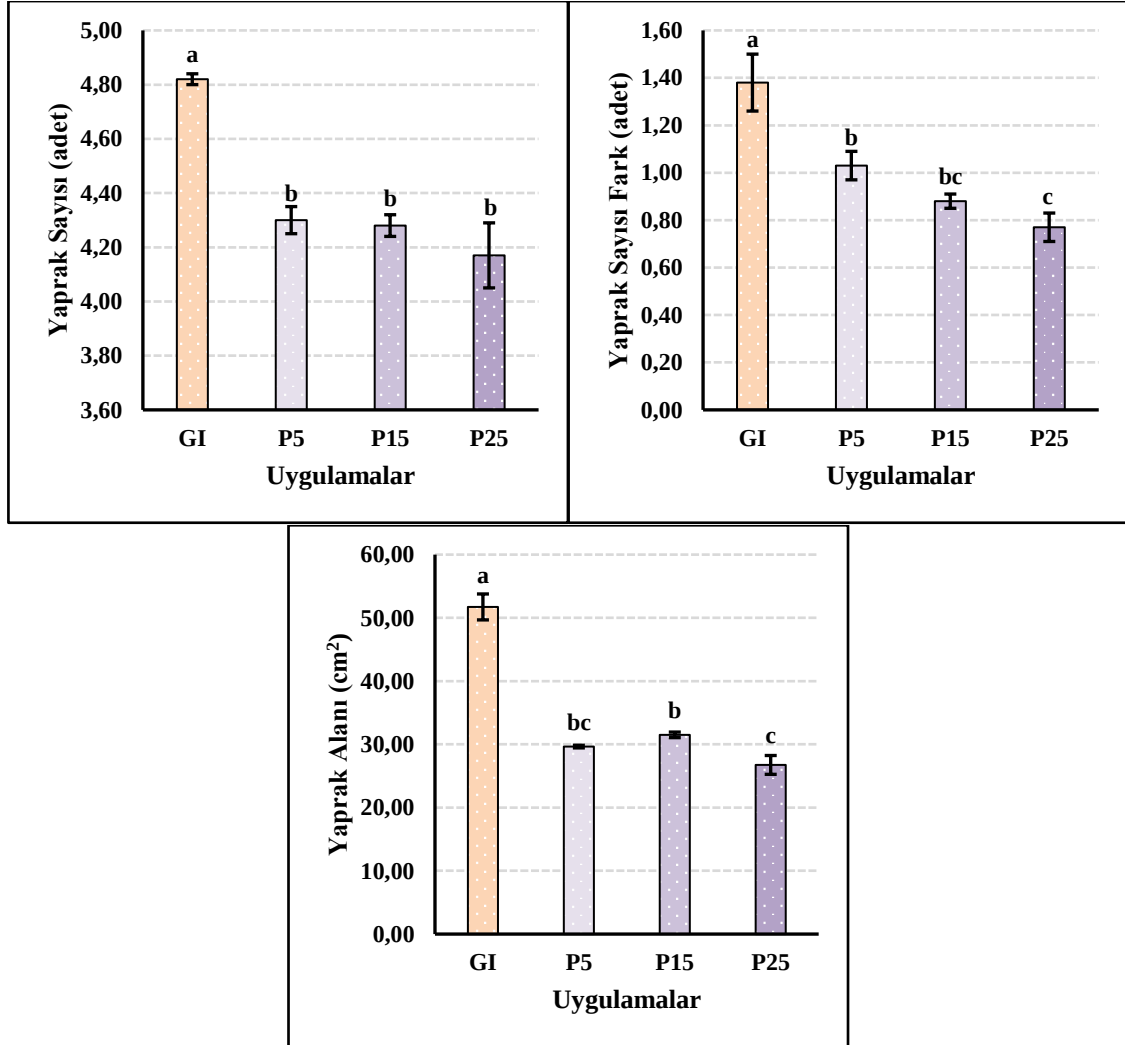
Şekil 4.26 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının yaprak alanına (cm^2) etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir. Birinci sıra harflendirmeler her bir ışık rengi için yaprak alanı (cm^2) değerini, ikinci sıra harflendirmeler ise her bir ışık şiddeti için yaprak alanı (cm^2) değerini göstermektedir.)

II. aşamada GI ve P uygulamalarının yaprak sayısı (adet), yaprak sayısı farkı (adet) ve yaprak alanına (cm^2) etkisi istatistiki olarak etkili bulunmuştur (çizelge 4.22, şekil 4.27). Yaprak sayısı (adet), yaprak sayısı farkı (adet) ve yaprak alanı (cm^2) bakımından GI uygulamasından en yüksek değerler elde edilirken, P uygulamalarından daha düşük sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 4.22 II. aşamada GI ve P uygulamalarının yaprak sayısı (adet), yaprak sayısı farkı (adet) ve yaprak alanına (cm²) etkisi

Uygulama	Yaprak Sayısı (adet)	Yaprak Sayısı Fark (adet)	Yaprak Alanı (cm ²)
GI	4.82±0.02 a	1.38±0.12 a	51.73±2.05 a
P5	4.30±0.05 b	1.03±0.06 b	29.65±0.21 bc
P15	4.28±0.04 b	0.88±0.03 bc	31.50±0.44 b
P25	4.17±0.12 b	0.77±0.06 c	26.75±1.49 c

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.



Şekil 4.27 II. aşamada GI ve P uygulamalarının yaprak sayısı (adet), yaprak sayısı farkı (adet) ve yaprak alanına (cm²) etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

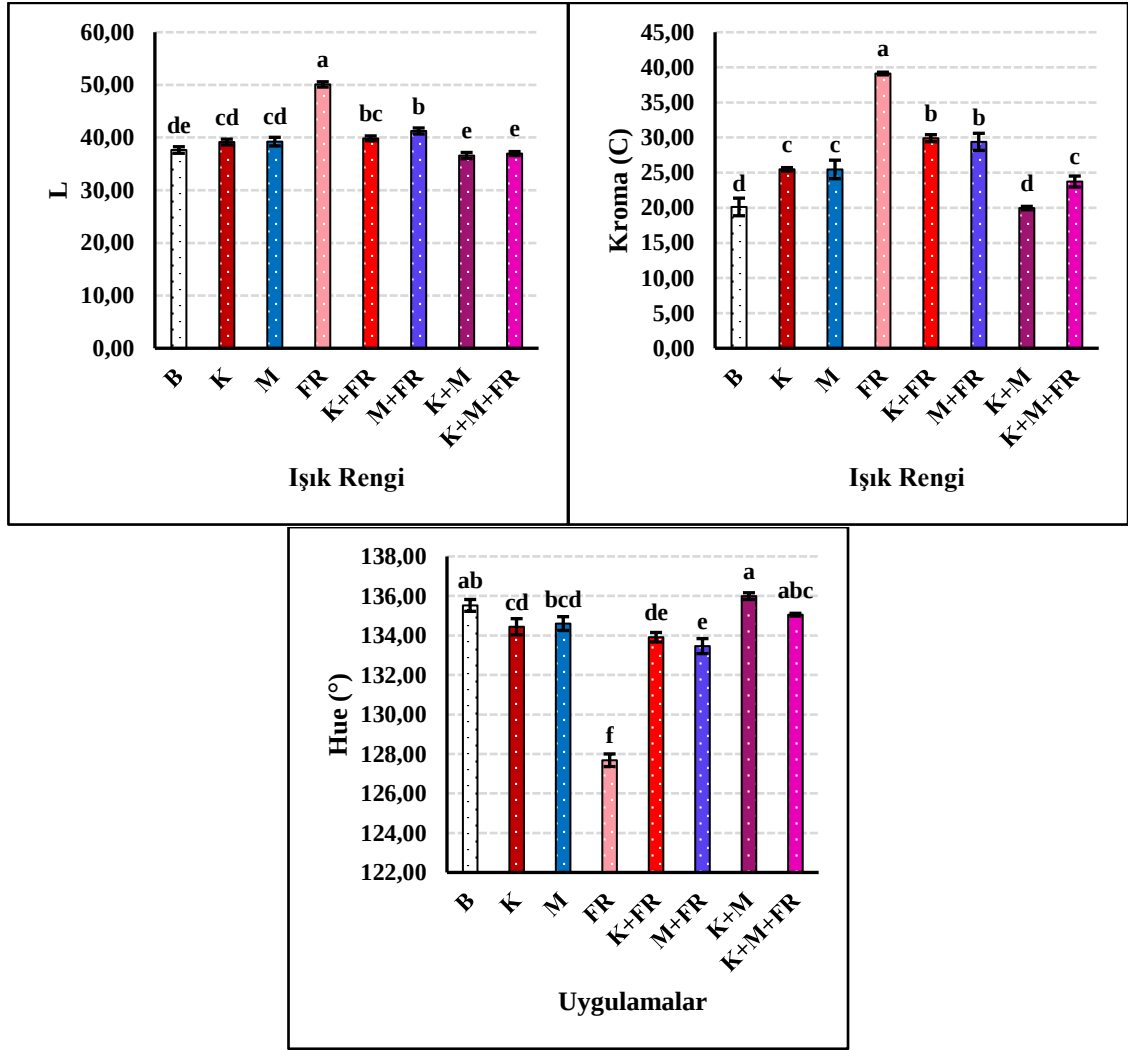
4.1.6 Renk (L*, a*, b*)

I. aşamada ışık uygulamaları L, kroma (C) ve hue (°) değerleri bakımından istatistiki olarak etkili bulunmuştur (çizelge 4.23, şekil 4.28). L değeri bakımından uygulamalar incelendiğinde FR uygulaması en yüksek değere sahip olurken; K+M, K+M+FR'den en düşük değerler alınmıştır. Kroma (C) açısından uygulamalar incelendiğinde FR uygulamasından en yüksek değer elde edilirken, K+M ve B uygulamalarından en düşük değerler elde edilmiştir. Hue (°) değeri bakımından sonuçlar değerlendirildiğinde ise K+M uygulamasından en yüksek değer elde edilirken, FR ve M+FR uygulamalarından en düşük değerler elde edilmiştir.

Çizelge 4.23 I. aşamada ışık uygulamalarının L, kroma (C) ve hue (°) değerlerine etkisi

Işık Rengi	L	Kroma (C)	Hue (°)
B	37.64±0.62 de	20.12±1.25 d	135.52±0.30 ab
K	39.15±0.55 cd	25.48±0.24 c	134.44±0.41 cd
M	39.23±0.82 cd	25.46±1.32 c	134.60±0.35 bcd
FR	50.09±0.50 a	39.12±0.19 a	127.68±0.32 f
K+FR	39.85±0.46 bc	29.91±0.50 b	133.91±0.24 de
M+FR	41.25±0.57 b	29.39±1.22 b	133.46±0.38 e
K+M	36.58±0.59 e	19.96±0.24 d	135.99±0.17 a
K+M+FR	36.96±0.38 e	23.74±0.78 c	135.05±0.07 abc

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.



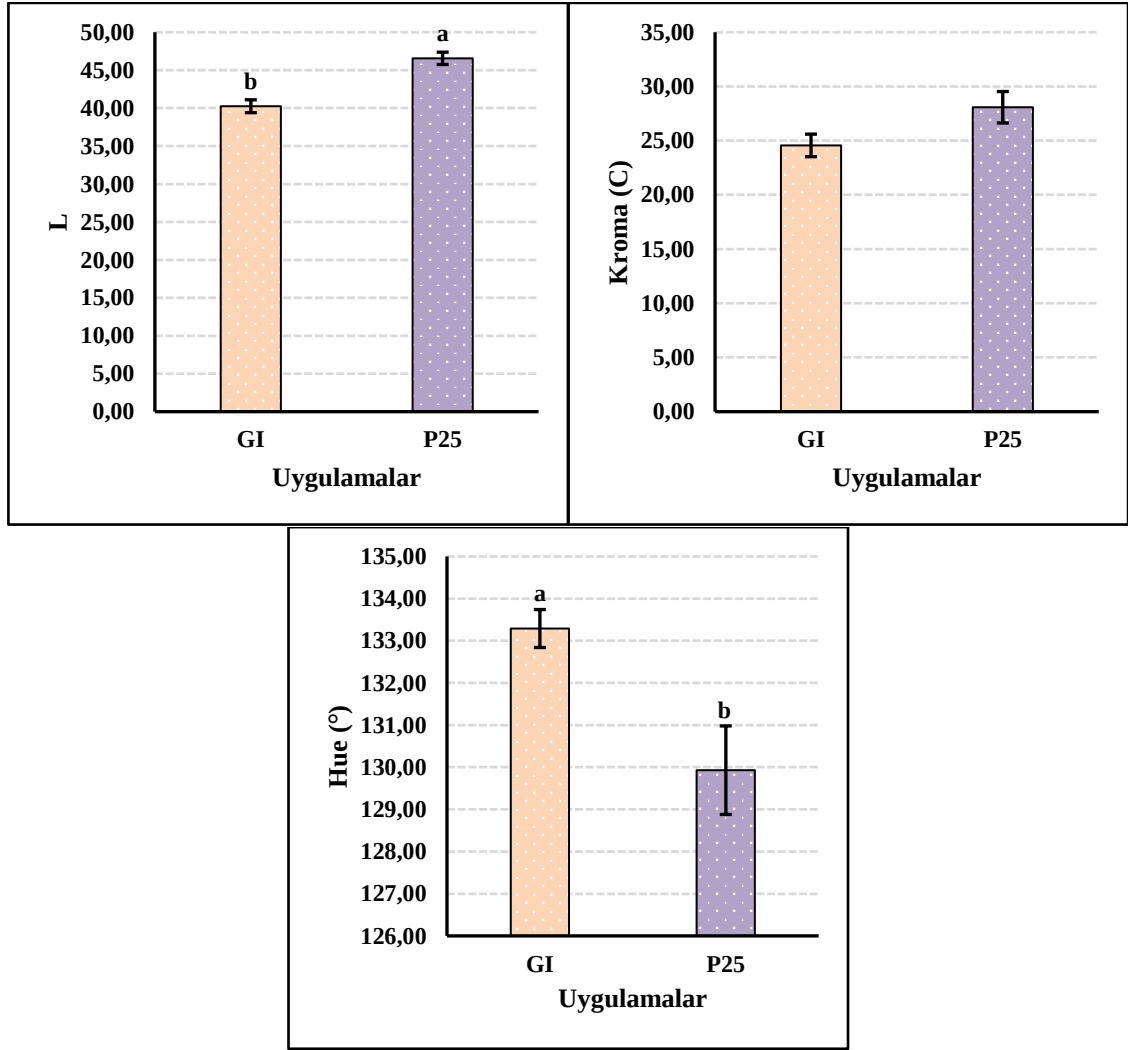
Şekil 4.28 I. aşamada ışık uygulamalarının L, kroma (C) ve hue (°) değerlerine etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

I. aşamada GI ve P25 uygulamalarının L ve hue (°) değerlerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunurken, kroma (C) değeri bakımından etkisi önemsiz bulunmuştur (çizelge 4.24, şekil 4.29). L değeri bakımından uygulamalar incelendiğinde P25 uygulaması en yüksek değere sahip olurken, hue (°) değeri bakımından GI uygulamasından en yüksek değer elde edilmiştir.

Çizelge 4.24 I. aşamada GI ve P uygulamalarının L, kroma (C) ve hue (°) değerlerine etkisi

Uygulama	L	Kroma (C)	Hue (°)
GI	40.25±0.85 b	24.56±1.04	133.29±0.45 a
P25	46.56±0.81 a	28.08±1.45	129.93±1.05 b

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.



Şekil 4.29 I. aşamada GI ve P uygulamalarının L, kroma (C) ve hue (°) değerlerine etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

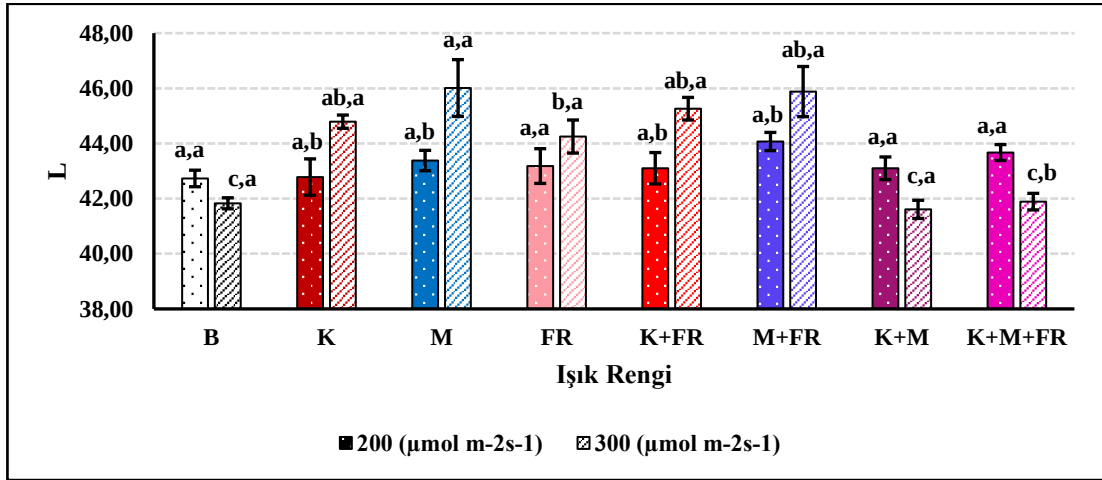
II. aşamada ışık uygulamalarının L ve kroma (C) değerleri bakımından etkisi istatistiksel olarak incelendiğinde interaksiyon oluşurken, hue (°) değeri bakımından ışık ve ışık şiddeti kendi içerisinde önemli görülmüştür (çizelge 4.25, çizelge 4.26, şekil 4.30, şekil 4.31 ve şekil 4.32). L değeri bakımından $200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 'de uygulamalar arasında fark görülmemiştir. $300 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık şiddetinde ise M uygulamasından yüksek sonuç elde edilirken; K+M, B ve K+M+FR'den en düşük değerler elde edilmiştir. Işık şiddeti bakımından incelendiğinde ise K, M, K+FR ve M+FR uygulamaları için $300 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, K+M+FR uygulaması için ise $200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık şiddeti önemli görülmüştür. Kroma (C) değeri açısından $200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 'de K+FR, M+FR ve FR uygulamalarından en yüksek değerler elde edilirken, K+M uygulamasından en düşük değer alınmıştır. 300

$\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık şiddeti bakımından ise K+FR uygulamasından en yüksek değer elde edilirken, K+M ve B uygulamalarından en düşük değer elde edilmiştir. Işık şiddeti bakımından incelendiğinde ise K+M uygulaması için $200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ en etkili ışık şiddeti olmuştur.

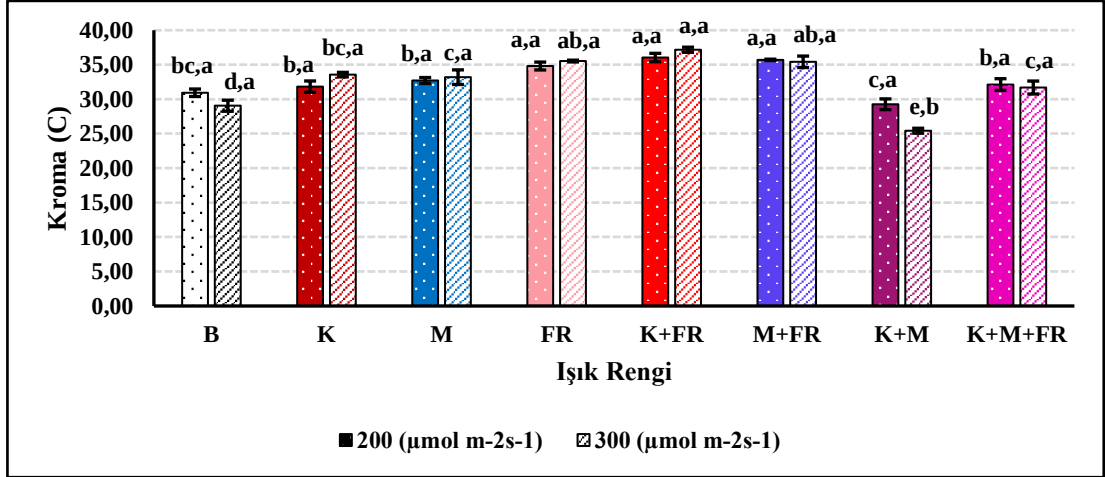
Çizelge 4.25 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının L ve kroma (C) değerlerine etkisi

Işık Rengi	L		Kroma (C)	
	Işık Şiddeti (μmol m ⁻² s ⁻¹)			
	200	300	200	300
B	42.73±0.30 a,a	41.83±0.20 c,a	30.93±0.54 bc,a	29.05±0.80 d,a
K	42.78±0.66 a,b	44.79±0.24 ab,a	31.82±0.82 b,a	33.56±0.33 bc,a
M	43.38±0.37 a,b	46.01±1.03 a,a	32.71±0.43 b,a	33.19±1.06 c,a
FR	43.18±0.63 a,a	44.25±0.60 b,a	34.81±0.57 a,a	35.53±0.13 ab,a
K+FR	43.10±0.57 a,b	45.26±0.41 ab,a	36.04±0.61 a,a	37.17±0.37 a,a
M+FR	44.07±0.33 a,b	45.88±0.91 ab,a	35.70±0.10 a,a	35.42±0.83 ab,a
K+M	43.10±0.41 a,a	41.61±0.33 c,a	29.26±0.78 c,a	25.42±0.36 e,b
K+M+FR	43.67±0.29 a,a	41.89±0.30 c,b	32.12±0.85 b,a	31.69±0.94 c,a

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir. Birinci sıra harflendirmeler her bir ışık rengi için L ve kroma (C) değerini, ikinci sıra harflendirmeler ise her bir ışık şiddeti için L ve kroma (C) değerini göstermektedir.



Şekil 4.30 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının L değerlerine etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir. Birinci sıra harflendirmeler her bir ışık rengi için L ve kroma (C) değerini, ikinci sıra harflendirmeler ise her bir ışık şiddeti için L ve kroma (C) değerini göstermektedir.)



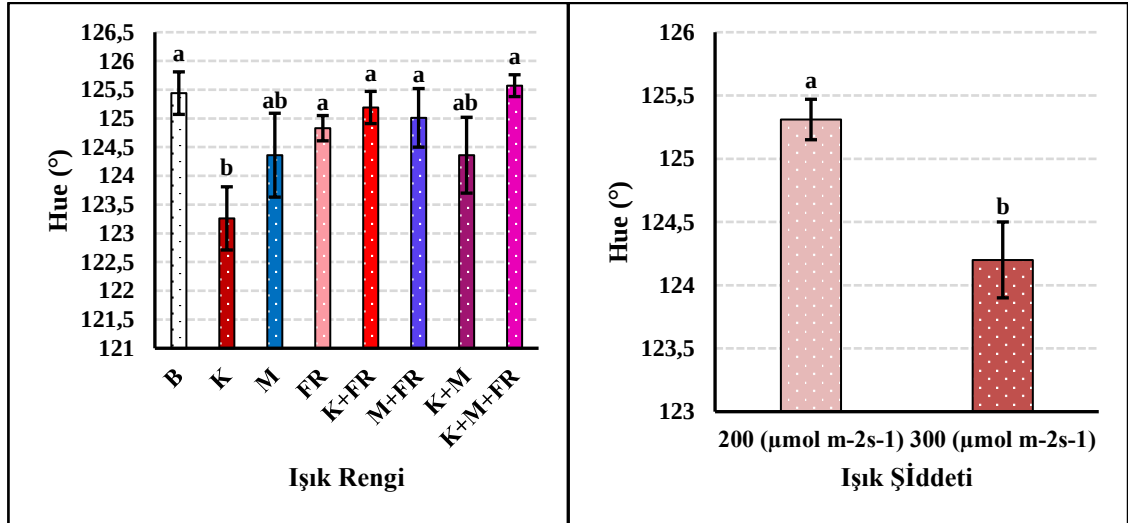
Şekil 4.31 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının kroma (C) değerlerine etkisi (Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir. Birinci sıra harflendirmeler her bir ışık rengi için L ve kroma (C) değerini, ikinci sıra harflendirmeler ise her bir ışık şiddeti için L ve kroma (C) değerini göstermektedir.)

Hue (°) değeri bakımından ışık uygulamaları incelendiğinde K+M+FR, B, K+FR, M+FR ve FR'den en yüksek değerler alınmıştır. K uygulamasından ise en düşük değer elde edilmiştir. Işık şiddetleri bakımından sonuçlar değerlendirildiğinde ise en iyi değer 200 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık şiddetinden olmuştur.

Çizelge 4.26 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının hue (°) değerine etkisi

Işık Rengi	Hue (°)		
	Işık Şiddeti ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)		
	200	300	Ort.
B	125.42	125.47	125.44±0.37 a
K	124.18	122.34	123.26±0.55 b
M	125.66	123.05	124.36±0.73 ab
FR	125.19	124.48	124.83±0.22 a
K+FR	125.46	124.92	125.19±0.28 a
M+FR	125.76	124.26	125.01±0.51 a
K+M	125.27	123.46	124.36±0.66 ab
K+M+FR	125.52	125.63	125.57±0.19 a
Ort.	125.31±0.16 a	124.20±0.30 b	

Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.



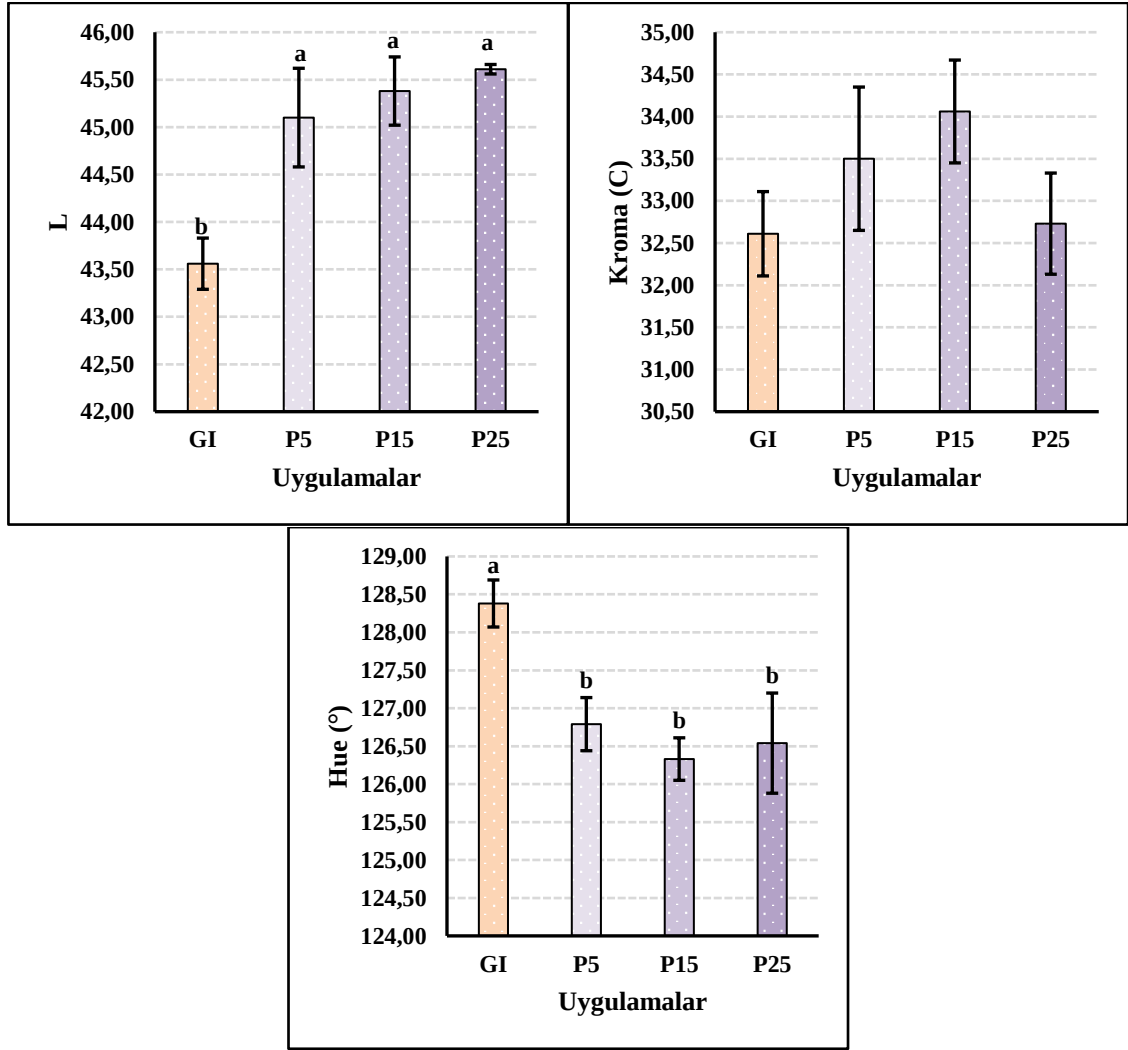
Şekil 4.32 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının hue (°) değerine etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

II. aşamada GI ve P uygulamalarının L ve hue (°) değerlerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunurken, kroma (C) değerine etkisi önemli bulunmamıştır (çizelge 4.27, şekil 4.33). L değeri bakımından uygulamalar incelendiğinde P25, P15 ve P5 uygulamaları yüksek sonuçlara sahip olurken, GI uygulamasından düşük sonuç elde edilmiştir. Hue (°) değeri bakımından ise GI uygulamasından yüksek sonuç alınırken, P uygulamalarında ki sonuçlar düşük kalmıştır.

Çizelge 4.27 II. aşamada GI ve P uygulamalarının L, kroma (C) ve hue (°) değerlerine etkisi

Uygulama	L	Kroma (C)	Hue (°)
GI	43.56±0.27 b	32.61±0.50	128.38±0.31 a
P5	45.10±0.52 a	33.50±0.85	126.79±0.35 b
P15	45.38±0.36 a	34.06±0.61	126.33±0.28 b
P25	45.61±0.05 a	32.73±0.60	126.54±0.66 b

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.



Şekil 4.33 II. aşamada GI ve P uygulamalarının L, kroma (C) ve hue (°) değerlerine etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

4.1.7 Nisbi klorofil

I. aşamada ışık uygulamalarının nisbi klorofil değerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur (çizelge 4.28, şekil 4.34). Nisbi klorofil bakımından K+M uygulamasından en yüksek değer elde edilirken, FR ve M+FR'den en düşük değerler alınmıştır.

Çizelge 4.28 I. aşamada ışık uygulamalarının nisbi klorofil değerine etkisi

Işık Rengi	Nisbi Klorofil
B	210.63±5.71 ab
K	194.50±1.89 bcd
M	188.17±12.70 cd
FR	116.97±1.26 f
K+FR	179.73±2.35 de
M+FR	168.80±4.37 e
K+M	213.47±2.92 a
K+M+FR	199.03±5.11 abc

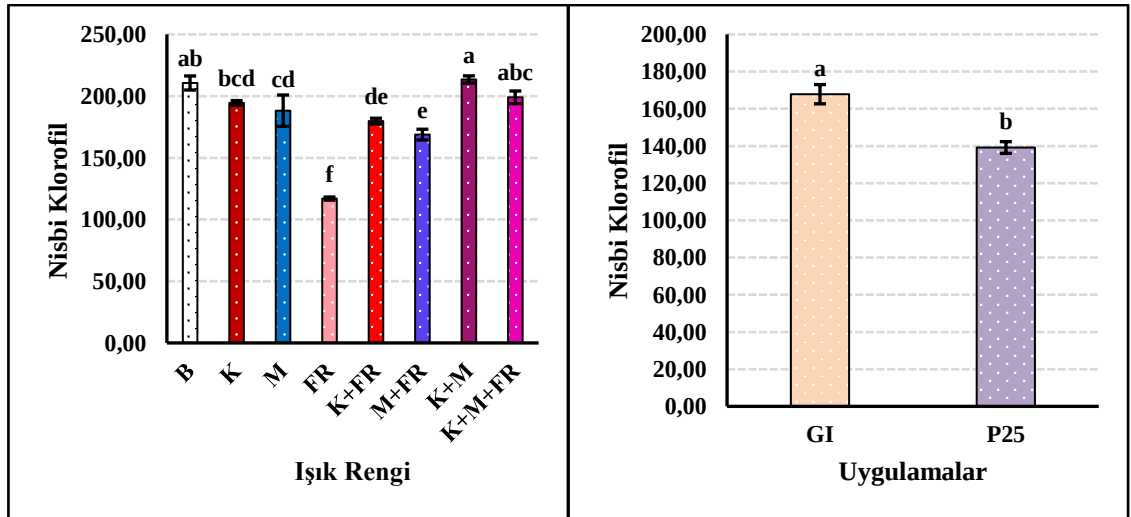
Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.

I. aşamada GI ve P25 uygulamalarının nisbi klorofil değerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur (çizelge 4.29, şekil 4.34). Nisbi klorofil bakımından GI uygulamasından en yüksek değer elde edilirken, P25 uygulaması daha düşük değere sahip olmuştur.

Çizelge 4.29 I. aşamada GI ve P uygulamalarının nisbi klorofil değerine etkisi

Uygulama	Nisbi Klorofil
GI	167.83±5.18 a
P25	139.17±3.15 b

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.



Şekil 4.34 I. aşamada ışık ve GI/P uygulamalarının nisbi klorofil değerine etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

II. aşamada ışık uygulamalarının etkisi nisbi klorofil değeri bakımından istatistiksel olarak incelendiğinde interaksiyon oluşmuştur (çizelge 4.30, şekil 4.35). Nisbi klorofil açısından $200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 'de M, K+M+FR ve K+M uygulamalarından en yüksek değerler elde edilirken, FR uygulamasından en düşük değer alınmıştır. $300 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 'de K+M uygulamasından en yüksek değer elde edilirken, M ve K+M+FR'den en düşük değerler elde edilmiştir. Işık şiddetleri incelendiğinde ise B, FR, K+FR, M+FR ve K+M uygulamaları için en etkili sonuçlar $300 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık şiddetinden alınmıştır.

Çizelge 4.30 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının nisbi klorofil değerine etkisi

Işık Rengi	Nisbi Klorofil	
	Işık Şiddeti ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	
	200	300
B	157.67±5.07 ab,b	217.10±19.70 abc,a
K	177.93±8.58 ab,a	192.27±18.80 bc,a
M	194.27±14.10 a,a	188.80±9.31 c,a
FR	135.43±6.45 b,b	196.33±8.08 abc,a
K+FR	171.00±14.80 ab,b	219.97±14.80 abc,a
M+FR	165.70±6.46 ab,b	235.40±16.10 ab,a
K+M	181.27±10.60 a,b	239.90±26.90 a,a
K+M+FR	184.60±14.10 a,a	177.60±4.08 c,a

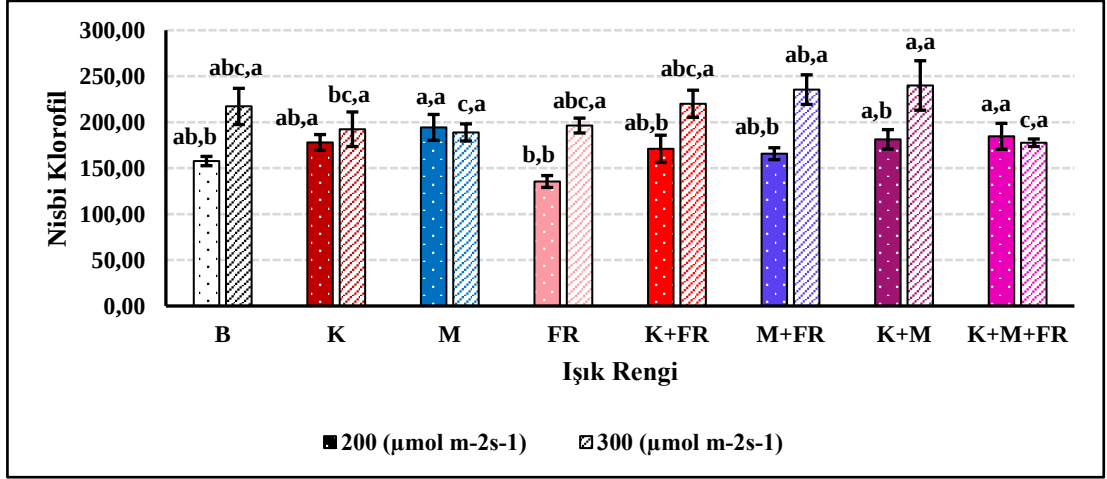
Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir. Birinci sıra harflendirmeler her bir ışık rengi için nisbi klorofil değerini, ikinci sıra harflendirmeler ise her bir ışık şiddeti için nisbi klorofil değerini göstermektedir.

II. aşamada GI ve P uygulamalarının nisbi klorofil değerine etkisi istatistiki açıdan önemli görülmüştür (çizelge 4.31, şekil 4.36). Nisbi klorofil bakımından en etkili sonuç GI uygulamasından alınırken, P uygulamaları daha düşük sonuçlara sahip olmuştur.

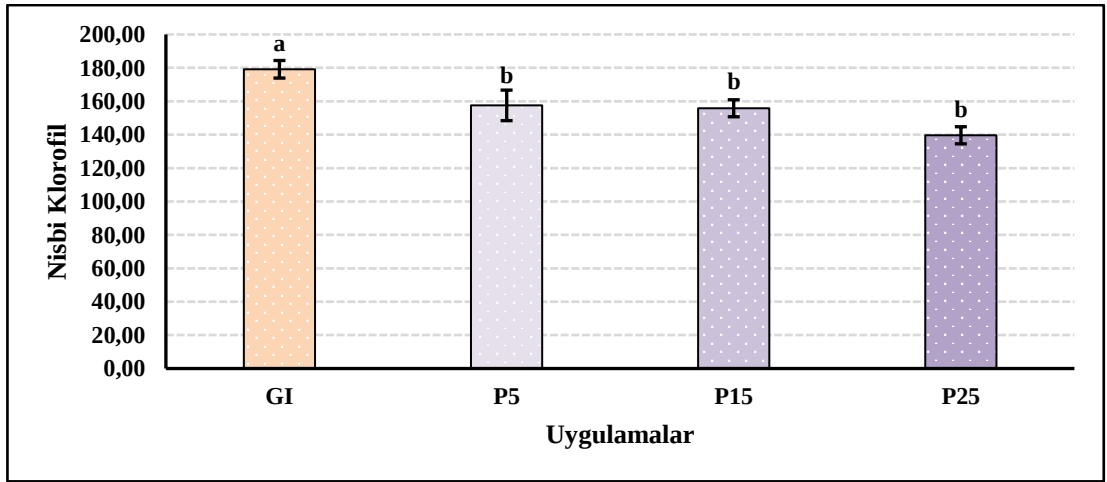
Çizelge 4.31 II. aşamada GI ve P uygulamalarının nisbi klorofil değerine etkisi

Uygulama	Nisbi Klorofil
GI	179.13±5.26 a
P5	157.53±9.14 b
P15	155.80±5.09 b
P25	139.63±5.11 b

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.



Şekil 4.35 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının nisbi klorofil değerine etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir. Birinci sıra harflendirmeler her bir ışık rengi için nisbi klorofil değerini, ikinci sıra harflendirmeler ise her bir ışık şiddeti için nisbi klorofil değerini göstermektedir.)



Şekil 4.36 II. aşamada GI ve P uygulamalarının nisbi klorofil değerine etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

4.1.8 SÇKM (%)

I. aşamada uygulamaların SÇKM (%) değerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur (çizelge 4.32, şekil 4.37). SÇKM (%) bakımından K+M+FR, M ve K+M uygulamalarından en yüksek değerler elde edilirken, FR ve B uygulamalarından en düşük değerler elde edilmiştir.

Çizelge 4.32 I. aşamada ışık uygulamalarının SÇKM (%) değerine etkisi

Işık Rengi	SÇKM (%)
B	4.93±0.29 b
K	5.40±0.10 ab
M	5.87±0.38 a
FR	4.90±0.20 b
K+FR	5.63±0.39 ab
M+FR	5.27±0.03 ab
K+M	5.77±0.03 a
K+M+FR	5.97±0.12 a

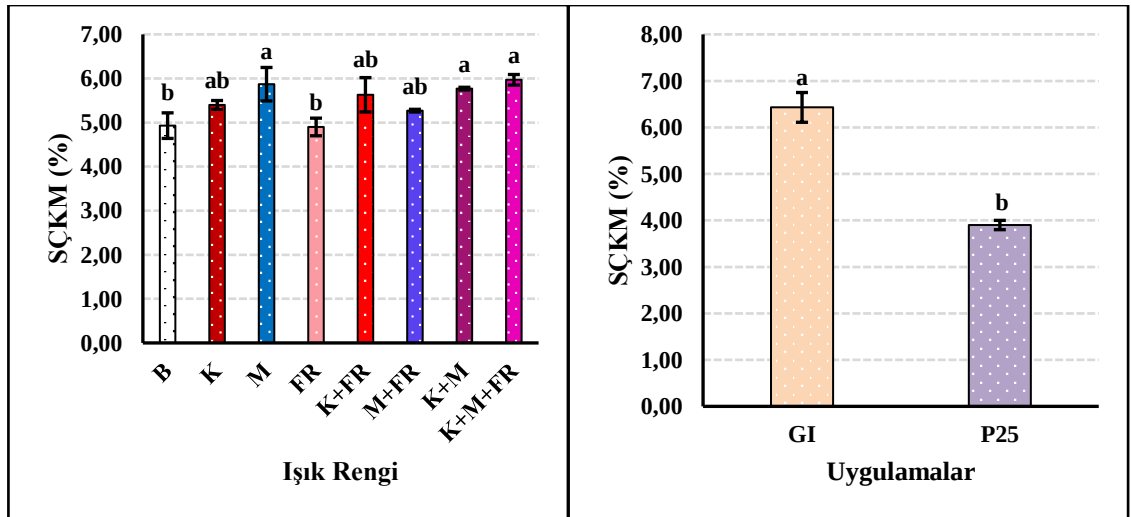
Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.

I. aşamada GI ve P25 uygulamalarının SÇKM (%) değerine etkisi istatistiki açıdan önemli görülmüştür (çizelge 4.33, şekil 4.37). SÇKM (%) bakımından GI uygulamasından en yüksek değer elde edilirken, P25 uygulaması daha düşük değere sahip olmuştur.

Çizelge 4.33 I. aşamada GI ve P uygulamalarının SÇKM (%) değerine etkisi

Uygulama	SÇKM (%)
GI	6.43±0.32 a
P25	3.90±0.10 b

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.



Şekil 4.37 I. aşamada ışık ve GI /P uygulamalarının SÇKM (%) değerine etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

II. aşamada ışık uygulamalarının etkisi SÇKM (%) değeri bakımından istatistiksel olarak incelendiğinde interaksiyon oluşmuştur (çizelge 4.34, şekil 4.38). SÇKM (%) bakımından 200 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 'de K ve M uygulamalarından en iyi değerler elde edilirken, K+M+FR ve FR'den en düşük sonuçlar elde edilmiştir. 300 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 'de ise FR uygulamasında en iyi değer elde edilirken, K+FR uygulamasından en düşük değer elde edilmiştir. Işık şiddetleri incelendiğinde ise FR uygulaması için en etkili sonuç 300 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık şiddeti olmuştur.

Çizelge 4.34 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının SÇKM (%) değerine etkisi

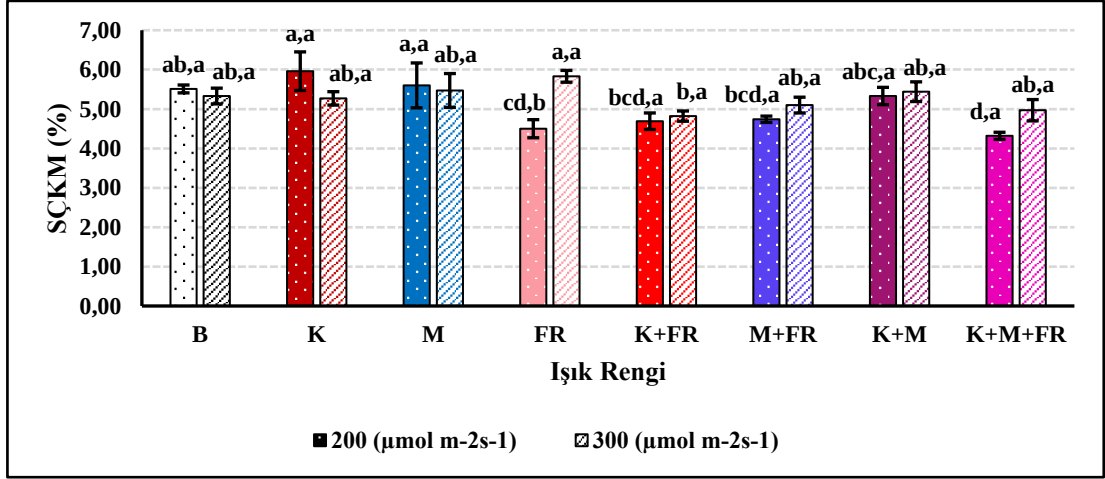
Işık Rengi	SÇKM (%)	
	Işık Şiddeti ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	
	200	300
B	5.51±0.10 ab,a	5.33±0.20 ab,a
K	5.96±0.49 a,a	5.27±0.17 ab,a
M	5.60±0.57 a,a	5.47±0.43 ab,a
FR	4.50±0.23 cd,b	5.83±0.15 a,a
K+FR	4.69±0.21 bcd,a	4.82±0.13 b,a
M+FR	4.74±0.08 bcd,a	5.10±0.20 ab,a
K+M	5.33±0.22 abc,a	5.44±0.25 ab,a
K+M+FR	4.32±0.09 d,a	4.97±0.27 ab,a

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir. Birinci sıra harflendirmeler her bir ışık rengi için SÇKM (%) değerini, ikinci sıra harflendirmeler ise her bir ışık şiddeti için SÇKM (%) değerini göstermektedir.

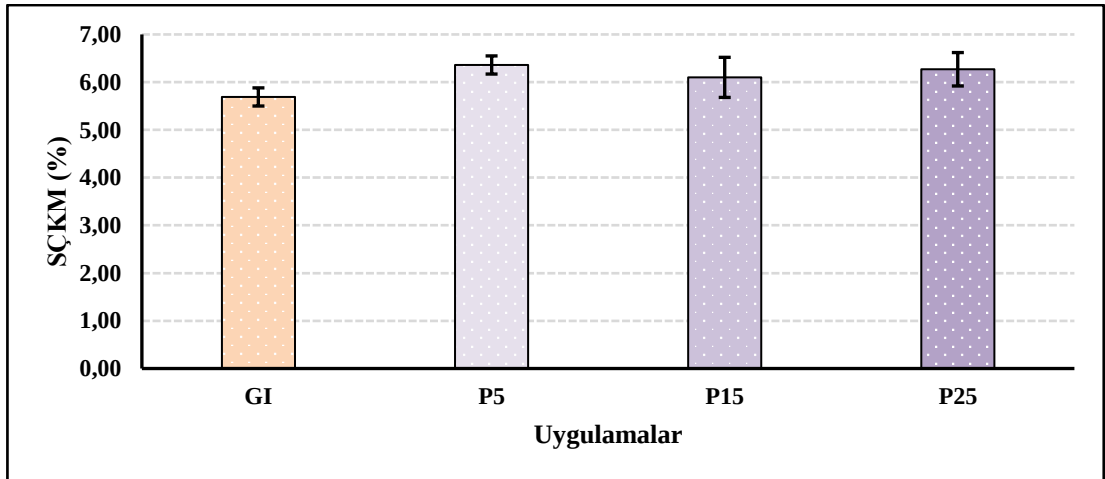
II. aşamada GI ve P uygulamalarının SÇKM (%) değerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmamıştır (çizelge 4.35, şekil 4.39).

Çizelge 4.35 II. aşamada GI ve P uygulamalarının SÇKM (%) değerine etkisi

Uygulama	SÇKM (%)
GI	5.69±0.19
P5	6.36±0.19
P15	6.10±0.42
P25	6.27±0.35



Şekil 4.38 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının SÇKM (%) değerine etkisi (Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir. Birinci sıra harflendirmeler her bir ışık rengi için SÇKM (%) değerini, ikinci sıra harflendirmeler ise her bir ışık şiddeti için SÇKM (%) değerini göstermektedir.)



Şekil 4.39 II. aşamada GI ve P uygulamalarının SÇKM (%) değerine etkisi

4.1.9 Toplam kuru ağırlık (g)

I. aşamada ışık uygulamalarının toplam kuru ağırlık (g) değerine etkisi istatistiki açıdan önemli bulunmuştur (çizelge 4.36, şekil 4.40). Toplam kuru ağırlık (g) bakımından uygulamalar incelendiğinde FR uygulamasından en düşük değer elde edilmiş olup, diğer tüm uygulamalar yüksek değere sahip olmuştur.

Çizelge 4.36 I. aşamada ışık uygulamalarının toplam kuru ağırlık (g) değerine etkisi

Işık Rengi	Toplam Kuru Ağırlık (g)
B	0.43±0.03 a
K	0.42±0.01 a
M	0.39±0.01 a
FR	0.21±0.04 b
K+FR	0.37±0.01 a
M+FR	0.36±0.04 a
K+M	0.35±0.02 a
K+M+FR	0.36±0.01 a

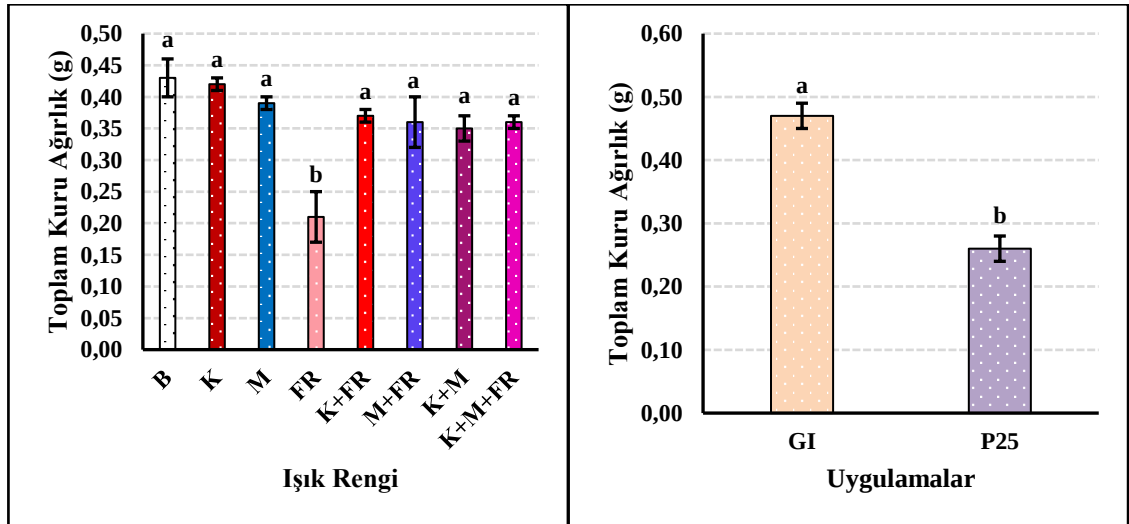
Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir

I. aşamada GI ve P uygulamaları arasında toplam kuru ağırlık bakımından görülen fark istatistiki olarak önemli olmuştur (çizelge 4.37, şekil 4.40). GI uygulamasından en yüksek değer elde edilmiştir.

Çizelge 4.37 I. aşamada GI ve P uygulamalarının toplam kuru ağırlık (g) değerine etkisi

Uygulama	Toplam Kuru Ağırlık (g)
GI	0.47±0.02 a
P25	0.26±0.02 b

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.



Şekil 4.40 I. aşamada ışık ve GI/P uygulamalarının toplam kuru ağırlık (g) değerine etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

II. aşamada ışık uygulamalarının etkisi toplam kuru ağırlık (g) değeri bakımından istatistiksel olarak incelendiğinde sadece ışık kendi içerisinde önemli görülmüştür

(çizelge 4.38, şekil 4.41). Toplam kuru ağırlık bakımından K ve K+M+FR uygulamalarından en yüksek değer alınırken, FR uygulaması en düşük değere sahip olmuştur.

Çizelge 4.38 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının toplam kuru ağırlık (g) değerine etkisi

Işık Rengi	Toplam Kuru Ağırlık (g)		
	Işık Şiddeti ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)		
	200	300	Ort.
B	0.46	0.45	0.46±0.02 b
K	0.52	0.51	0.51±0.01 a
M	0.41	0.42	0.41±0.01 c
FR	0.33	0.34	0.34±0.01 d
K+FR	0.42	0.43	0.43±0.01 bc
M+FR	0.43	0.39	0.41±0.01 c
K+M	0.46	0.45	0.46±0.02 b
K+M+FR	0.48	0.53	0.51±0.01 a
Ort.	0.44±0.01	0.44±0.01	

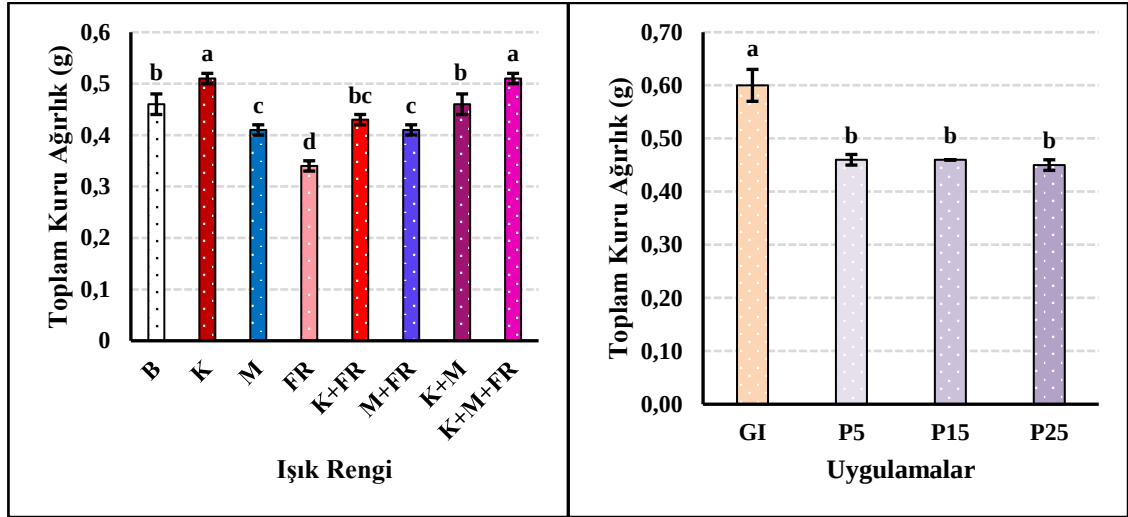
Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.

II. aşamada GI ve P uygulamalarının toplam kuru ağırlık (g) değerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur (çizelge 4.39, şekil 41). GI uygulamasından en yüksek değer elde edilmiştir.

Çizelge 4.39 II. aşamada GI ve P uygulamalarının toplam kuru ağırlık (g) değerine etkisi

Uygulama	Toplam Kuru Ağırlık (g)
GI	0.60±0.03 a
P5	0.46±0.01 b
P15	0.46±0.00 b
P25	0.45±0.01 b

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.



Şekil 4.41 II. aşamada ışık, şiddeti ve GI/P uygulamalarının toplam kuru ağırlık (g) değerine etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

4.1.10 Sürgün / kök kuru ağırlık oranı

I. aşamada sürgün/kök kuru ağırlık oranına (g) ışık uygulamalarının etkisi istatistiki olarak önemli bulunmamıştır (çizelge 4.40, şekil 4.42).

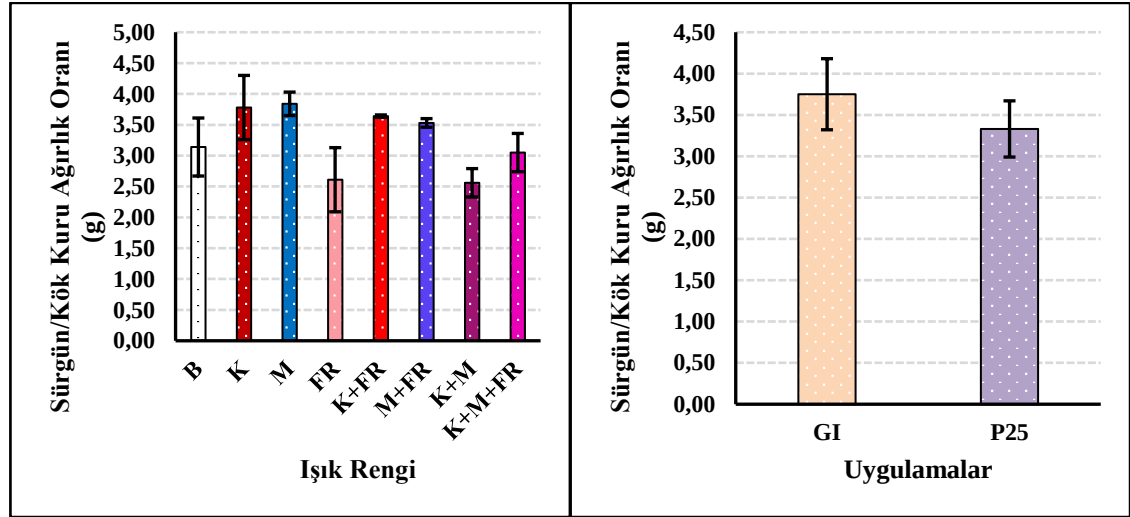
Çizelge 4.40 I. aşamada ışık uygulamalarının sürgün/kök kuru ağırlık oranı (g) değerine etkisi

İşık Rengi	Sürgün/Kök Kuru Ağırlık Oranı (g)
B	3.14±0.47
K	3.78±0.52
M	3.84±0.19
FR	2.61±0.52
K+FR	3.64±0.02
M+FR	3.53±0.07
K+M	2.56±0.23
K+M+FR	3.05±0.31

I. aşamada GI ve P25 uygulamalarının sürgün/kök kuru ağırlık oranı (g) değerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.41, Şekil 4.42).

Çizelge 4.41 I. aşamada GI ve P uygulamalarının sürgün/kök kuru ağırlık oranı (g) değerine etkisi

Uygulama	Sürgün/Kök Kuru Ağırlık Oranı (g)
GI	3.75±0.43
P25	3.33±0.34



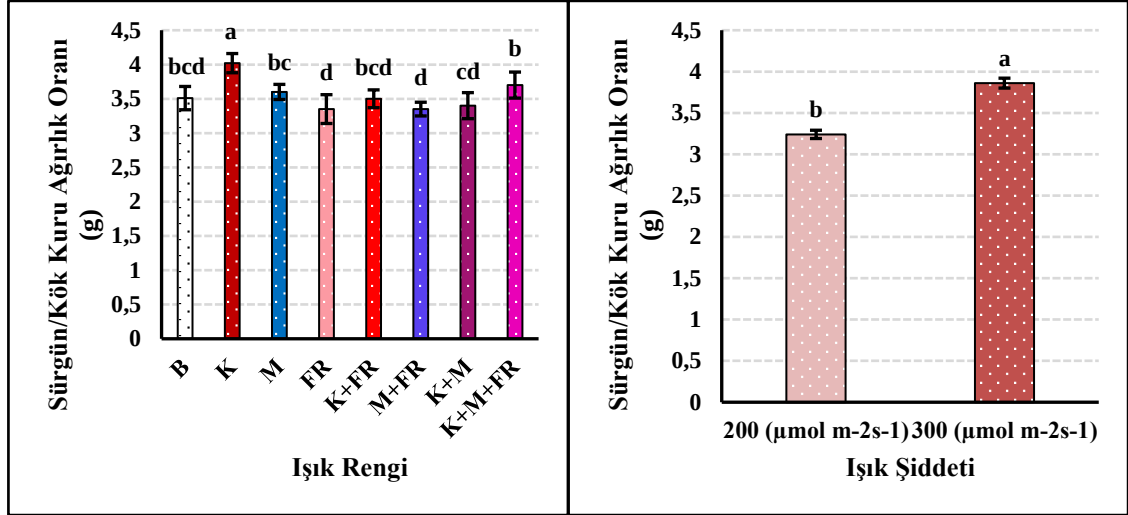
Şekil 4.42 I. aşamada ışık ve GI/P uygulamalarının sürgün/kök kuru ağırlık oranı (g) değerine etkisi

II. aşamada ışık uygulamalarının sürgün/kök kuru ağırlık oranı (g) değerine etkisi istatistiksel olarak incelendiğinde ışık ve ışık şiddeti kendi içerisinde önemli görülmüştür (çizelge 4.42, şekil 4.43). Sürgün/kök kuru ağırlık oranı (g) açısından K uygulamasından en iyi değer elde edilirken, FR ve M+FR'den en düşük değerler elde edilmiştir. Işık şiddetleri incelendiğinde ise $300 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ en yüksek değere sahip olmuştur.

Çizelge 4.42 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının sürgün/kök kuru ağırlık oranı (g) değerine etkisi

Işık Rengi	Sürgün/Kök Kuru Ağırlık Oranı (g)		
	Işık Şiddeti ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)		
	200	300	Ort.
B	3.21	3.81	3.51±0.17 bcd
K	3.76	4.29	4.02±0.14 a
M	3.37	3.83	3.60±0.11 bc
FR	2.93	3.78	3.35±0.21 d
K+FR	3.26	3.73	3.50±0.13 bcd
M+FR	3.15	3.54	3.35±0.10 d
K+M	2.99	3.80	3.40±0.19 cd
K+M+FR	3.29	4.11	3.70±0.19 b
Ort.	3.24±0.05 b	3.86±0.06 a	

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.



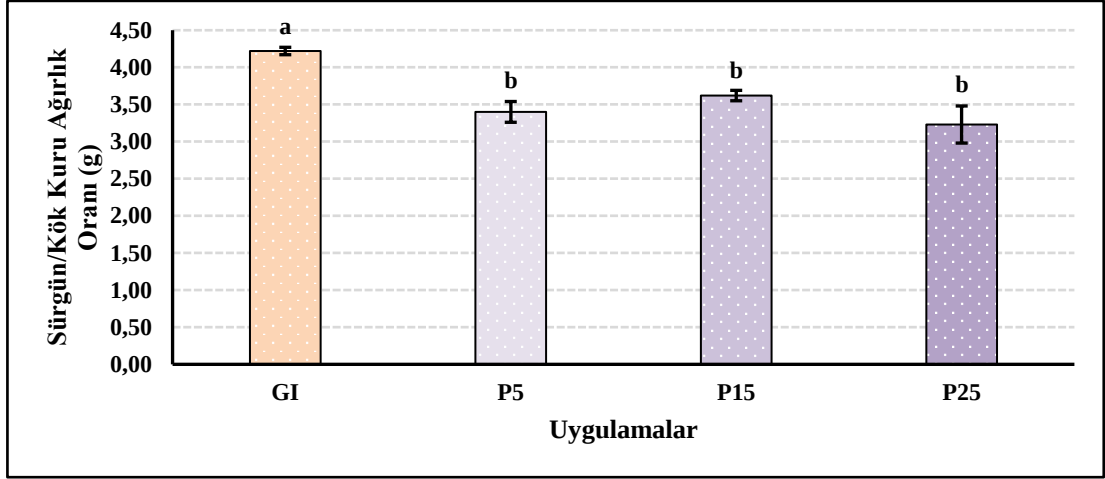
Şekil 4.43 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının sürgün/kök kuru ağırlık oranı (g) değerine etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

II. aşamada GI ve P uygulamalarının sürgün/kök kuru ağırlık oranı (g) değerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur (çizelge 4.43, şekil 4.44). Sürgün/kök kuru ağırlık oranı (g) açısından GI uygulaması en iyi değere sahip olurken, P uygulamalarından daha düşük sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 4.43 II. aşamada GI ve P uygulamalarının sürgün/kök kuru ağırlık oranı (g) değerine etkisi

Uygulama	Sürgün/Kök Kuru Ağırlık Oranı (g)
GI	4.22±0.05 a
P5	3.40±0.14 b
P15	3.62±0.07 b
P25	3.23±0.25 b

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.



Şekil 4.44 II. aşamada GI ve P uygulamalarının sürgün/kök kuru ağırlık oranı (g) değerine etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

4.1.11 Sağlamlık katsayısı

I. aşamada ışık uygulamalarının domates fidelerinin muhafazasında sağlamlık katsayısı değerine etkisi istatistiki olarak etkili bulunmamıştır (çizelge 4.44, şekil 4.45).

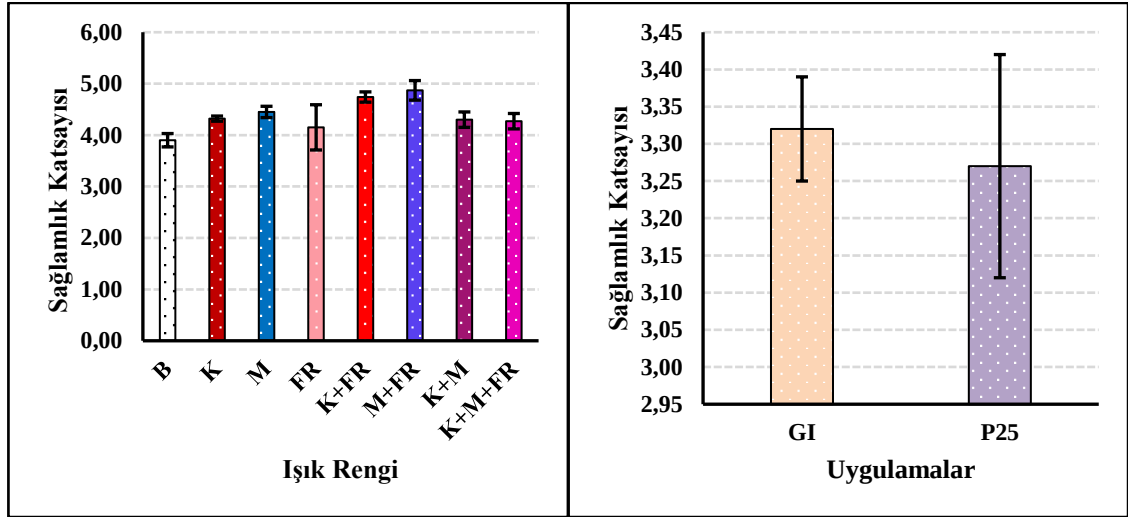
Çizelge 4.44 I. aşamada ışık uygulamalarının sağlamlık katsayısı değerine etkisi

İşık Rengi	Sağlamlık Katsayısı
B	3.90±0.13
K	4.32±0.05
M	4.45±0.11
FR	4.15±0.44
K+FR	4.74±0.10
M+FR	4.87±0.19
K+M	4.30±0.15
K+M+FR	4.27±0.15

I. aşamada GI ve P25 uygulamalarının sağlamlık katsayısı değerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmamıştır (çizelge 4.45, şekil 4.45).

Çizelge 4.45 I. aşamada GI ve P uygulamalarının sağlamlık katsayısı değerine etkisi

Uygulama	Sağlamlık Katsayısı
GI	3.32±0.07
P25	3.27±0.15



Şekil 4.45 I. aşamada ışık ve GI/P uygulamalarının sağlamlık katsayısı değerine etkisi

II. aşamada ışık uygulamalarının sağlamlık katsayısı bakımından etkisi istatistiksel olarak incelendiğinde interaksiyon olduğu belirlenmiştir (çizelge 4.46, şekil 4.46). Sağlamlık katsayısı bakımından $200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık uygulamaları incelendiğinde FR uygulamasından en iyi değer elde edilirken; K, K+M, K+M+FR ve B'deki sonuçlar düşük kalmıştır. $300 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık uygulamaları incelendiğinde ise FR uygulamasından en iyi değer elde edilmiş olup, diğer uygulamalar daha düşük sonuçlara sahip olmuştur. Işık şiddetleri kıyaslandığında ise K+FR uygulaması için $200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık şiddeti daha etkili sonuç vermiştir.

Çizelge 4.46 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının sağlamlık katsayısı değerine etkisi

Işık Rengi	Sağlamlık Katsayısı	
	Işık Şiddeti ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	
	200	300
B	5.33±0.06 d,a	5.28±0.09 b,a
K	5.18±0.12 d,a	5.19±0.13 b,a
M	5.47±0.16 cd,a	5.39±0.06 b,a
FR	6.18±0.12 a,a	6.39±0.06 a,a
K+FR	5.88±0.09 ab,a	5.32±0.07 b,b
M+FR	5.67±0.12 bc,a	5.48±0.11 b,a
K+M	5.20±0.04 d,a	5.23±0.13 b,a
K+M+FR	5.25±0.11 d,a	5.33±0.14 b,a

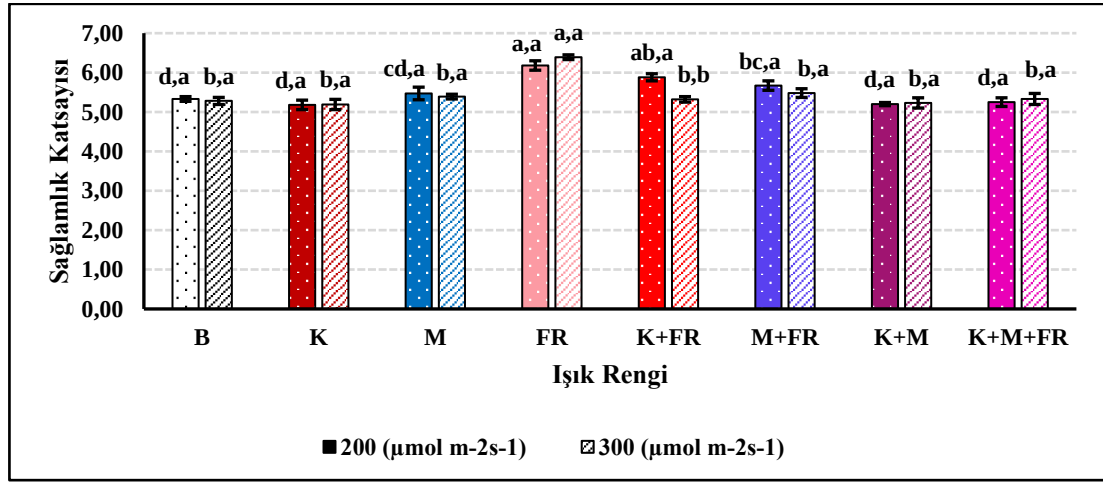
Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir. Birinci sıra harflendirmeler her bir ışık rengi için sağlamlık katsayısı değerini, ikinci sıra harflendirmeler ise her bir ışık şiddeti için sağlamlık katsayısı değerini göstermektedir.

II. aşamada GI ve P uygulamalarının sağlamlık katsayısı değerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur (çizelge 4.47, şekil 4.47). Sağlamlık katsayısı bakımından GI uygulaması en yüksek değere sahip olurken, P uygulamalarından daha düşük değerler elde edilmiştir.

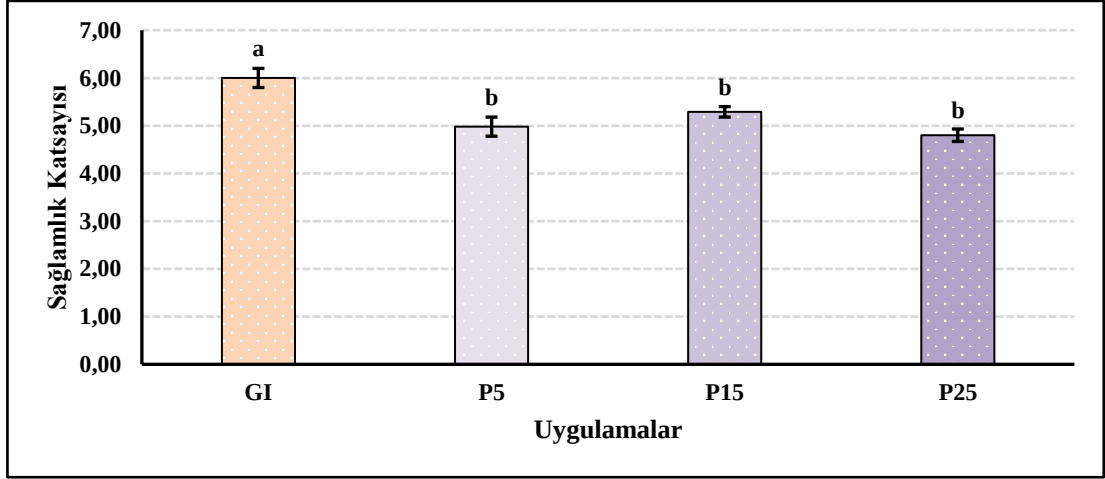
Çizelge 4.47 II. aşamada GI ve P uygulamalarının sağlamlık katsayısı değerine etkisi

Uygulama	Sağlamlık Katsayısı
GI	6.00±0.20 a
P5	4.98±0.20 b
P15	5.29±0.11 b
P25	4.80±0.13 b

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.



Şekil 4.46 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının sağlamlık katsayısı değerine etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir. Birinci sıra harflendirmeler her bir ışık rengi için sağlamlık katsayısı değerini, ikinci sıra harflendirmeler ise her bir ışık şiddeti için sağlamlık katsayısı değerini göstermektedir.)



Şekil 4.47 II. aşamada GI ve P uygulamalarının sağlamlık katsayısı değerine etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

4.1.12 Dickson kalite indeksi (DQI)

DQI değeri bakımından I. aşamada ışık uygulamalarının etkisi istatistiki olarak etkili görülmüştür (çizelge 4.48, şekil 4.48). DQI bakımından B uygulaması en yüksek değere sahip olurken; FR, K+FR ve M+FR uygulamaları en düşük değerlere sahip olmuştur.

Çizelge 4.48 I. aşamada ışık uygulamalarının DQI değerine etkisi

Işık Rengi	DQI
B	0.06±0.00 a
K	0.05±0.00 b
M	0.05±0.00 b
FR	0.03±0.00 d
K+FR	0.04±0.00 c
M+FR	0.04±0.00 c
K+M	0.05±0.00 b
K+M+FR	0.05±0.00 b

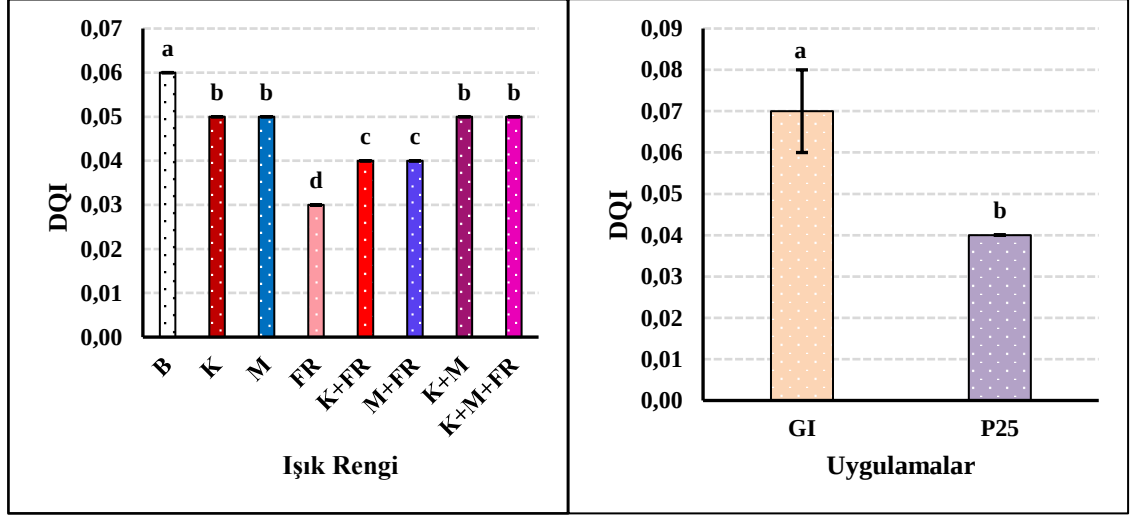
Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.

I. aşamada GI ve P25 uygulamalarının DQI değerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur (çizelge 4.49, şekil 4.48). DQI bakımından GI uygulaması yüksek değere sahip olmuştur.

Çizelge 4.49 I. aşamada GI ve P uygulamalarının DQI değerine etkisi

Uygulama	DQI
GI	0.07±0.01 a
P25	0.04±0.00 b

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.



Şekil 4.48 I. aşamada ışık ve GI/P uygulamalarının DQI değerine etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

II. aşamada ışık uygulamalarının DQI değeri bakımından etkisi istatistiksel olarak incelendiğinde ışık ve ışık şiddeti kendi içerisinde önemli görülmüştür (çizelge 4.50, şekil 4.49). DQI bakımından K ve K+M+FR'de en yüksek sonuçlar, FR'den ise en düşük değer elde edilmiştir. Işık şiddetleri bakımından ise aynı istatistiki grupta yer almıştır.

Çizelge 4.50 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının DQI değerine etkisi

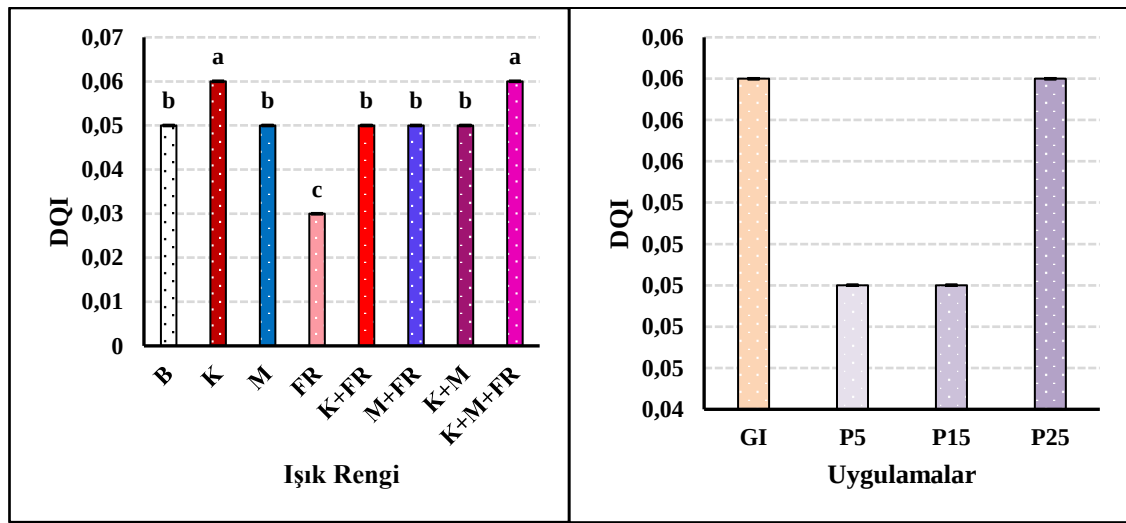
Işık Rengi	DQI		
	Işık Şiddeti ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)		
	200	300	Ort.
B	0.05	0.05	0.05±0.00 b
K	0.06	0.05	0.06±0.00 a
M	0.05	0.05	0.05±0.00 b
FR	0.04	0.03	0.03±0.00 c
K+FR	0.05	0.05	0.05±0.00 b
M+FR	0.05	0.04	0.05±0.00 b
K+M	0.06	0.05	0.05±0.00 b
K+M+FR	0.06	0.06	0.06±0.00 a
Ort.	0.05±0.00 a	0.05±0.00 a	

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.

II. aşamada GI ve P uygulamalarının DQI değerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmamıştır (çizelge 4.51, şekil 4.49).

Çizelge 4.51 II. aşamada GI ve P uygulamalarının DQI değerine etkisi

Uygulama	DQI
GI	0.06±0.00
P5	0.05±0.00
P15	0.05±0.00
P25	0.06±0.00



Şekil 4.49 II. aşamada ışık, ışık şiddeti ve GI/P uygulamalarının DQI değerine etkisi

4.1.13 Yaprak kütle alanı (g cm^{-2})

I. aşamada ışık uygulamalarının yaprak kütle alanı (g cm^{-2}) değerine etkisi önemli bulunmamıştır (çizelge 4.52, şekil 4.50).

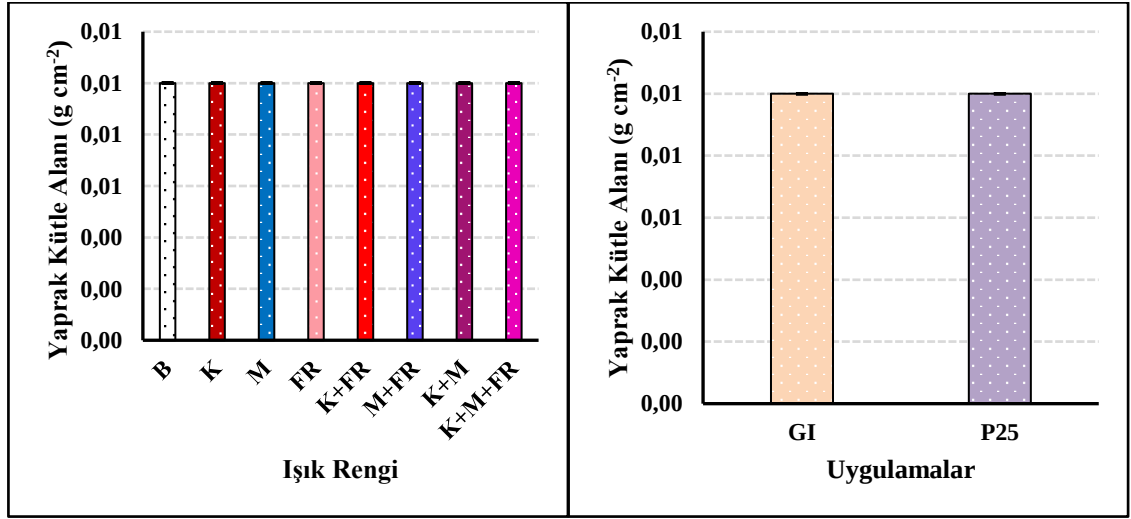
Çizelge 4.52 I. aşamada ışık uygulamalarının yaprak kütle alanı (g cm^{-2}) değerine etkisi

Işık Rengi	Yaprak Kütle Alanı (g cm^{-2})
B	0.01±0.00
K	0.01±0.00
M	0.01±0.00
FR	0.01±0.00
K+FR	0.01±0.00
M+FR	0.01±0.00
K+M	0.01±0.00
K+M+FR	0.01±0.00

I. aşamada GI ve P25 uygulamalarının yaprak kütle alanı (g cm^{-2}) değerine etkisi önemli bulunmamıştır (çizelge 4.53, şekil 4.50).

Çizelge 4.53 I. aşamada GI ve P uygulamalarının yaprak kütle alanı (g cm^{-2}) değerine etkisi

Uygulama	Yaprak Kütle Alanı (g cm^{-2})
GI	0.01±0.00
P25	0.01±0.00



Şekil 4.50 I. aşamada ışık ve GI/P uygulamalarının yaprak kütle alanı (g cm^{-2}) değerine etkisi

II. aşamada ışık uygulamalarının yaprak kütle alanı (g cm^{-2}) değeri açısından etkisi istatistiksel olarak incelendiğinde interaksiyon olduğu görülmüştür (çizelge 4.54, şekil 4.51). Yaprak kütle alanı (g cm^{-2}) bakımından $200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık uygulamaları incelendiğinde K ve M uygulamaları en yüksek sonuca sahip olmuştur. $300 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık uygulamaları bakımından ise K uygulaması daha iyi sonuca sahip olmuştur. Işık

şiddetleri değerlendirildiğinde ise M uygulaması için $200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık şiddeti daha etkili sonuç vermiştir.

Çizelge 4.54 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının yaprak kütle alanı (g cm^{-2}) değerine etkisi

Işık Rengi	Yaprak Kütle Alanı (g cm^{-2})	
	Işık Şiddeti ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	
	200	300
B	0.01±0.00 b,a	0.01±0.00 b,a
K	0.02±0.00 a,a	0.02±0.00 a,a
M	0.02±0.00 a,a	0.01±0.00 b,b
FR	0.01±0.00 b,a	0.01±0.00 b,a
K+FR	0.01±0.00 b,a	0.01±0.00 b,a
M+FR	0.01±0.00 b,a	0.01±0.00 b,a
K+M	0.01±0.00 b,a	0.01±0.00 b,a
K+M+FR	0.01±0.00 b,a	0.01±0.00 b,a

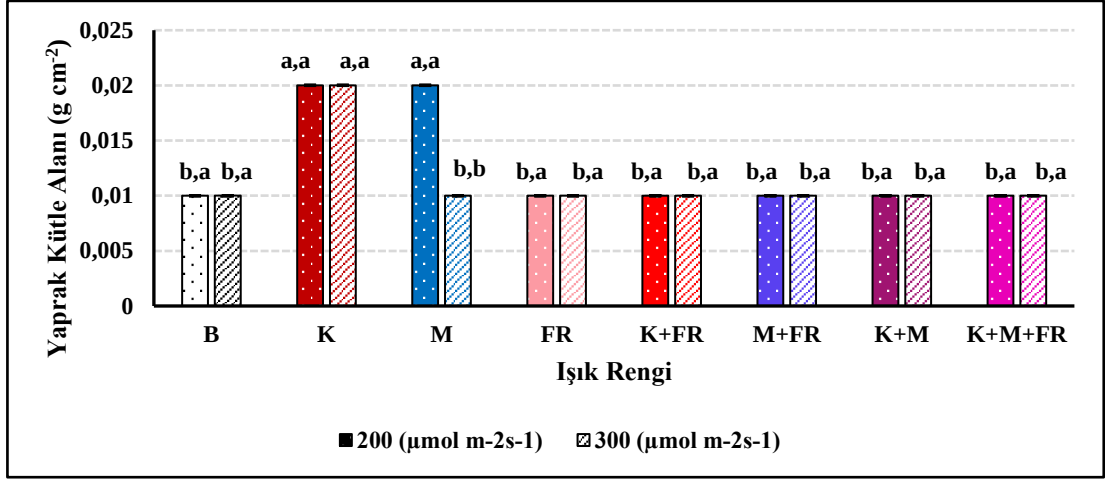
Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir. Birinci sıra harflendirmeler her bir ışık rengi için yaprak kütle alanı (g cm^{-2}) değerini, ikinci sıra harflendirmeler ise her bir ışık şiddeti için yaprak kütle alanı (g cm^{-2}) değerini göstermektedir.

II. aşamada GI ve P uygulamalarının yaprak kütle alanı (g cm^{-2}) değerine etkisi önemli bulunmuştur ancak tüm sonuçlar aynı grupta yer almıştır (çizelge 4.55, şekil 4.52).

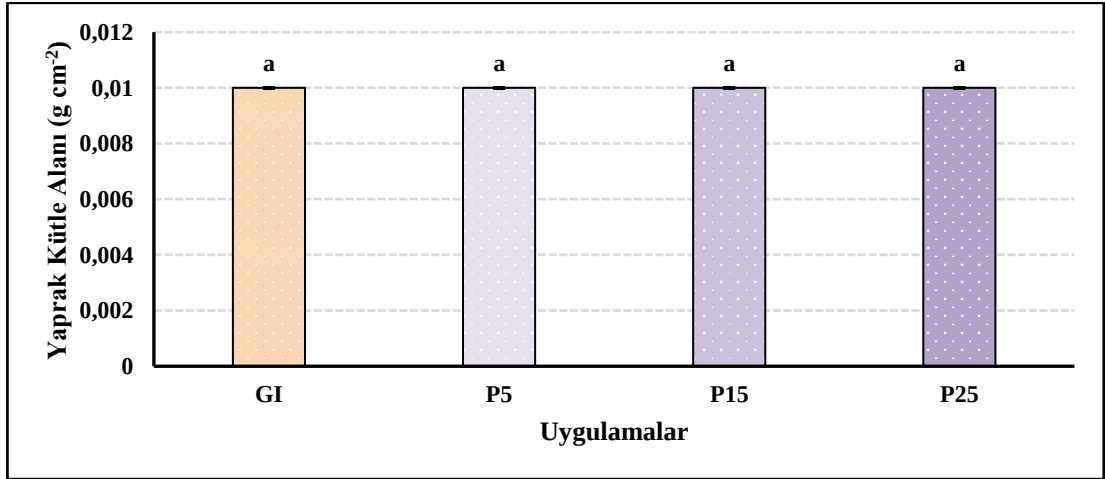
Çizelge 4.55 II. aşamada GI ve P uygulamalarının yaprak kütle alanı (g cm^{-2}) değerine etkisi

Uygulama	Yaprak Kütle Alanı (g cm^{-2})
GI	0.01±0.00 a
P5	0.01±0.00 a
P15	0.01±0.00 a
P25	0.01±0.00 a

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.



Şekil 4.51 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının yaprak kütle alanı (g cm^{-2}) değerine etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir. Birinci sıra harflendirmeler her bir ışık rengi için yaprak kütle alanı (g cm^{-2}) değerini, ikinci sıra harflendirmeler ise her bir ışık şiddeti için yaprak kütle alanı (g cm^{-2}) değerini göstermektedir.)



Şekil 4.52 II. aşamada GI ve P uygulamalarının yaprak kütle alanı (g cm^{-2}) değerine etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

4.1.14 Bitki kompaktlık indeksi

Bitki kompaktlık indeksi değerine I. aşama uygulamaların etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur (çizelge 4.56, şekil 4.53). Bitki kompaktlık indeksi bakımından B uygulaması en yüksek değere sahip olurken, FR uygulaması en düşük değere sahip olmuştur.

Çizelge 4.56 I. aşamada ışık uygulamalarının bitki kompaktlık indeksi değerine etkisi

Işık Rengi	Bitki Kompaktlık İndeksi
B	0.03±0.00 a
K	0.02±0.00 b
M	0.02±0.00 b
FR	0.01±0.00 c
K+FR	0.02±0.00 b
M+FR	0.02±0.00 b
K+M	0.02±0.00 b
K+M+FR	0.02±0.00 b

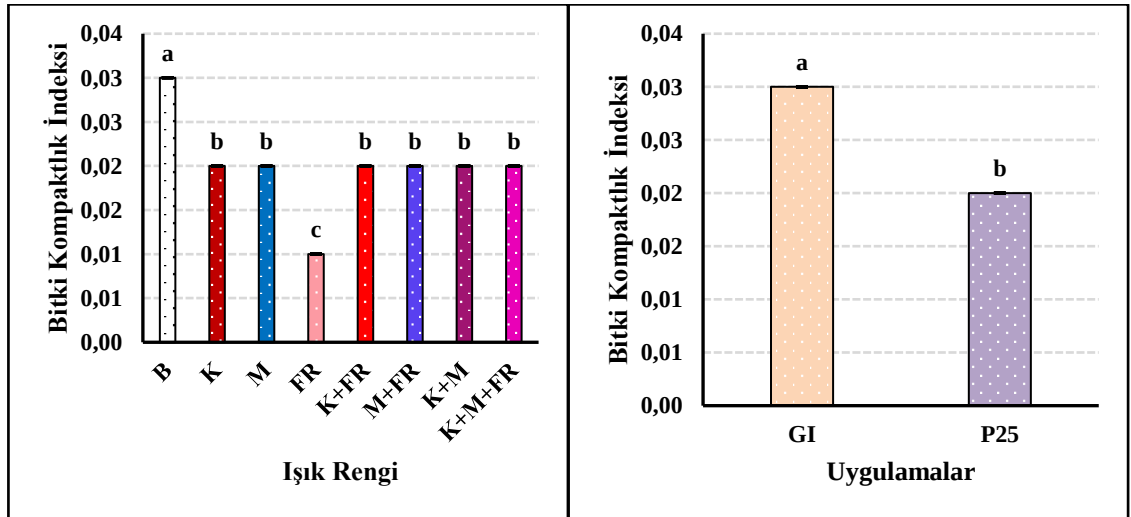
Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.

I. aşamada GI ve P25 uygulamalarının bitki kompaktlık indeksi değerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur (çizelge 4.57, şekil 4.53). Bitki kompaktlık indeksi bakımından GI uygulaması yüksek değere sahip olmuştur.

Çizelge 4.57 I. aşamada GI ve P uygulamalarının bitki kompaktlık indeksi değerine etkisi

Uygulama	Bitki Kompaktlık İndeksi
GI	0.03±0.00 a
P25	0.02±0.00 b

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.



Şekil 4.53 I. aşamada ışık ve GI/P uygulamalarının bitki kompaktlık indeksi değerine etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

II. aşamada ışık uygulamalarının bitki kompaktlık indeksi değeri bakımından etkisi istatistiksel olarak incelendiğinde ışık ve ışık şiddeti kendi içerisinde önemli görülmüştür

(çizelge 4.58, şekil 4.54). Bitki kompaktlık indeksi bakımından K uygulamasından en yüksek sonuç elde edilirken, FR uygulamasından en düşük sonuç alınmıştır. Işık şiddetleri açısından ise bir fark görülmemiştir.

Çizelge 4.58 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının bitki kompaktlık indeksi değerine etkisi

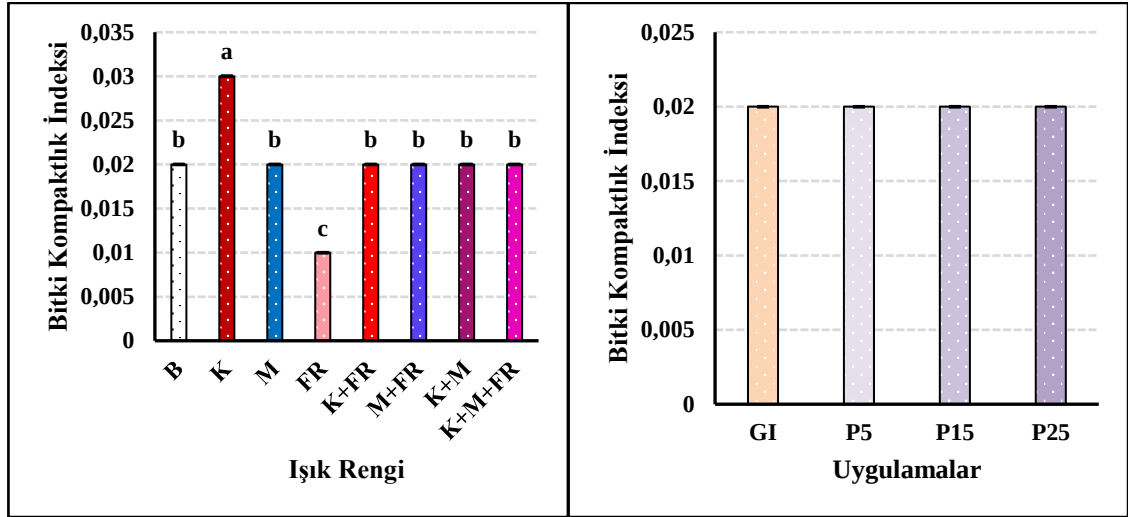
Işık Rengi	Bitki Kompaktlık İndeksi		
	Işık Şiddeti ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)		
	200	300	Ort.
B	0.02	0.02	0.02±0.00 b
K	0.02	0.03	0.03±0.00 a
M	0.02	0.02	0.02±0.00 b
FR	0.01	0.01	0.01±0.00 c
K+FR	0.02	0.02	0.02±0.00 b
M+FR	0.02	0.02	0.02±0.00 b
K+M	0.02	0.02	0.02±0.00 b
K+M+FR	0.02	0.02	0.02±0.00 b
Ort.	0.02±0.00 a	0.02±0.00 a	

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.

II. aşamada GI ve P uygulamalarının bitki kompaktlık indeksi değerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmamıştır (çizelge 4.59, şekil 4.54).

Çizelge 4.59 II. aşamada GI ve P uygulamalarının bitki kompaktlık indeksi değerine etkisi

Uygulama	Bitki Kompaktlık İndeksi
GI	0.02±0.00
P5	0.02±0.00
P15	0.02±0.00
P25	0.02±0.00



Şekil 4.54 II. aşamada ışık ve GI/P uygulamalarının bitki kompaktlık indeksi değerine etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

4.1.15 Kloroz ve antosiyanin

I. aşamada farklı ışık uygulamalarının domates fidelerinin muhafazasında kloroz ve antosiyanin durumu çizelge 4.60'da görülmektedir. En düşük kloroz durumu K+M, K+M+FR ve B ışık uygulamalarında görülürken, en yüksek kloroz durumu FR ışık uygulamasında görülmüştür. Antosiyanin açısından fideler değerlendirildiğinde de en yüksek antosiyanin durumu K+M ve K+M+FR uygulamalarında görülürken, diğer uygulamalarda daha düşük bulunmuştur.

Çizelge 4.60 I. aşamada ışık uygulamalarının kloroz ve antosiyanin değerine etkisi

Işık Rengi	Kloroz	Antosiyanin
B	1.0	2.0
K	2.0	2.0
M	1.7	2.0
FR	3.0	2.0
K+FR	2.0	2.0
M+FR	2.0	2.0
K+M	1.0	1.0
K+M+FR	1.0	1.0

I. aşamada GI ve P25 uygulamalarının kloroz ve antosiyanin durumu çizelge 4.61'de görülmektedir. Uygulamalar incelendiğinde en düşük kloroz durumu GI uygulamasında

görülürken, en yüksek P25 uygulamasında görülmüştür. Antosiyanin açısından en iyi sonuç yine GI uygulamasında görülürken, P25 uygulamasından düşük değerler elde edilmiştir.

Çizelge 4.61 I. aşamada GI ve P uygulamalarının kloroz ve antosiyanin değerine etkisi

Uygulama	Kloroz	Antosiyanin
GI	1.7	1.0
P25	3.3	2.0

II. aşamada ışık uygulamalarının domates fidelerinin muhafazasında kloroz ve antosiyanin durumuna etkisi çizelge 4.62’de görülmektedir. Sonuçlar incelendiğinde kloroz açısından K+M ve K+M+FR uygulamaları en iyi görülürken, FR uygulamasında kloroz yüksek değerlendirilmiştir. Ancak K ışığının $300 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ uygulamasında da kloroz daha fazla değerlendirilmiştir. Antosiyanin bakımından uygulamalar değerlendirildiğinde de yine K+M ve K+M+FR’de antosiyanin durumu daha iyi olarak gözlenmiştir.

Çizelge 4.62 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının kloroz ve antosiyanin değerine etkisi

Işık Rengi	Kloroz		Antosiyanin	
	Işık Şiddeti (μmol m ⁻² s ⁻¹)			
	200	300	200	300
B	2.0	2.0	2.0	2.0
K	2.0	4.0	2.0	2.0
M	2.0	2.0	2.0	2.0
FR	3.0	3.0	3.0	4.0
K+FR	2.0	3.0	2.0	3.0
M+FR	2.0	3.0	2.0	3.0
K+M	1.0	2.0	1.0	1.0
K+M+FR	1.0	2.0	1.0	2.0

II. aşamada GI ve P uygulamalarının kloroz ve antosiyanin durumu çizelge 4.63’de görülmektedir. Kloroz açısından GI uygulaması daha iyi değerlendirilmesine rağmen, antosiyanin açısından uygulamalar arasında belirgin bir fark görülmemiştir.

Çizelge 4.63 II. aşamada GI ve P uygulamalarının kloroz ve antosiyanin değerine etkisi

Uygulama	Kloroz	Antosiyanin
GI	1.0	2.0
P5	2.0	2.0
P15	2.0	2.0
P25	2.0	2.0

4.1.16 Stoma sayısı (adet mm⁻²)

I. aşamada ışık uygulamalarının domates fidelerinde stoma sayılarına etkileri incelendiğinde aralarında istatistiki olarak fark görülmüştür (çizelge 4.64, şekil 4.55). En iyi sonuç M ve K+M+FR'den elde edilirken, en düşük sonuç K+FR ve FR'den elde edilmiştir.

Çizelge 4.64 I. aşamada ışık uygulamalarının stoma sayısı (adet mm⁻²) değerine etkisi

Işık Rengi	Stoma Sayısı (adet mm ⁻²)
B	833.30±83.30 bcd
K	888.90±55.60 bcd
M	1139.00±121.00 a
FR	750.00±48.10 cd
K+FR	694.40±27.80 d
M+FR	888.90±27.80 bcd
K+M	916.70±48.10 bc
K+M+FR	1000.00±48.10 ab

Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.

I. aşamada GI ve P25 uygulamalarının stoma sayısına etkisi değerlendirildiğinde aralarındaki fark önemli görülmemiştir (çizelge 4.65, şekil 4.55).

Çizelge 4.65 I. aşamada GI ve P uygulamalarının stoma sayısı (adet mm⁻²) değerine etkisi

Uygulama	Stoma Sayısı (adet mm ⁻²)
GI	916.70±48.20
P25	1000.00±0.00

II. aşamada ışık uygulamalarının etkisi değerlendirildiğinde, sadece ışık uygulamaları istatistiki olarak önemli görülmüştür (çizelge 4.66, şekil 4.56). Yapılan uygulama

sonucunda en yüksek stoma sayısı M ve K+M+FR'den, en düşük K+FR, B ve FR'den elde edilmiştir.

Çizelge 4.66 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının stoma sayısı (adet mm⁻²) değerine etkisi

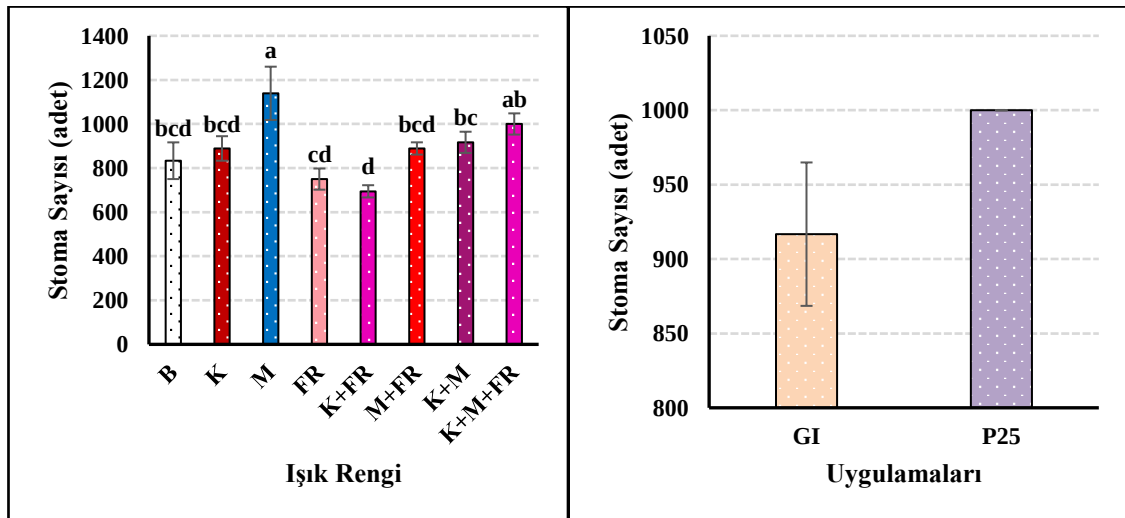
Işık Rengi	Stoma Sayısı (adet mm ⁻²)
B	833.30±48.10 cd
K	916.70±37.30 bcd
M	1111.10±66.90 a
FR	861.10±41.20 cd
K+FR	750.00±21.50 d
M+FR	902.80±33.40 bcd
K+M	944.40±59.60 bc
K+M+FR	1055.60±73.50 ab

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar p≤0.05 düzeyinde önemlidir.

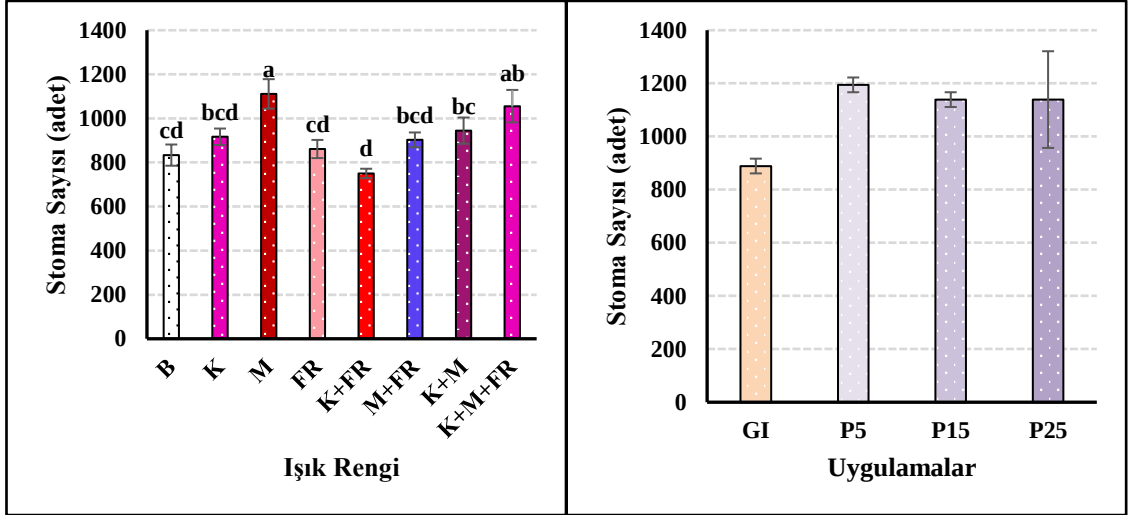
II. aşamada GI ve P uygulamalarının stoma sayısına etkisi değerlendirildiğinde aralarındaki fark önemli görülmemiştir (çizelge 4.67, şekil 4.56).

Çizelge 4.67 II. aşamada GI ve P uygulamalarının stoma sayısı (adet mm⁻²) değerine etkisi

Uygulama	Stoma Sayısı (adet mm ⁻²)
GI	888.90±27.80
P5	1194.40±27.80
P15	1138.90±27.80
P25	1139.00±182.00



Şekil 4.55 I. aşamada ışık ve GI/P uygulamalarının stoma sayısı (adet mm⁻²) değerine etkisi



Şekil 4.56 II. aşamada ışık ve GI/P uygulamalarının stoma sayısı (adet mm⁻²) değerine etkisi

4.2 Fidelerin Dikiminden Sonra Yapılan Analizlerin Sonuçları

4.2.1 İlk çiçeklenme zamanı (gün)

I. aşamada; fidelerde çiçeklenme başlangıcı 8 Mayıs 2019 tarihinde olmuştur. İlk olarak B uygulamasında çiçeklenme görülmüştür. K, M, K+FR, M+FR, K+M, K+M+FR, GI'da ise 10 Mayıs 2019 tarihinde çiçeklenmeler başlamıştır. En geç çiçeklenmeler FR'de görülmüştür. Bu uygulamada 10 Mayıs 2019 tarihinde de çiçek oluşumu görülmemiştir. Deneme sonlandırılana kadar P uygulamasında da çiçeklenme meydana gelmemiştir.

II. aşamada; fidelerde çiçeklenme başlangıcı 10.08.2020 tarihinde görülmüştür. B (300 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), FR (200 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), K+M+FR (200 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) ve GI ise ilk çiçeklenmelerin görüldüğü uygulamalar olmuştur.

4.2.2 Bitki boyu (cm)

I. aşamada ışık uygulamalarının sera koşullarında etkisi bitki boyu (cm) açısından istatistiki olarak etkili bulunmuştur (çizelge 4.68, şekil 4.57). Bitki boyu (cm) açısından

K+M, K+M+FR, M+FR ve K+FR'den en iyi değerler, B uygulamasından ise en düşük değer elde edilmiştir.

Çizelge 4.68 I. aşamada ışık uygulamalarının bitki boyuna (cm) etkisi

Işık Rengi	Bitki Boyu (cm)
B	36.70±1.23 d
K	43.53±0.68 c
M	49.53±1.35 b
FR	44.00±0.50 c
K+FR	54.20±1.59 a
M+FR	54.77±0.57 a
K+M	56.47±0.87 a
K+M+FR	55.73±2.55 a

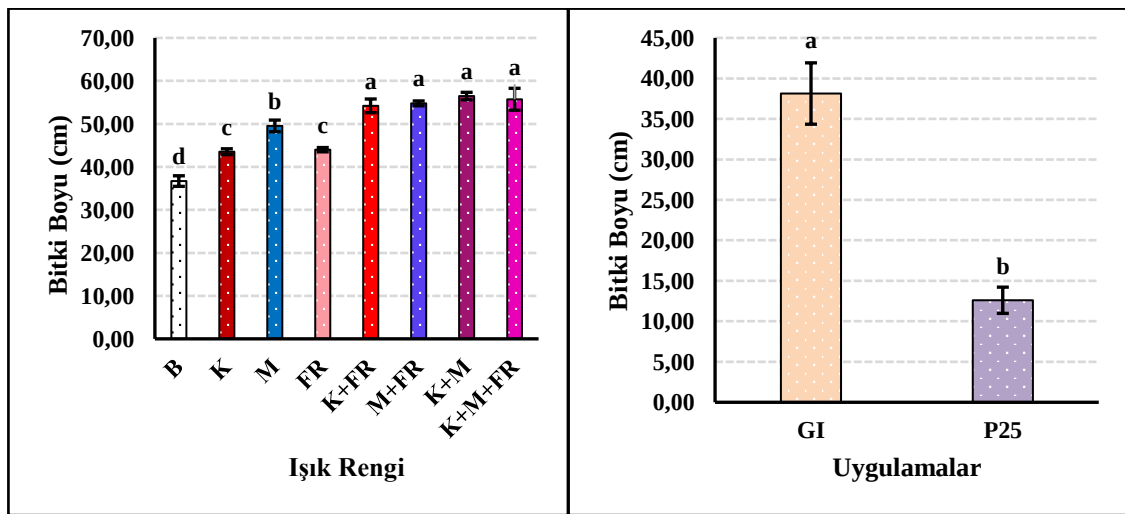
Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.

I. aşamada GI ve P25 uygulamaları yapılan domates fidelerinin sera koşullarında bitki boyu (cm) istatistiki olarak önemli bulunmuştur (çizelge 4.69, şekil 4.57). Bitki boyu bakımından (cm) GI uygulamasından en yüksek değer elde edilmiştir.

Çizelge 4.69 I. aşamada GI ve P uygulamalarının bitki boyuna (cm) etkisi

Uygulama	Bitki Boyu (cm)
GI	38.13±3.79 a
P25	12.60±1.62 b

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.



Şekil 4.57 I. aşamada ışık ve GI/P uygulamalarının bitki boyuna (cm) etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

II. aşamada ışık uygulamalarının sera koşullarında etkisi bitki boyu (cm) bakımından istatistiksel olarak incelendiğinde sadece ışık uygulaması önemli görülmüştür (çizelge 4.70, şekil 4.58). Uygulamalara göre K+M ve M+FR'den en iyi sonuçlar elde edilirken, K+FR uygulaması düşük değere sahip olmuştur.

Çizelge 4.70 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının bitki boyuna (cm) etkisi

Işık Rengi	Bitki Boyu (cm)		
	Işık Şiddeti ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)		
	200	300	Ort.
B	65.58	66.58	66.08±0.51 bc
K	71.75	72.42	72.08±0.98 ab
M	69.83	70.42	70.13±0.86 abc
FR	62.42	69.42	65.92±2.74 bc
K+FR	62.83	64.75	63.79±4.10 c
M+FR	72.50	73.92	73.21±0.94 ab
K+M	74.50	75.92	75.21±0.83 a
K+M+FR	67.83	72.17	70.00±2.95 abc
Ort.	68.41±1.41	70.70±1.04	

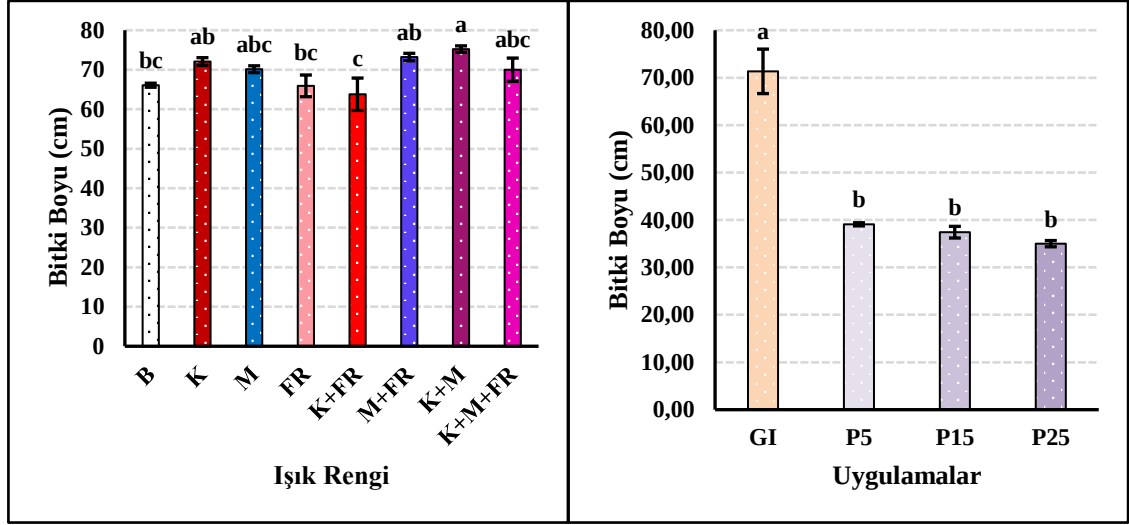
Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.

II. aşamada GI ve P uygulamaları yapılan domates fidelerinin sera koşullarında bitki boyu (cm) istatistiki bakımdan önemli bulunmuştur (çizelge 4.71, şekil 4.58). GI uygulamasından yüksek değerler elde edilirken, P uygulamaları daha düşük değerlere sahip olmuştur.

Çizelge 4.71 II. aşamada GI ve P uygulamalarının bitki boyuna (cm) etkisi

Uygulama	Bitki Boyu (cm)
GI	71.33±4.69 a
P5	39.08±0.33 b
P15	37.42±1.23 b
P25	35.00±0.66 b

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.



Şekil 4.58 II. aşamada ışık ve GI/P uygulamalarının bitki boyuna (cm) etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

4.2.3 Boğum sayısı (adet)

I. aşamada ışık uygulamalarının sera koşullarında etkisi boğum sayısı (adet) bakımından istatistiki olarak önemli bulunmuştur (çizelge 4.72, şekil 4.59). Boğum sayısı (adet) bakımından M+FR ve B uygulamalarından en iyi değerler elde edilirken, FR uygulaması en düşük değere sahip olmuştur.

Çizelge 4.72 I. aşamada ışık uygulamalarının boğum sayısına (adet) etkisi

Işık Rengi	Boğum Sayısı (adet)
B	10.93±0.57 a
K	10.00±0.12 bc
M	10.27±0.18 ab
FR	9.40±0.20 c
K+FR	10.47±0.27 ab
M+FR	11.07±0.13 a
K+M	10.47±0.07 ab
K+M+FR	10.73±0.18 ab

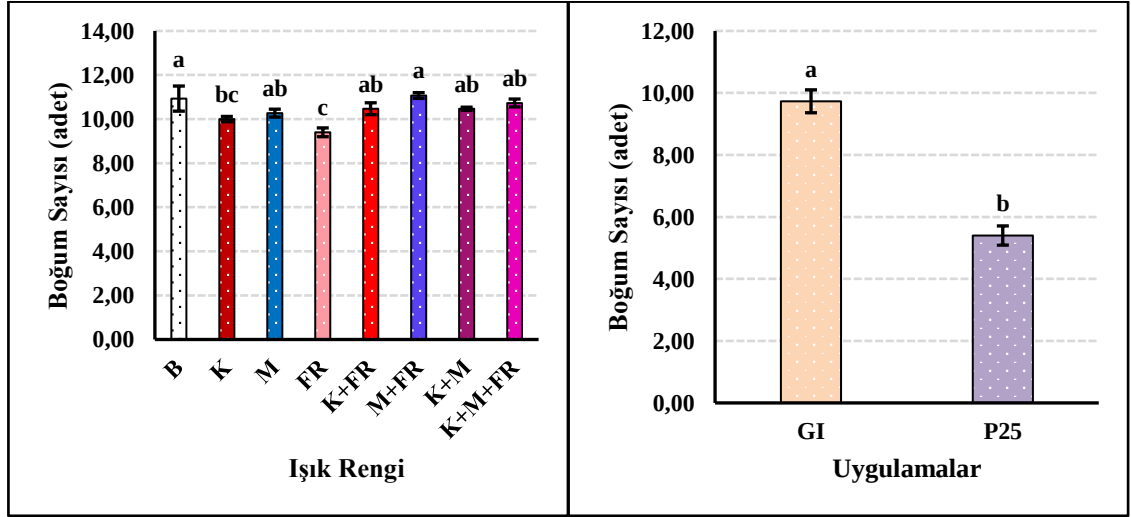
Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.

I. aşamada GI ve P25 uygulamaları yapılan domates fidelerinin sera koşullarında boğum sayısı (adet) istatistiki olarak önemli bulunmuştur (çizelge 4.73, şekil 4.59). GI uygulamasından en yüksek değer elde edilmiştir.

Çizelge 4.73 I. aşamada GI ve P uygulamalarının boğum sayısına (adet) etkisi

Uygulama	Boğum Sayısı (adet)
GI	9.73±0.37 a
P25	5.40±0.31 b

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.



Şekil 4.59 I. aşamada ışık ve GI/P uygulamalarının boğum sayısına (adet) etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

II. aşamada ışık uygulamalarının sera koşullarında etkisi boğum sayısı (adet) bakımından istatistiksel olarak incelendiğinde interaksiyon görülmüştür (çizelge 4.74, şekil 4.60). Boğum sayısı (adet) açısından $200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık uygulamaları incelendiğinde K uygulamasından en yüksek değer elde edilirken, FR ve K+FR uygulamalarından en düşük değerler alınmıştır. $300 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık uygulamaları incelendiğinde ise B uygulamasından en yüksek değer elde edilirken, K+FR uygulaması en düşük değere sahip olmuştur. Işık şiddetleri değerlendirildiğinde ise K uygulaması için $200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, B uygulaması için ise $300 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık şiddeti önemli olmuştur.

Çizelge 4.74 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının boğum sayısına (adet) etkisi

Işık Rengi	Boğum Sayısı (adet)	
	Işık Şiddeti ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	
	200	300
B	11.08±0.58 bc,b	12.33±0.17 a,a
K	12.58±0.36 a,a	11.33±0.30 ab,b
M	11.17±0.22 bc,a	11.25±0.25 ab,a
FR	10.42±0.60 c,a	11.17±0.33 ab,a
K+FR	10.42±0.60 c,a	10.83±0.30 b,a
M+FR	11.50±0.25 abc,a	11.08±0.22 ab,a
K+M	11.17±0.08 bc,a	11.83±0.17 ab,a
K+M+FR	12.08±0.46 ab,a	11.42±0.58 ab,a

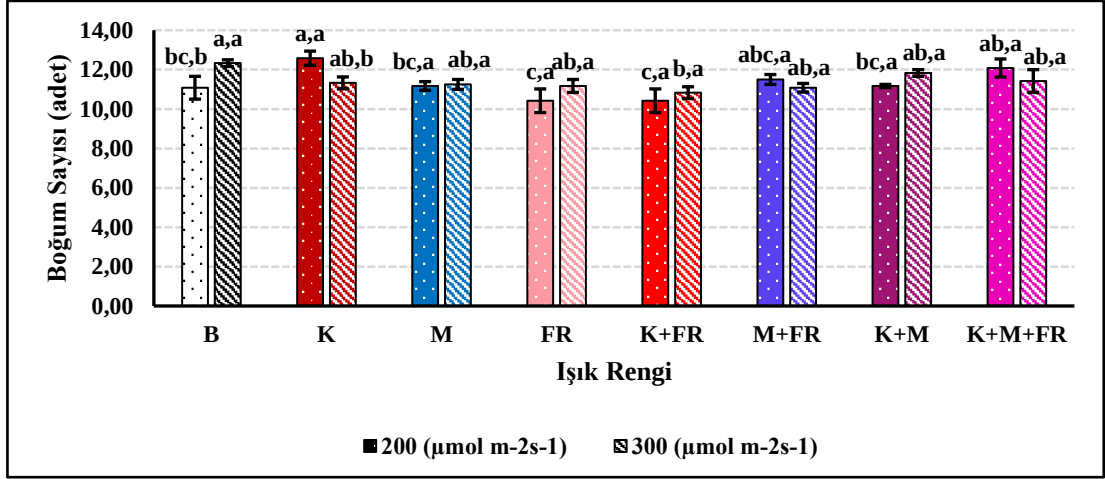
Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir. Birinci sıra harflendirmeler her bir ışık rengi için boğum sayısı (adet) değerini, ikinci sıra harflendirmeler ise her bir ışık şiddeti için boğum sayısı (adet) değerini göstermektedir.

II. aşamada GI ve P uygulamaları yapılan domates fidelerinin sera koşullarında boğum sayısı (adet) istatistiki olarak önemli bulunmuştur (çizelge 4.75, şekil 4.61). GI uygulaması en yüksek değere sahip olmuştur.

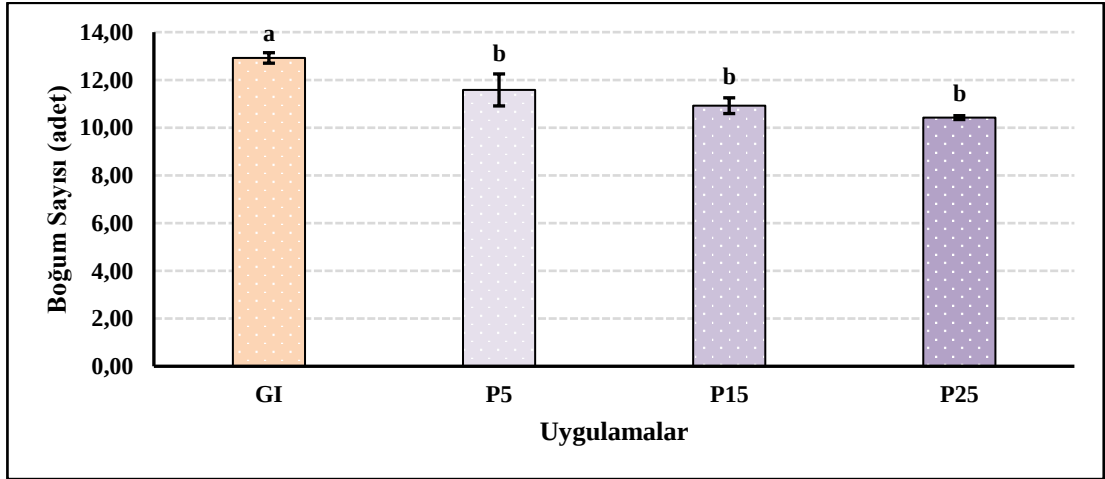
Çizelge 4.75 II. aşamada GI ve P uygulamalarının boğum sayısına (adet) etkisi

Uygulama	Boğum Sayısı (adet)
GI	12.92± 0.22 a
P5	11.58±0.67 b
P15	10.92±0.33 b
P25	10.42±0.08 b

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.



Şekil 4.60 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının boğum sayısına (adet) etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir. Birinci sıra harflendirmeler her bir ışık rengi için boğum sayısı (adet) değerini, ikinci sıra harflendirmeler ise her bir ışık şiddeti için boğum sayısı (adet) değerini göstermektedir.)



Şekil 4.61 II. aşamada GI ve P uygulamalarının boğum sayısına (adet) etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

4.2.4 Çiçek sayısı (adet)

I. aşamada ışık uygulamalarının sera koşullarında çiçek sayısı (adet) bakımından etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur (çizelge 4.76, şekil 4.62). Çiçek sayısı (adet) bakımından B, K+M, K ve K+M+FR'den en iyi değerler elde edilirken, FR uygulamasından en düşük değer alınmıştır.

Çizelge 4.76 I. aşamada ışık uygulamalarının çiçek sayısına (adet) etkisi

Işık Rengi	Çiçek Sayısı (adet)
B	3.20±0.20 a
K	3.00±0.12 a
M	2.60±0.31 ab
FR	2.27±0.13 b
K+FR	2.67±0.07 ab
M+FR	2.67±0.13 ab
K+M	3.13±0.24 a
K+M+FR	2.93±0.13 a

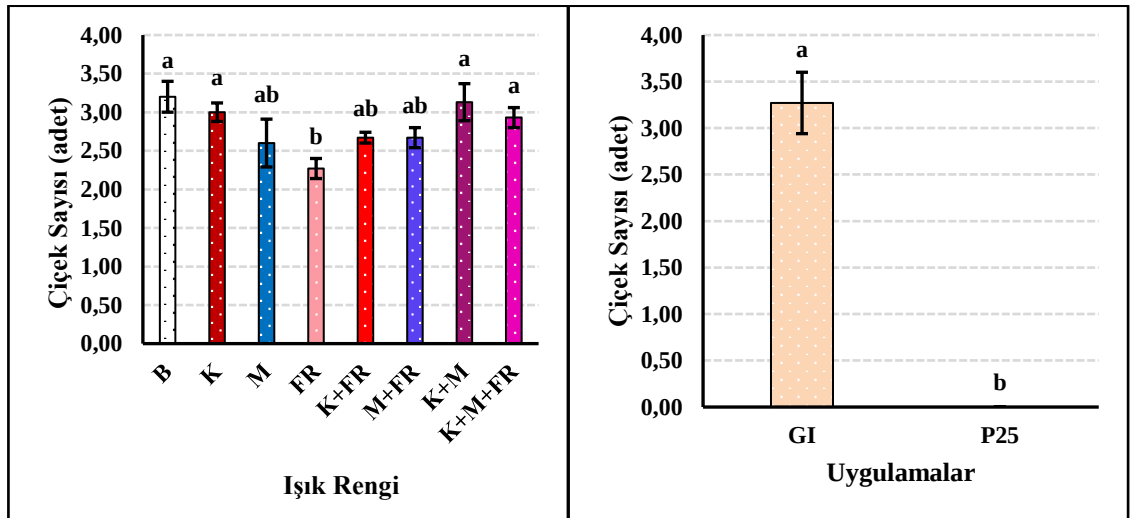
Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.

I. aşamada GI ve P25 uygulamaları yapılan domates fidelerinin sera koşullarında çiçek sayısı (adet) istatistiki olarak etkili bulunmuştur (çizelge 4.77, şekil 4.62). Çiçek sayısı bakımından GI uygulamasından en yüksek değer elde edilirken, P25 uygulamasında çiçek oluşumu gözlenmemiştir.

Çizelge 4.77 I. aşamada GI ve P uygulamalarının çiçek sayısına (adet) etkisi

Uygulama	Çiçek Sayısı (adet)
GI	3.27±0.33 a
P25	0.00±0.00 b

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.



Şekil 4.62 I. aşamada ışık ve GI/P uygulamalarının çiçek sayısına (adet) etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

II. aşamada ışık uygulamalarının sera koşullarında etkisi çiçek sayısı (adet) bakımından istatistiksel olarak incelendiğinde önemsiz görülmüştür (çizelge 4.78, şekil 4.63).

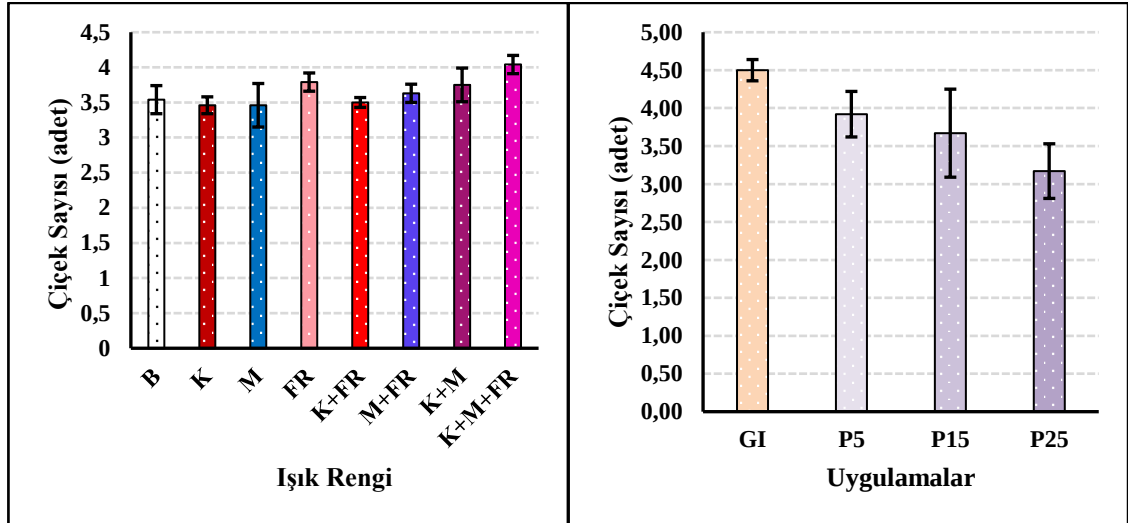
Çizelge 4.78 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının çiçek sayısına (adet) etkisi

Işık Rengi	Çiçek Sayısı (adet)		
	Işık Şiddeti ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)		
	200	300	Ort.
B	3.42	3.67	3.54±0.18
K	3.58	3.33	3.46±0.12
M	3.50	3.42	3.46±0.12
FR	4.25	3.33	3.79±0.27
K+FR	3.42	3.58	3.50±0.30
M+FR	3.25	4.00	3.63±0.26
K+M	3.58	3.92	3.75±0.16
K+M+FR	4.25	3.83	4.04±0.12
Ort.	3.66±0.12	3.64±0.08	

II. aşamada GI ve P uygulamaları yapılan domates fidelerinin sera koşullarında çiçek sayısı (adet) istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur (çizelge 4.79, şekil 4.63).

Çizelge 4.79 II. aşamada GI ve P uygulamalarının çiçek sayısına (adet) etkisi

Uygulama	Çiçek Sayısı (adet)
GI	4.50±0.14
P5	3.92±0.30
P15	3.67±0.58
P25	3.17±0.36



Şekil 4.63 II. aşamada ışık ve GI/P uygulamalarının çiçek sayısına (adet) etkisi

4.2.5 Yaprak sayısı (adet)

Sera koşullarında I. aşama ışık uygulamalarının etkisi yaprak sayısı (adet) bakımından istatistiki olarak önemli bulunmuştur (çizelge 4.80, şekil 4.64). Yaprak sayısı (adet) bakımından B uygulamasından en yüksek değer elde edilirken; FR, M, K ve M+FR uygulamalarından en düşük değerler elde edilmiştir.

Çizelge 4.80 I. aşamada ışık uygulamalarının yaprak sayısına (adet) etkisi

Işık Rengi	Yaprak Sayısı (adet)
B	16.53±0.37 a
K	14.20±0.23 d
M	14.07±0.24 d
FR	13.07±0.18 e
K+FR	15.47±0.18 bc
M+FR	14.47±0.13 d
K+M	14.93±0.33 cd
K+M+FR	16.07±0.47 ab

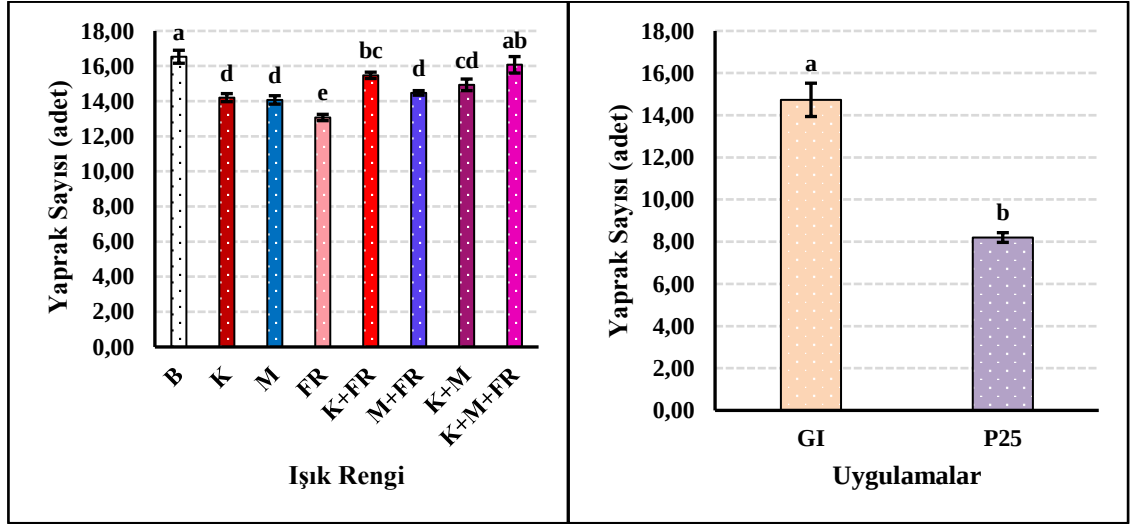
Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.

I. aşamada GI ve P25 uygulamaları yapılan domates fidelerinin sera koşullarında yaprak sayısı (adet) istatistiki olarak önemli bulunmuştur (çizelge 4.81, şekil 4.64). GI uygulamasından en yüksek değer elde edilmiştir.

Çizelge 4.81 I. aşamada GI ve P uygulamalarının yaprak sayısına (adet) etkisi

Uygulama	Yaprak Sayısı (adet)
GI	14.73±0.79 a
P25	8.20±0.23 b

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.



Şekil 4.64 I. aşamada ışık ve GI/P uygulamalarının yaprak sayısına (adet) etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

II. aşamada ışık uygulamalarının sera koşullarında etkisi yaprak sayısı (adet) bakımından istatistiksel olarak incelendiğinde interaksiyon görülmüştür (çizelge 4.82, şekil 4.65). Yaprak sayısı (adet) açısından $200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ uygulamaları incelendiğinde FR ve K+M+FR uygulamalarından en yüksek değerler elde edilirken; B, K+FR ve M+FR uygulamalarından en düşük değerler alınmıştır. $300 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ uygulamaları incelendiğinde ise K+FR uygulamasından en iyi değer elde edilirken, M uygulamasından en düşük değer alınmıştır.

Çizelge 4.82 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının yaprak sayısına (adet) etkisi

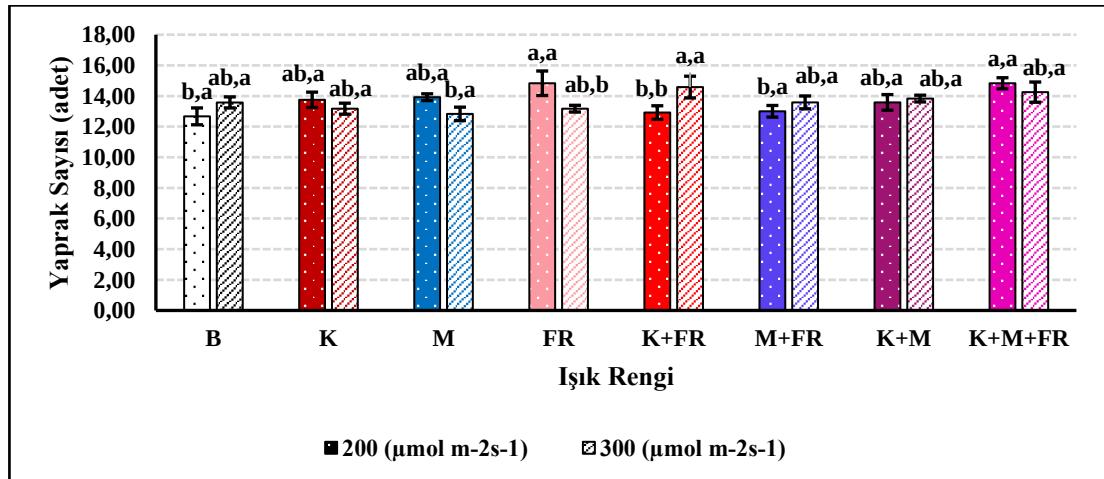
Işık Rengi	Yaprak Sayısı (adet)	
	Işık Şiddeti ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	
	200	300
B	12.67±0.55 b,a	13.58±0.36 ab,a
K	13.75±0.50 ab,a	13.17±0.36 ab,a
M	13.92±0.22 ab,a	12.83±0.44 b,a
FR	14.83±0.80 a,a	13.17±0.22 ab,b
K+FR	12.92±0.44 b,b	14.58±0.71 a,a
M+FR	13.00±0.38 b,a	13.58±0.42 ab,a
K+M	13.58±0.51 ab,a	13.83±0.22 ab,a
K+M+FR	14.83±0.36 a,a	14.25±0.66 ab,a

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir. Birinci sıra harflendirmeler her bir ışık rengi için yaprak sayısı (adet) değerini, ikinci sıra harflendirmeler ise her bir ışık şiddeti için yaprak sayısı (adet) değerini göstermektedir.

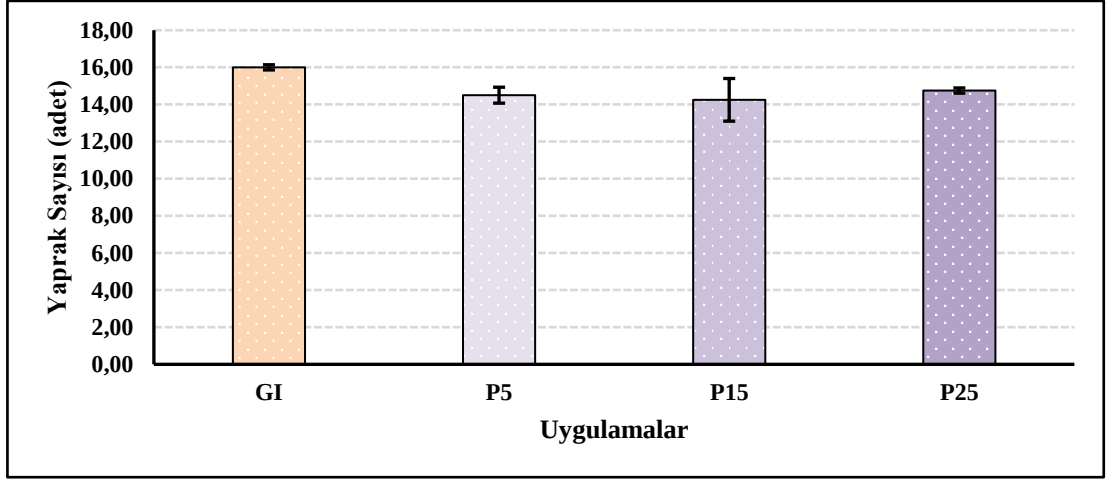
II. aşamada GI ve P uygulamaları yapılan domates fidelerinin sera koşullarında yaprak sayısı (adet) istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur (çizelge 4.83, şekil 4.66).

Çizelge 4.83 II. aşamada GI ve P uygulamalarının yaprak sayısına (adet) etkisi

Uygulama	Yaprak Sayısı (adet)
GI	16.00±0.14
P5	14.50±0.43
P15	14.25±1.15
P25	14.75±0.14



Şekil 4.65 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının yaprak sayısına (adet) etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir. Birinci sıra harflendirmeler her bir ışık rengi için yaprak sayısı (adet) değerini, ikinci sıra harflendirmeler ise her bir ışık şiddeti için yaprak sayısı (adet) değerini göstermektedir.)



Şekil 4.66 II. aşamada GI ve P uygulamalarının yaprak sayısına (adet) etkisi

4.2.6 Gövde çapı (mm)

I. aşamada ışık uygulamalarının sera koşullarında gövde çapı (mm) bakımından etkisi istatistiki olarak önemsiz olmuştur (çizelge 4.84, şekil 4.67).

Çizelge 4.84 I. aşamada ışık uygulamalarının gövde çapına (mm) etkisi

Işık Rengi	Gövde Çapı (mm)
B	5.92±0.34
K	5.52±0.27
M	5.57±0.14
FR	5.90±0.25
K+FR	5.33±0.10
M+FR	5.49±0.07
K+M	5.65±0.18
K+M+FR	5.72±0.05

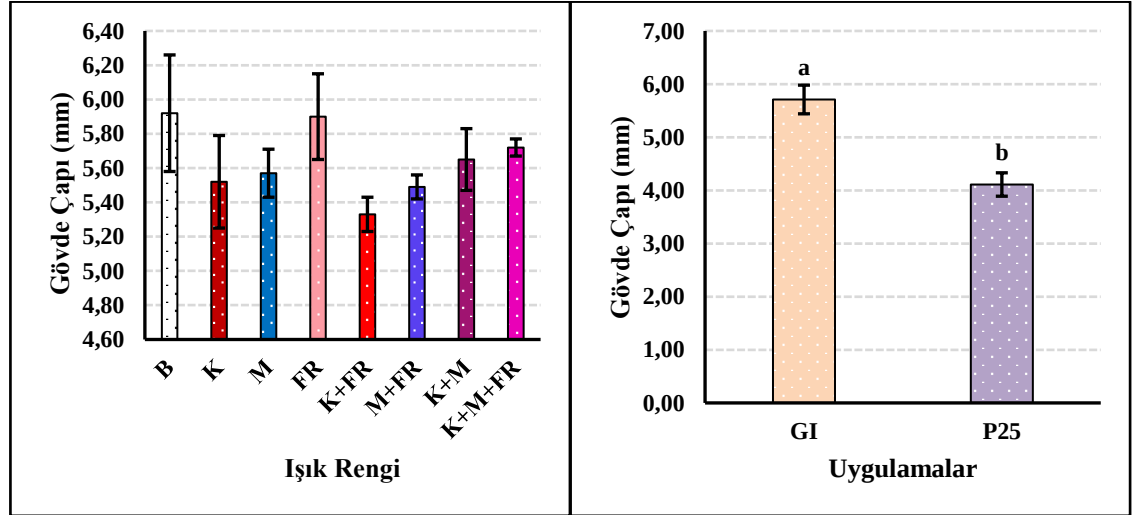
Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.

I. aşamada GI ve P25 uygulamaları yapılan domates fidelerinin sera koşullarında gövde çapı (mm) istatistiki olarak önemli bulunmuştur (çizelge 4.85, şekil 4.67). GI uygulamasından en yüksek değer elde edilmiştir.

Çizelge 4.85 I. aşamada GI ve P uygulamalarının gövde çapına (mm) etkisi

Uygulama	Gövde Çapı (mm)
GI	5.71±0.27 a
P25	4.11±0.22 b

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.



Şekil 4.67 I. aşamada ışık ve GI/P uygulamalarının gövde çapına (mm) etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

II. aşamada ışık uygulamalarının sera koşullarında etkisi gövde çapı (mm) bakımından istatistiksel olarak incelendiğinde sadece ışık uygulaması önemli görülmüştür (çizelge 4.86, şekil 4.68). Gövde çapı (mm) açısından B uygulamasından en iyi değer elde edilirken; M+FR, FR, K+FR ve M'den en düşük değerler elde edilmiştir.

Çizelge 4.86 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının gövde çapına (mm) etkisi

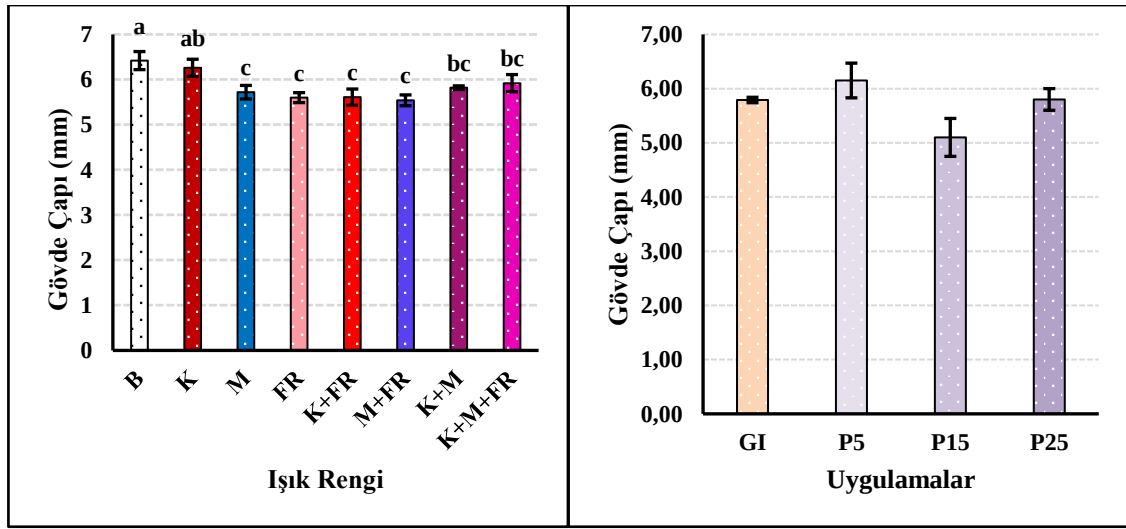
Işık Rengi	Gövde Çapı (mm)		
	Işık Şiddeti ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)		
	200	300	Ort.
B	6.12	6.72	6.42±0.20 a
K	6.37	6.14	6.26±0.19 ab
M	5.84	5.60	5.72±0.15 c
FR	5.57	5.64	5.60±0.11 c
K+FR	5.58	5.64	5.61±0.18 c
M+FR	5.76	5.33	5.54±0.12 c
K+M	5.80	5.84	5.82±0.04 bc
K+M+FR	5.55	6.29	5.92±0.19 bc
Ort.	5.82±0.08	5.90±0.11	

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.

II. aşamada GI ve P uygulamaları yapılan domates fidelerinin sera koşullarında yaprak sayısı (adet) istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur (çizelge 4.87, şekil 4.68).

Çizelge 4.87 II. aşamada GI ve P uygulamalarının gövde çapına (mm) etkisi

Uygulama	Gövde Çapı (mm)
GI	5.79±0.05
P5	6.15±0.32
P15	5.10±0.35
P25	5.80±0.20



Şekil 4.68 II. aşamada ışık ve GI/P uygulamalarının gövde çapına (mm) etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

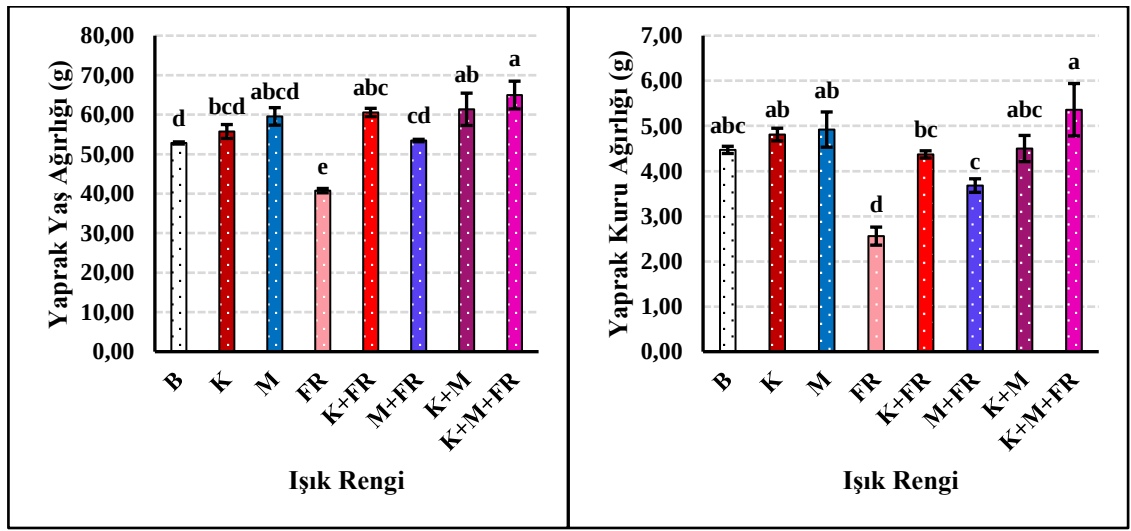
4.2.7 Yaprak yaş ve kuru ağırlığı (g)

I. aşamada ışık uygulamalarının sera koşullarında etkisi yaprak yaş ve kuru ağırlığı (g) bakımından istatistiki olarak önemli bulunmuştur (çizelge 4.88, şekil 4.69). Yaprak yaş ve kuru ağırlığı (g) bakımından K+M+FR uygulamalarından en iyi değerler elde edilmiştir. Yaprak yaş ağırlığı (g) bakımından FR ve B' den en düşük değerler elde edilirken, yaprak kuru ağırlığı (g) bakımından FR ve M+FR uygulamalarından en düşük değerler elde edilmiştir.

Çizelge 4.88 I. aşamada ışık uygulamalarının yaprak yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi

Işık Rengi	Yaprak Yaş Ağırlığı (g)	Yaprak Kuru Ağırlığı (g)
B	52.84±0.27 d	4.47±0.08 abc
K	55.74±1.76 bcd	4.81±0.14 ab
M	59.56±2.22 abcd	4.92±0.39 ab
FR	40.77±0.55 e	2.56±0.20 d
K+FR	60.56±1.05 abc	4.37±0.08 bc
M+FR	53.46±0.30 cd	3.68±0.15 c
K+M	61.36±4.09 ab	4.50±0.29 abc
K+M+FR	64.97±3.51 a	5.36±0.58 a

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.



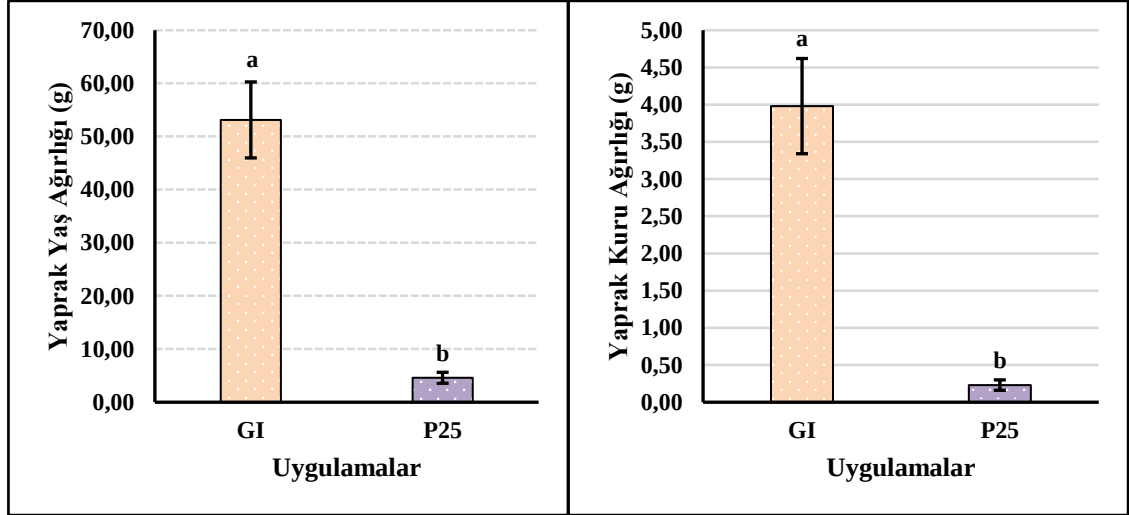
Şekil 4.69 I. aşamada ışık uygulamalarının yaprak yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

I. aşamada GI ve P25 uygulamaları yapılan domates fidelerinin sera koşullarında yaprak yaş ve kuru ağırlığı (g) değerleri istatistiki olarak önemli bulunmuştur (çizelge 4.89, şekil 4.70). GI uygulamasından en yüksek değerler elde edilmiştir.

Çizelge 4.89 I. aşamada GI ve P uygulamalarının yaprak yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi

Uygulama	Yaprak Yaş Ağırlığı (g)	Yaprak Kuru Ağırlığı (g)
GI	53.12±7.15 a	3.98±0.64 a
P25	4.60±1.03 b	0.23±0.07 b

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.



Şekil 4.70 I. aşamada GI ve P uygulamalarının yaprak yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

II. aşamada ışık uygulamalarının sera koşullarında etkisi yaprak yaş ağırlığı (g) bakımından istatistiksel olarak incelendiğinde sadece ışık uygulaması önemli görülmüştür (çizelge 4.90, şekil 4.71). K, K+M+FR, B ve K+M'den en iyi değerler alınırken; K+FR, M, FR ve M+FR'den en düşük değerler alınmıştır.

Çizelge 4.90 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının yaprak yaş ağırlığına (g) etkisi

Işık Rengi	Yaprak Yaş Ağırlığı (g)		
	Işık Şiddeti ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)		
	200	300	Ort.
B	36.09	37.39	36.74±1.43 ab
K	44.00	37.45	40.73±2.61 a
M	34.65	33.69	34.17±0.71 b
FR	35.76	33.68	34.72±1.71 b
K+FR	30.83	36.81	33.82±1.96 b
M+FR	36.35	34.53	35.44±0.95 b
K+M	36.66	36.56	36.61±0.57 ab
K+M+FR	37.31	40.66	38.98±2.03 ab
Ort.	36.46±0.89	36.35±0.91	

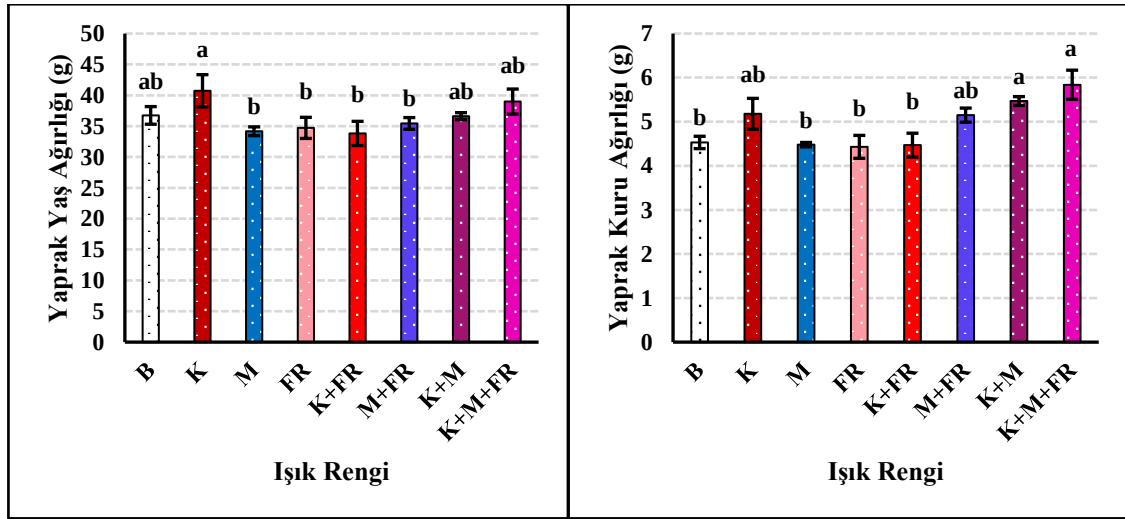
Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.

Yaprak kuru ağırlığı bakımından da sadece ışık uygulamaları önemli görülmüştür (çizelge 4.91, şekil 4.71). K+M+FR ve K+M'den en yüksek değerler elde edilmiştir.

Çizelge 4.91 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının yaprak kuru ağırlığına (g) etkisi

Işık Rengi	Yaprak Kuru Ağırlığı (g)		
	Işık Şiddeti ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)		
	200	300	Ort.
B	4.47	4.59	4.53±0.14 b
K	5.36	5.00	5.18±0.35 ab
M	4.49	4.46	4.48±0.05 b
FR	4.61	4.25	4.43±0.26 b
K+FR	4.03	4.91	4.47±0.27 b
M+FR	5.28	5.01	5.15±0.16 ab
K+M	5.41	5.53	5.47±0.10 a
K+M+FR	5.52	6.16	5.84±0.33 a
Ort.	4.90±0.15	4.99±0.15	

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.



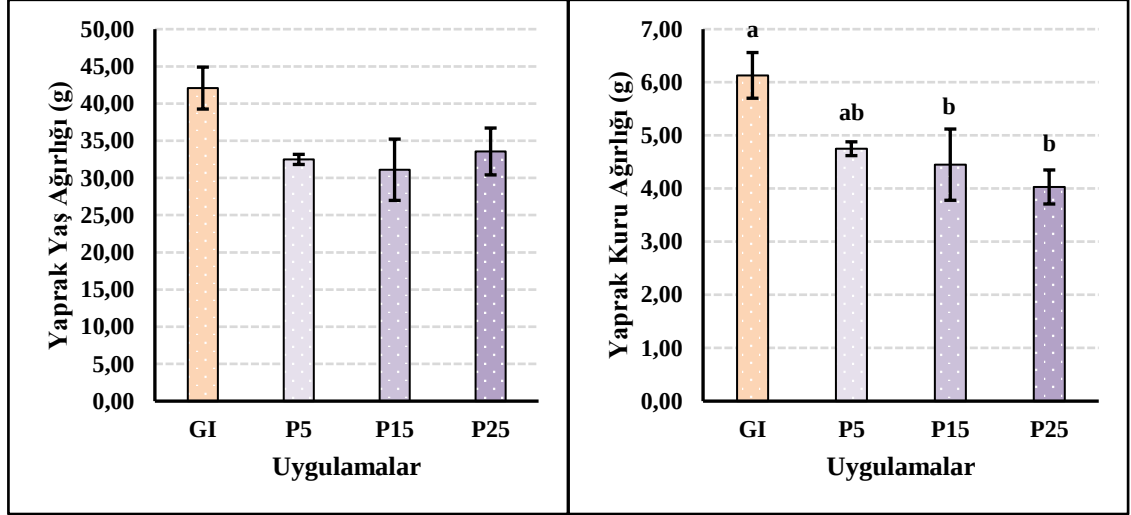
Şekil 4.71 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının yaprak yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

II. aşamada GI ve P uygulamaları yapılan domates fidelerinin sera koşullarında yaprak yaş ağırlığı (g) önemsiz görülürken, yaprak kuru ağırlığı (g) istatistiki olarak önemli bulunmuştur (çizelge 4.92, şekil 4.72). Yaprak kuru ağırlığı (g) açısından GI uygulamasından en yüksek değer elde edilirken, P25 ve P15'den en düşük değerler elde edilmiştir.

Çizelge 4.92 II. aşamada GI ve P uygulamalarının yaprak yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi

Uygulama	Yaprak Yaş Ağırlığı (g)	Yaprak Kuru Ağırlığı (g)
GI	42.08±2.82	6.13±0.43 a
P5	32.49±0.68	4.75±0.13 ab
P15	31.10±4.12	4.45±0.67 b
P25	33.56±3.15	4.03±0.32 b

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.



Şekil 4.72 II. aşamada GI ve P uygulamalarının yaprak yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

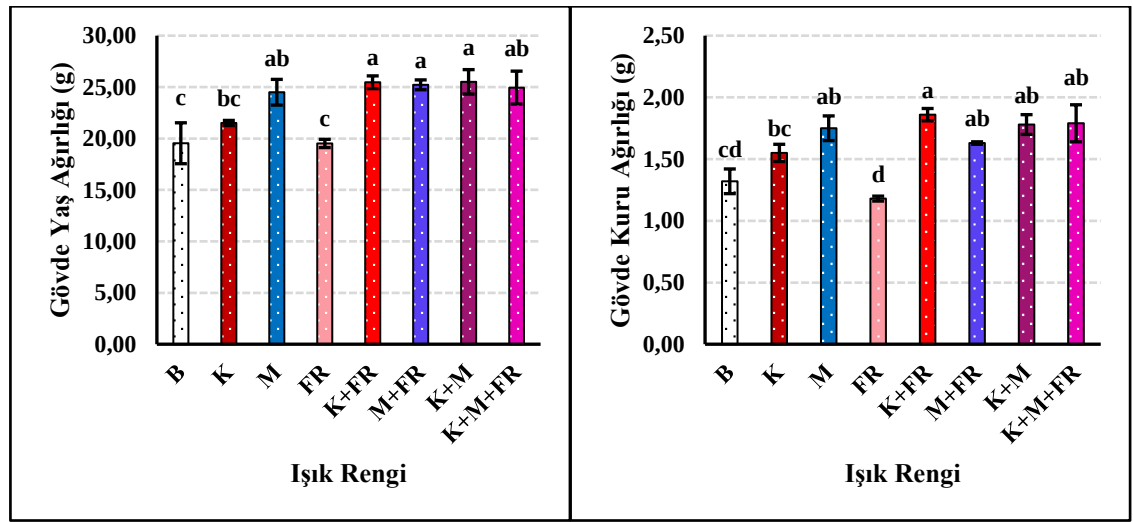
4.2.8 Gövde yaş ve kuru ağırlığı (g)

I. aşamada ışık uygulamalarının sera koşullarında gövde yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi istatistiki olarak önemli bulunmuştur (çizelge 4.93, şekil 4.73). Gövde yaş ağırlığı (g) açısından K+M, K+FR ve M+FR'den en yüksek değerler alınırken, FR ve B uygulamalarından en düşük değerler elde edilmiştir.

Çizelge 4.93 I. aşamada ışık uygulamalarının gövde yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi

Işık Rengi	Gövde Yaş Ağırlığı (g)	Gövde Kuru Ağırlığı (g)
B	19.54±1.99 c	1.32±0.10 cd
K	21.51±0.25 bc	1.55±0.07 bc
M	24.50±1.25 ab	1.75±0.10 ab
FR	19.52±0.40 c	1.18±0.02 d
K+FR	25.47±0.62 a	1.86±0.05 a
M+FR	25.22±0.48 a	1.63±0.01 ab
K+M	25.51±1.19 a	1.78±0.08 ab
K+M+FR	24.95±1.60 ab	1.79±0.15 ab

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.



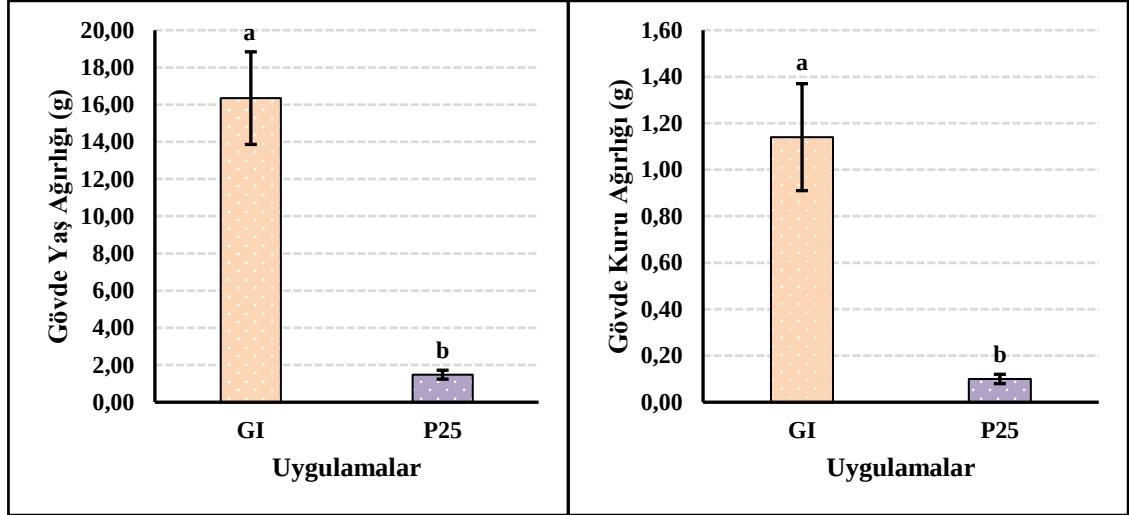
Şekil 4.73 I. aşamada ışık uygulamalarının gövde yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

I. aşamada GI ve P25 uygulamaları yapılan domates fidelerinin sera koşullarında gövde yaş ve kuru ağırlığı (g) değerleri istatistiki olarak etkili bulunmuştur (çizelge 4.94, şekil 4.74). GI uygulamasından en yüksek değerler elde edilmiştir.

Çizelge 4.94 I. aşamada GI ve P uygulamalarının gövde yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi

Uygulama	Gövde Yaş Ağırlığı (g)	Gövde Kuru Ağırlığı (g)
GI	16.35±2.49 a	1.14±0.23 a
P25	1.48±0.24 b	0.10±0.02 b

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.



Şekil 4.74 I. aşamada GI ve P uygulamalarının gövde yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

II. aşamada ışık uygulamalarının sera koşullarında etkisi gövde yaş ağırlığı (g) bakımından istatistiksel olarak incelendiğinde sadece ışık uygulaması önemli görülmüştür (çizelge 4.95, şekil 4.75). K, K+M ve M+FR'den en yüksek değerler elde edilirken, K+FR'den düşük sonuç alınmıştır.

Çizelge 4.95 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının gövde yaş ağırlığına (g) etkisi

Işık Rengi	Gövde Yaş Ağırlığı (g)		
	Işık Şiddeti ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)		
	200	300	Ort.
B	20.78	22.80	21.79 $\pm$ 0.66 ab
K	26.08	24.38	25.23 $\pm$ 1.03 a
M	21.09	23.51	22.30 $\pm$ 0.70 ab
FR	20.34	22.90	21.62 $\pm$ 1.22 ab
K+FR	19.08	20.41	19.74 $\pm$ 1.56 b
M+FR	24.56	23.11	23.84 $\pm$ 0.49 a
K+M	24.13	25.93	25.03 $\pm$ 0.59 a
K+M+FR	21.66	24.27	22.97 $\pm$ 1.79 ab
Ort.	22.22 $\pm$ 0.69	23.42 $\pm$ 0.53	

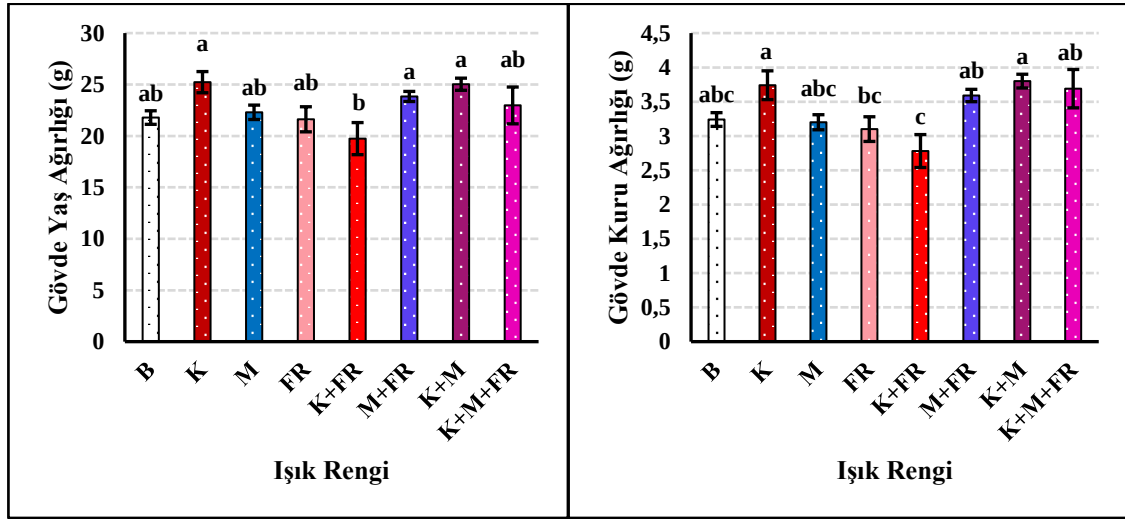
Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.

II. aşamada ışık uygulamalarının sera koşullarında gövde kuru ağırlığı (g) bakımından etkisi istatistiksel olarak incelendiğinde sadece ışık uygulaması önemli görülmüştür (çizelge 4.96, şekil 4.75). K+M ve K uygulamalarından en yüksek değerler elde edilirken, K+FR'den en düşük değer elde edilmiştir.

Çizelge 4.96 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının gövde kuru ağırlığına (g) etkisi

Işık Rengi	Gövde Kuru Ağırlığı (g)		
	Işık Şiddeti ($\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$)		
	200	300	Ort.
B	3.17	3.31	3.24±0.10 abc
K	3.84	3.64	3.74±0.21 a
M	3.05	3.35	3.20±0.11 abc
FR	2.98	3.23	3.10±0.18 bc
K+FR	2.68	2.88	2.78±0.24 c
M+FR	3.72	3.46	3.59±0.09 ab
K+M	3.65	3.94	3.80±0.10 a
K+M+FR	3.47	3.91	3.69±0.28 ab
Ort.	3.32±0.12	3.47±0.10	

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.



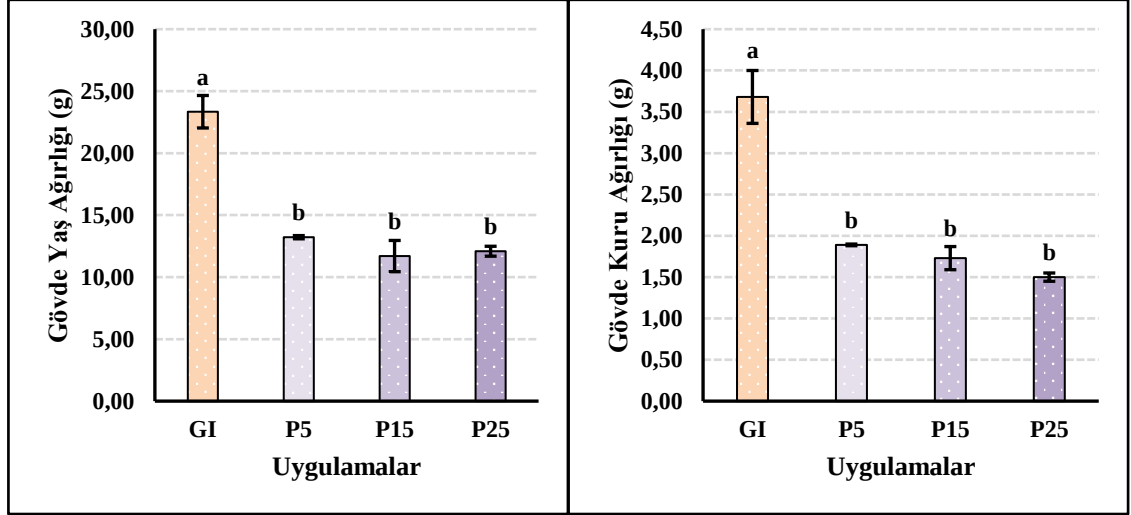
Şekil 4.75 II. aşamada ışık ve ışık şiddeti uygulamalarının gövde yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

II. aşamada GI ve P uygulamaları yapılan domates fidelerinin sera koşullarında gövde yaş ve kuru ağırlığı (g) değerlerine etkisi istatistiki açıdan önemli olmuştur (çizelge 4.97, şekil 4.76). GI uygulamasından en yüksek değerler elde edilmiştir.

Çizelge 4.97 II. aşamada GI ve P uygulamalarının gövde yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi

Uygulama	Gövde Yaş Ağırlığı (g)	Gövde Kuru Ağırlığı (g)
GI	23.34±1.31 a	3.68±0.32 a
P5	13.22±0.13 b	1.89±0.01 b
P15	11.70±1.26 b	1.73±0.14 b
P25	12.09±0.40 b	1.50±0.05 b

Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.



Şekil 4.76 II. aşamada GI ve P uygulamalarının gövde yaş ve kuru ağırlığına (g) etkisi (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklılıklar $p \leq 0.05$ düzeyinde önemlidir.)

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

5.1 Muhafaza Uygulamasından Sonra Yapılan Analizlerin Değerlendirilmesi

5.1.1 Sürgün yaş ve kuru ağırlığı (g)

Fitokrom, bitki büyümesi ve biyokütle üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Selüloz ve protein bitki biyokütlesinin ana bileşenlerini oluşturmaktadır (bitki biyokütlesinin %30-50'si selülozdan oluşmaktadır) (Davison vd. 2013). Hücre duvarı sentezini ve yeniden organizasyonunu kontrol eden genlerin ekspresyonunun tehlikeye girmesi durumunda fitokromlarda toplam protein seviyelerinin azalması söz konusudur. Bu bulgular, bitki biyokütlesinin ana bileşenlerini düzenleyen fitokromun etkinliğini göstermektedir (Yang vd. 2016). Kırmızı ışığın fitokromları aktive etmesi, çalışmada ki verilerle benzer şekilde daha yüksek sürgün yaş ağırlığı (g) elde edilmesine neden olmuştur. I. ve II. aşamalar arasında sürgün yaş ağırlığı (g) açısından FR ışık uygulamasında görülen farklılık ise, II. aşamada FR ışık uygulamasında daha fazla boy artışı görülmesinden kaynaklanmaktadır. Boy artışına bağlı olarak artan biyokütle ile sürgün yaş ağırlığında da artış görülmüştür. Uygulama yapılan her iki dönemde sera fide yetiştiriciliği sırasında görülen sıcaklık farklılıklarının buna sebep olduğu düşünülmektedir. Çünkü kırmızı ötesi ışığın aktif formu olan Pfr'nin, sıcaklığa bağlı olarak aktif olmayan Pr formuna geri dönebilmesi söz konusudur (Schäfer ve Schmidt 1974, Legris vd. 2016, Jung vd. 2016, Klose vd. 2020). Sürgün kuru ağırlığı (g) açısından veriler değerlendirildiğinde de sürgün yaş ağırlığına bağlı olarak kırmızı ışığın dahil olduğu uygulamalardan en yüksek sonuçlar elde edilmiştir.

Silva vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada, domates fidelerinde sürgün yaş ve kuru ağırlığının paclobutrazol (PBZ) uygulamasında azaldığı saptanmıştır. Çalışmamızda da benzer etkiyle sürgün yaş ve kuru ağırlığında PBZ uygulaması ile azalma gerçekleşmiştir.

5.1.2 Kök yaş ve kuru ağırlığı (g)

Işık kalitesi ve ekspansinler adı verilen hücre büyümesiyle ilgili proteinler, bitki büyümesinde ve gelişmesinde ki iki önemli faktördür. Kırmızı ötesi ışığın EXPA1'in düzenlenmesi üzerinde bir etkisi bulunmamaktadır. Dolayısıyla monokromatik kırmızı ötesi ışığın EXPA1 aracılı pozitif büyüme düzenlemesinde rol oynamaması beklenmektedir. Mavi ve kırmızı ışık ise kök biyokütlesini artırma eğilimindedir (Johkan vd. 2010, Ren vd. 2023). Çalışmada olduğu gibi kırmızı ötesi ışık uygulaması daha düşük kök yaş ve kuru ağırlığı elde edilmesine neden olurken, kırmızı ve mavi ışık kombinasyonu bu oranları artırmıştır.

Paclobutrazol'ün yaprağa uygulanması kök uzunluğunu azaltmaktadır (Shalaby vd. 2022). Yapılan bu çalışmada da kök uzunluğunda meydana gelen azalma sonucunda, PBZ uygulanan fidelerin kök yaş ve kuru ağırlığında da düşüş meydana gelmiştir.

5.1.3 Fide ve kök boyu (cm)

Bitkisel üretimde kırmızı ışığın kullanılması uzun boylu bitkiler elde edilmesine neden olmaktadır (Izzo vd. 2020). Fitokrom fotoreseptörleri, kırmızı ve kırmızı ötesi oranını algılamakta ve gövde uzamasını kontrol etmektedir. Gövde uzunluğunun Pfr/Ptotal'a tepkisi doğrusaldır, Pfr/Ptotal artışında ise gövde uzama hızı azalmaktadır. Yapılan çalışmada K+FR ışık kombinasyonunda bitki boyu farkı daha fazla olurken, tek ışık kaynağı olarak FR kullanıldığında Pfr/Ptotal artışına bağlı olarak bitki boyu farkı azalmıştır. Birçok çalışmada mavi ışığın gövde uzamasını inhibe edici bir etkisi bulunduğu ve bu sayede daha kompakt görünümde bitkiler elde edilebildiği bildirilmektedir (Dieleman vd. 2019). Ancak Hernández ve Kubota (2016) tarafından yapılan çalışmada, hıyar fidesinin büyüme oranının, tek ışık kaynağı olarak monokromatik mavi ışık kullanıldığında arttığı bulunmuştur. Benzer şekilde yapılan başka araştırmalarda da, monokromatik mavi ışık altında yetiştirilen bitkilerin daha uzun gövdeye sahip olduğu tespit edilmiştir (Nanya vd. 2012, Wollaeger ve Runkle, 2014, Kong vd. 2018). Kriptokromlar, mavi ışığı algılayan fotoreseptörlerdir. Arabidopsis mutantlarının analizinden şu ana kadar üç tip kriptokrom rapor edilmiştir. Bunlar CRY1,

CRY2 ve CRY3'tür. CRY1; mavi ve UVA (320-400 nm) ışıktaki bitkinin anormal derecede uzun hipokotillere sahip olmasına sebep olurken, kırmızı ve uzak kırmızı ışıktaki normal hipokotil uzunluğuna sahip olmasına sebep olmuştur. Bu çalışma ile uzun süreli mavi ışıkla indüklenen kriptokromların, hipokotil uzamasına neden olduğu tespit edilmiştir (Bhatla ve Lal 2023). Işığın bitki morfogenezindeki düzenleyici rolü karmaşık bir yapıya sahiptir (Fan vd. 2022, Park ve Jeong 2020). Yapılan bu çalışmada da mavi ışık ve M+FR kombinasyonunda fide boyu farkının yüksek olması diğer çalışmalar ile benzer özellik göstermektedir. Muthusamy vd. (2020) tarafından yapılan çalışmalarda ise, kırmızı ışığın domatestede gövde uzamasını teşvik ettiği ve belirli bir miktarda mavi ışığın eklenmesinin bu durumu tersine çevirebileceği bildirilmiştir Gerçekleştirilen bu çalışmada da kırmızı ışığa mavi ışık eklenerek oluşturulan kombinasyonlarda, bitki boyunda oluşan fark azalmıştır ve bildirilen çalışmalarla desteklenir sonuçlar elde edilmiştir.

Fide boyu farkı (cm) bakımından I. aşama verileri ile kıyaslandığında II. aşamada, FR uygulaması hariç diğer ışık uygulamalarının farkı azaltıcı etkileri olduğu görülmüştür. Fidelerin sera koşullarında yetiştirildiği dönemlerde sıcaklık ve PPFD değerlerinde farklılıklar bulunmaktadır. Bu durumun fidelerin muhafazası sırasında koşullar aynı olsa bile elde edilen verilerde farklılıklara yol açtığı düşünülmektedir. II. aşamada FR uygulamasında daha fazla boy artışı görülmüştür. Fotodönüşüme ek olarak Pfr, sıcaklığa bağlı olarak aktif olmayan Pr formuna geri dönebilmektedir. Bu sürece "termal dönüşüm" adı verilmektedir (Schäfer ve Schmidt 1974, Legris vd. 2016, Jung vd. 2016, Klose vd. 2020). Sıcaklık tipik olarak, Pfr'den Pr'ye termal dönüşüm oranının artmasına ve ardından hormonal sinyallemedeki değişiklikler nedeniyle artan yaprak/gövde uzamasına sebep olabilmektedir (Casal ve Balasubramanian 2019). Diğer ışık uygulamalarında ise boy fark değerinin düşmesinin nedeninin PPFD'ye bağlı olduğu düşünülmektedir. Utasi vd. (2023) tarafından da ışık yoğunluğu arttıkça bitki boyunun azaldığı belirtilmektedir.

Işık yalnızca bitki toprak üstü aksamındaki değişiklikleri modüle etmekle kalmaz, aynı zamanda bitki sürgünlerine nüfuz ederek toprak altı kök sisteminin büyümesini ve gelişmesini de etkiler (Lee vd. 2016). Uygulanan PPFD seviyesi birincil köklerin uzama hızını etkilemekte ve ikincil köklerin oranını artırmaktadır (Muller vd. 1998). Yüksek karbon varlığı altında hızlı büyüyen köklerin, düşük karbon varlığı altında yavaş büyüyen

köklere göre daha yüksek şeker konsantrasyonuna sahip olduğu yapılan çalışmalarda belirtilmektedir (Farrar ve Jones 1986, Bingham ve Stevenson 1993, Bingham vd. 1998). Büyüme bölgesindeki heksoz konsantrasyonu ile kök uzama hızı arasında sağlam bir ilişki bulunmaktadır. Hem PPFD'deki hem de dış şeker konsantrasyonundaki artış, kökün büyüme bölgesindeki heksoz ve sakkaroz konsantrasyonlarında artışa neden olmaktadır. Karbonda meydana gelen bu değişiklikler aynı zamanda kök uzama oranında da bir değişkenlik yaratmaktadır (Freixes vd. 2002). Fitokromların, kotiledondan üretilen sakkaroz yoluyla fide kök büyümesinin desteklenmesinde rol oynadığı ileri sürülmektedir (Kircher ve Schopfer, 2012). Ancak kırmızı ışık oranının yüksek seviyede artması kök gelişimini zayıflatmaktadır (Zhou vd. 2020). Bu nedenle kırmızı ve mavi kombinasyonlarının kullanılması kök gelişimini artırmak için daha etkin sonuçlar vermektedir. Yapılan bu çalışmada da PPFD oranının artışına bağlı olarak kırmızı ve mavi kombinasyonlarında kök gelişimi olumlu sonuç vermiştir. $300 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık şiddetinde K+FR'nin daha iyi sonuç vermesi ise düşük PPFD'ye kıyasla yüksek PPFD'de K+FR ışık uygulamasının karbon asimilasyonunda daha etkin olmasından kaynaklanmaktadır (Shibuya vd. 2010).

Triazol tipi bir bitki büyüme düzenleyicisi ve geciktiricisi olan paclobutrazol (PBZ), anti-gibberellinler olarak bilinmektedir. Paclobutrazol'ün yaprağa uygulanması genellikle hücre duvarının sertliğini artırarak ve hücre duvarı genişlemesini azaltarak sürgün ve kök uzunluğunu azaltmaktadır (Shalaby vd. 2022). Fide boyu açısından I. ve II. aşamada görülen farkın; I. aşamada fide muhafazasında serada yaşanan düşük sıcaklıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Yaşanan düşük sıcaklık koşullarından dolayı GI uygulamasında boy artışı düşük kalmıştır. Bu nedenle II. aşamada fidelerin daha kontrollü koşulların sağlanabildiği üretici sera koşullarında muhafazası gerçekleştirilmiştir. Üretici koşullarında ise fide boyu farkı bakımından PBZ'nin daha düşük, GI uygulamasının ise daha yüksek fide boyu farkı (cm) oluşturduğu gözlenmiştir. Benzer etki ile kök boyu bakımından da PBZ uygulamalarında GI uygulamasına göre nispeten daha düşük sonuçlar elde edilmiştir.

5.1.4 Gövde çapı (mm)

Hong vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada kırmızı ve mavi ışık kombinasyonunun domates fidelerinde gövde çapını artırdığı belirtilmiştir. Yapılan bu çalışmada da kırmızı ve mavi kombinasyonunda gövde çapının artışı gerçekleşmiştir. Kırmızı ötesi ışık ise tersine bir etki ile gövde çapı daha zayıf bitkiler elde edilmesine neden olmuştur.

Paclobutrazol uygulamalarında gövde çapının düşüş gösterdiği bildirilmektedir (del Carmen Moreno-Pérez vd. 2021). Ancak Sun vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada ise PBZ'nin domates fidelerine uygulanmasında daha fazla gövde kuvvetinin olduğu belirtilmektedir. Bu farkın araştırma koşullarındaki farklılıklardan kaynaklanabileceği bildirilmektedir (del Carmen Moreno-Pérez vd. 2021). Yapılan bu çalışmada da I. ve II. aşamada gövde çapı açısından farklılıkların görülmesinin nedeni sera muhafaza koşullarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

5.1.5 Yaprak sayısı ve alanı

Kong ve Nemali (2021) tarafından yapılan çalışmada; bitkilerde yüksek oranda kırmızı ışığın yaprak sayısını arttırdığı belirtilmektedir. Meng ve Runkle (2019) tarafından da kırmızı ötesi ışığın yaprak sayısında azalma meydana getirdiği rapor edilmiştir. Fotosentetik kapasite yaprak sayısı ve alanı ile ilişkilidir. Fotosentetik kapasite üzerinde mavi ışığın olumlu etkisinin, kırmızı ve mavi ışık kombinasyonları kullanıldığında daha düşük sonuçlara neden olabileceği bildirilmektedir (Matsuda vd. 2007, 2008). Bu durum yalnızca kırmızı ışığa maruz kalan bitkilerin, mavi ışıkla tersine çevrilebilecek bir spektral 'eksiklik' sendromuna maruz kalıp kalmadığı sorusunu gündeme getirmektedir (Hogewoning vd. 2010). Yapılan bu çalışmada da K ve M uygulamalarında daha fazla yaprak sayısı elde edilirken, K+M kominasyonunda daha düşük yaprak sayısı elde edilmesi bu durumu açıklamaktadır.

Kırmızı ışık (600-700 nm), yaprak alanı genişlemesini teşvik etme eğilimindedir (Izzo vd. 2021). Mavi ışık ise hücre bölünmesini ve genişlemesini engelleyerek, yaprak alanını

olumsuz etkilemektedir (Dougher ve Bugbee, 2004, Nanya vd. 2012). Kong ve Nemali (2021) tarafından yapılan bir çalışmada kırmızı ötesi ışığın eklenmesinin bitkilerin yaprak alanında azalmaya sebep olduğu bildirilmiştir. Ancak kırmızı ve kırmızı ötesi ışığa bitkiler tarafından verilen tepkiler radyasyon yoğunluğu ve dalga boyları ile karmaşık etkileşimleri içermektedir ve bu da potansiyel olarak kafa karıştırıcı sonuçlar doğurmaktadır (Park ve Runkle 2017). Elde edilen verilerde yaprak alanı bakımından 200 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ve 300 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık şiddetinde ters etki söz konusudur. Yapılan önceki çalışmalar K:FR ışık oranının, bitki büyümesi için PPFD'nin yeterli olduğu durumlarda hücrelerin genişlemesini teşvik etmekte ve yaprakların büyümesini sağladığını belirtmektedir. PPFD'nin düşük olduğu koşullarda ise yaprak genişlemesinin engellendiği bildirilmektedir. Çünkü bu durumda bitkideki karbon kaynağı hücre bölünmesi için yeterli olmamaktadır (Van Volkenburgh 1999, Carabelli vd. 2007, Patel vd. 2013). Bu durum FR ışığın yaprak büyümesi üzerindeki etkisinin arka planda PPFD'ye bağlı olduğunu göstermektedir. Zou vd. (2019) tarafından yapılan çalışmada FR ışık uygulamasının yaprak genişlemesini tetiklemesinin, hücre genişlemesindeki bir artıştan kaynaklanmış olabileceği bildirilmiştir. Bu durum PPFD'nin 200 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ olması durumunda gerçekleşmiştir. Bizim çalışmamızda kullanılan 300 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık şiddetinde ise FR uygulamasının yaprak alanını daha fazla artırmasının bu durumdan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Gibberellinler (GA'lar); tohum çimlenmesi, gövde uzaması, yaprak genişlemesi ve çiçeklenmenin uyarılması gibi birçok gelişimsel süreç için gerekli olan bitki hormonlarıdır (Desta ve Amare 2021). Triazol bileşikleri ise gibberellinlere ve oksinlere karşı antagonisttir, GA₃ biyosentezini inhibe ederek hücre uzamasını ve hücre bölünmesini azaltmaktadır (Hartmann vd. 2011). PBZ'nin büyümeyi geciktirici özelliği büyük ölçüde gibberellin biyosentezini inhibe etmesinden kaynaklanmaktadır. Yapılan bu çalışmada da yaprak alanı ve sayısında PBZ uygulaması ile meydana gelen düşüşün bu durumdan kaynaklandığı düşünülmektedir.

5.1.6 Renk (L*, a*, b*)

CIELAB renk parametrelerine göre; L* (açıklık, 0 = siyah ile 100 = beyaz arası), a* [yeşil (-60) ile kırmızı (+60) arası] ve b* [mavi (-60) ile sarı (+60) arası] değerleri renk ölçümünde kullanılmaktadır. Kroma ve hue değerleri ise bu parametreler ile hesaplanmaktadır (Orlando vd. 2022).

Kong ve Zheng (2019) tarafından yapılan çalışmada; hue (°) değeri bakımından K+M ışık uygulamasında sonuçlar daha yüksek bulunmuştur. Bu durumun K+M aydınlatmanın klorofil veya antosiyanin gibi bazı pigmentlerin sentezini artırarak gövde rengini desteklemesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. L değeri bakımından da K+M ışık uygulamasında hem kotiledonlarda hem de gövdede parlaklık azalması meydana gelmiştir. Bu durumun epidermal tüylerin veya olgun stomaların gelişmesinden kaynaklanabileceği belirtilmiştir. Eylands ve Mattson (2023) tarafından yapılan çalışmada da FR ışık uygulaması ile L değerinin arttığı, yaprak renginin daha açık olduğu belirtilmiştir. Daha düşük FR ışık uygulamalarında daha mavimsi bitkiler elde edildiği, artan FR radyasyonu ile bitkilerde sararma etkisi saptanmıştır. Yapılan bu çalışmada da K+M ışık uygulamasından yüksek hue (°) ve düşük L değerinin bulunması ile benzer sonuçlar elde edilmiştir. Kroma değeri ise rengin canlılık oranını gösterdiği için hue (°) değerinde görülen artışa oranla K ve M kombinasyonlarının kroma değeri daha düşük bulunmuştur.

Bitki büyüme düzenleyicileri, antosiyanin sentezini ve flavonoidlerde yer alan ilgili genlerin ekspresyonu veya baskılanması yoluyla rengi etkileyebilmektedir (Sangeetha Priya vd. 2020). Banon vd. (2002) tarafından da paclobutrazol'ün hue (°) değerini azalttığı belirtilmiştir. Yapılan bu çalışmada da PBZ uygulamasında hue (°) değerinde azalma görülmüştür. Hue (°) değerinde görülen bu azalmaya karşılık bitkinin parlaklığını gösteren L değerinde ise artış olmuştur. Kroma değeri açısından GI ve PBZ uygulamaları kıyaslandığında ise uygulamalar arasında ciddi bir değişim görülmemiştir.

5.1.7 Nisbi klorofil

Klorofil, ışık enerjisinin emilmesi, iletilmesi ve dönüştürülmesinde görev yapmaktadır. Klorofilin içeriği ve bileşimi, yaprağın fotosentetik kapasitesini doğrudan etkileyen bir faktördür (Tan vd. 2022). Kırmızı ötesi ışığın ($\lambda > 700$ nm), yapraklar tarafından zayıf emilimi ve düşük fotosentez verimi nedeniyle fotosenteze minimum düzeyde katkı sağladığı düşünülmektedir (McCree 1972a). Emerson ve Lewis (1943); 685 nm'nin üzerindeki dalga boylarında kuantum veriminde 'kırmızı düşüş' şeklinde keskin bir düşüşü tanımlamışlardır. 700 nm'deki kuantum veriminin 685 nm'dekinin yarısından az olduğu gözlemlenmiştir (Emerson ve Lewis 1943). Emerson ve arkadaşları daha sonra uzun ($\lambda > 685$ nm) ve kısa dalga boyundaki ışıkların eşzamanlı kullanılması ile fotosentetik hızın, iki ışığın ayrı ayrı uygulanmasından elde edilen oranlarının toplamından daha yüksek olduğunu bulmuşlardır (Emerson vd. 1957, Emerson ve Rabinowitch 1960, Myers 1971). Daha kısa dalga boylarında fotosentezin kuantum veriminin maksimum ve sabit olduğu varsayımıyla Emerson ve arkadaşları fotosentez üzerindeki bu sinerjistik etkiyi, daha kısa dalga boyları tarafından daha uzun dalga boyuna sahip ışığın kuantum veriminin arttırılmasına bağlamışlardır (Emerson vd. 1957, Emerson ve Rabinowitch 1960, Duysens ve Ames 1962, Myers ve Graham 1963). Ters etki, yani daha kısa dalga boyundaki ışığın kuantum veriminin kırmızı ötesi ışıkla arttırılması ise mümkün görülmemiştir (McCree 1972b).

Kırmızı ötesi ışık altında fotosentezin düşük kuantum veriminin, fotokimyasal reaksiyonları gerçekleştirmek için seri olarak çalışan iki fotosistemin (PSI ve PSII) dengesiz uyarılmasından kaynaklandığı bildirilmektedir (Hill ve Bendall 1960, Duysens ve Ames 1962, Myers 1971). Optimal verimliliği elde etmek için (PSII'den PSI'e ve sonuçta ferredoksine elektron taşınması), iki fotosistemin ışık tarafından eşit şekilde uyarılması ve eşleşen oranlarda çalışması gerekmektedir (Duysens ve Ames 1962, Myers 1971). Kırmızı ötesi ışık ise PSI'i uyarırken, daha kısa dalga boyları (yaklaşık 400-670 nm) genellikle PSII'yi PSI'den daha fazla uyarmaktadır (Evans 1987, Hogewoning vd. 2012). PSI, daha kısa dalga boyundaki ışık altında PSII'ye göre daha az uyarılma eğiliminde olduğundan, genel fotokimya oranını ve ardından CO₂ asimilasyonunu sınırlamaktadır. Daha kısa dalga boyundaki ışık, PSI'i uyaran kırmızı ötesi ışıkla

desteklendiğinde, iki fotosistem arasındaki uyarılma dengesi yeniden sağlanabilmektedir. Bu, fotokimyayı ve fotosentezi sinerjik olarak artırabilmeye sebep olabilmektedir (Zhen ve van Iersel 2017). Yapılan bu çalışmadaki ışık uygulamalarında görülen değişimin bu nedenler ile kaynaklandığı düşünülmektedir.

Mavi ışığın genel olarak K/a oluşumunda faydalı olduğu düşünülmektedir. Mavi ışıkta daha yüksek K/a oranı görülürken, kırmızı ışıkta ise daha düşük K/a oranı gözlenmektedir (Rivkin vd. 1989, Marsac ve Houmard 1993). Mavi ışık, klorofil sentezini düzenleyen gen ekspresyonunu iyileştirebilir (Wang vd. 2009) ve klorofil sentezini destekler (Poudel vd. 2008; Kurilcik vd. 2008). Arabidopsis'te kloroplastların nispeten düşük yoğunluklu mavi ışığa doğru hareket ettiği (kloroplast birikimi) ancak kloroplastlarda fotohasara neden olabilecek yüksek yoğunluklu mavi ışıktan uzaklaştığı (kloroplasttan kaçınma) Kagawa ve Wada (1999, 2000) tarafından ortaya konulmuştur. Yapılan bu çalışmada da farklı PPFD yoğunluklarında M ışıkta görülen farklılığın bu nedenden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Klorofil konsantrasyonları, hücrel metabolik durumun hassas göstergeleri olarak kullanılmaktadır. Stres koşulları altında PBZ'nin klorofil içeriğini artırıcı etkisi bulunabilmektedir (Soumya vd. 2017). Ancak fotosentetik pigmentlerdeki azalmanın fide büyümesinin azalmasıyla da yüksek oranda ilişkisi bulunmaktadır (Khunpon vd. 2017). Yapılan bu çalışmada da her iki dönemde fide boyunda görülen azalıştan kaynaklı olarak nisbi klorofil içeriğinin azaldığı düşünülmektedir.

5.1.8 SÇKM (%)

Meyve şekerinin taşınmasını ve metabolizmasını düzenleyen anahtar genler FR radyasyonunu algılayan fitokromlarla ilişkilidir (Kocal vd. 2008). Kim ve Son (2022) tarafından yapılan çalışmada K+M ve K+M+FR ışık altında SÇKM (%) oranının daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Ana çözünebilir şekerlerde FR ışığına yanıt olarak phyA'ya bağlı bir şekilde azalış göstermiştir (Jumtee vd. 2008). Fidelerde yapılan çalışmalarda fitokromun karbon metabolizmasının kritik yönlerini kontrol ettiği giderek daha açık bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Arabidopsis fidelerinde, tohum yağı rezervlerinin harekete

geçirilmesi için fitokrom gereklidir (Kozuka vd. 2020). Ayrıca fitokromların hipokotilin sukroz teşvikinde düzenleyici işlevlere sahip olduğu bulunmuştur (Stewart vd. 2011, Lilley-Steward vd. 2012). Fitokromların, kotiledondan üretilen sakkaroz yoluyla fide kök büyümesinin desteklenmesinde rol oynadığı da ileri sürülmektedir (Kircher ve Schopfer, 2012). Brassica fidelerinde yapılan çalışmada düşük R:FR koşullarına yanıt olarak kotiledonlardan hipokotile asimile edilen karbon oranının iki katına çıktığı belirtilmektedir (de Wit vd. 2018). Bu nedenle fidelerde bulunan fitokromlar yalnızca değişen moleküler sinyaller için değil aynı zamanda karbon kaynağı yönetiminin yeniden programlanması için de gereklidir. Yapılan bu çalışmada da kırmızı ışığın olduğu ışık uygulamalarında yüksek SÇKM oranı görülmüştür.

Fitokromlar iki tersinir izomerik form olan Pr ve Pfr olarak bulunmaktadır. Kırmızı ışık Pr'nin aktif Pfr formuna fotodönüşümünü indüklerken, kırmızı ötesi ışık Pfr'yi tekrar aktif olmayan Pr'ye çevirmektedir. Pfr'nin ışıktan bağımsız olarak aktif olmayan Pr'ye dönüşmesi termal tersine çevirme olarak bilinen bir süreç yoluyla da gerçekleşebilmektedir (Krahmer vd. 2021). Fitokrom yanıtları PPFD'ye bağlıdır. Çünkü termal dönüşüm (Pfr'nin ışıktan bağımsız olarak Pr'ye dönüşümü), düşük foton akımlarında fitokrom dinamiklerini önemli ölçüde etkilemektedir (Sellaro vd. 2019). Ayrıca FR'ye yanıt olarak hormonal sinyaller, düşük ve yüksek PPFD'de farklı ifade modellerine sahip olabilmektedir (Hersch vd. 2014). Bu nedenle 300 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık şiddetinde FR ışık uygulamasında yüksek SÇKM bulunduğu düşünülmektedir.

PBZ'nin suda çözünür kuru madde içeriğini azalttığı belirtilmektedir (Lolaei vd. 2012). Ancak yapılan bazı çalışmalarda da PBZ uygulamasının suda çözünür kuru madde oranını artırdığı belirtilmektedir (Banoo vd. 2020). Bu durum çeşide bağlı olabildiği gibi bitki stres koşullarına bağlı olarak da değişim gösterebilmektedir. Yapılan bu çalışmada da I. aşamada PBZ uygulaması suda çözünür kuru madde oranını azaltırken, II. aşamada aradaki fark önemsiz görülmüştür. Bu durumun her iki dönem arasındaki sera muhafaza koşullarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

5.1.9 Toplam kuru ağırlık (g)

Fidenin toplam kuru ağırlığı, fide büyümesini temsil etmektedir (Gupta vd. 2012). Sürgün ve kök kuru ağırlığındaki artışla doğru orantılı olarak toplam kuru ağırlık değeri de benzer sonuçlar vermiştir. Her iki dönem verileri de kıyaslandığında K+M+FR kombinasyonu en iyi sonucu vermiştir.

Her iki dönemdeki gün ışığı ve PBZ uygulamaları incelendiğinde ise PBZ'nin gelişimi engelleyici etkisine bağlı olarak toplam kuru ağırlık miktarı da düşüş göstermiştir.

5.1.10 Sürgün / kök kuru ağırlık oranı

Kısıtlı ışık koşullarında köklerin büyümesi, toprak üstü kısımların büyümesine göre daha fazla azalmaktadır. Bu da kök/sürgün oranının azalmasına neden olmaktadır (Hébert vd. 2001). Kırmızı ışık oranının yüksek seviyede artması kök gelişimini zayıflatmaktadır (Zhou vd. 2020). Yapılan bu uygulamada da kırmızı ışık ile kök gelişiminin zayıflamasına bağlı olarak K uygulamasında sürgün/kök kuru ağırlık oranı yüksek çıkmıştır. Ancak optimum bitki gelişimi için sürgün ve kök kuru ağırlığının homojen dağılımı gereklidir. Uygulama sonuçları bu kapsamda değerlendirildiğinde K+M+FR uygulaması sürgün/kök kuru ağırlığı açısından daha iyi bulunmuştur.

Her iki dönemdeki gün ışığı ve PBZ uygulamaları sürgün/kök kuru ağırlık oranı açısından değerlendirildiğinde ise gün ışığı koşulları daha yüksek değere sahip olmuştur. PBZ uygulamalarında bitki gelişiminde görülen zayıflık ile birlikte bu oranda düşük kalmıştır.

5.1.11 Sağlamlık katsayısı

Fidelerin sağlamlık katsayısı genellikle 2,60-3,65 arasında değişmektedir. Sağlamlık katsayısının yükselmesi fidelerin etiolasyonu durumunu meydana getirebilmektedir (Silva vd. 2016). Yapılan bu uygulamada da FR uygulamasından en yüksek değerler elde edilmiştir. Fideler genel olarak daha cılız bir gelişim gösterdiği için etiolasyon durumu

ile sonuçlar uyumlu görülmüştür. Diğer ışık uygulamalarında da belirtilen değer aralığından daha yüksek sonuçlar elde edilmesine rağmen etiolasyon görülmemiştir.

GI ve PBZ uygulamaları değerlendirildiğinde ise, GI uygulamasından daha yüksek değerler elde edilmiştir. Bu uygulamada da etiolasyon gözlenmemiştir.

5.1.12 Dickson kalite indeksi (DQI)

Dickson kalite indeksi (DQI), fidelerin kalite ve performans özelliklerini değerlendirmek için kullanılmaktadır (Gao vd. 2021). Daha yüksek DQI değeri fidelerin hayatta kalma oranını arttırmaktadır. Yüksek DQI, bitkilerin araziye dikildiği zamanda daha kuvvetli gelişeceklerinin bir göstergesidir. DQI değeri 0,10'dan büyük veya bu sayıya eşit olursa fidelerin iyi olacağı belirtilmektedir (de Mello vd. 2016). Yapılan bu çalışmada da B, K ve K+M+FR ışık uygulamaları bu değere yakın olarak ümitvar sonuçlar doğurmuştur.

GI ve PBZ uygulamaları değerlendirildiğinde ise GI koşullarında; B, K ve K+M+FR uygulamalarına benzer sonuçlar elde edilmiştir.

5.1.13 Yaprak kütle alanı (g cm⁻²)

Yüksek yaprak kütle alanı, bitkilerin hızlı büyüme oranlarına ulaşmalarına neden olmaktadır (Poorter ve Rose 2005). Kong ve Nemali (2021) tarafından yapılan çalışmada; bitkilerde yüksek oranda kırmızı ışığın yaprak sayısını arttırdığı belirtilmektedir. Yapılan bu çalışmada da monokromatik kırmızı ışık uygulamasında yüksek yaprak kütle alanı bulunmuştur. Ancak bu parametre tek başına değil, diğer faktörler ile birlikte değerlendirilmelidir. Muhafaza sırasında kırmızı ışığın boy farkını artırmasından dolayı yaprak kütle alanı yüksek olmasına rağmen muhafaza açısından olumlu görülmemiştir.

Gün ışığı ve PBZ uygulamaları değerlendirildiğinde ise yaprak kütle alanı açısından önemli bir değişim görülmemiştir.

5.1.14 Bitki kompaktlık indeksi

Fidelerin, daha kısa gövde uzunluğu ve daha fazla bitki yoğunluğuna sahip olması arzu edilen bir özelliktir (Hernández vd. 2016). Yapılan ışık uygulamaları değerlendirildiğinde FR uygulaması hariç, diğer uygulamalar bitki kompaktlık indeksi açısından daha iyi bulunmuştur. Ancak tek bir parametrenin değerlendirilmesi yanıltıcı sonuç doğurabilir. Bu nedenle ışık uygulamalarındaki tüm parametreler bir arada değerlendirilmelidir. Bu kapsamda kırmızı ve mavi kombinasyonları tüm parametreler açısından değerlendirildiğinde bitki kompaktlık indeksi açısından da ümitvar görülmektedir.

Gün ışığı ve PBZ uygulamaları değerlendirildiğinde ise I. aşamada GI uygulamasından yüksek değer elde edilirken, II. aşamada PBZ uygulaması ile aralarındaki fark önemli bulunmamıştır. Bu durumun sera muhafaza koşullarında oluşan farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir.

5.1.15 Kloroz ve antosiyanin

Pham vd. (2019) tarafından domatestte yapılan çalışmada kırmızı ve mavi ışık kombinasyonunun yaprak klorozunu hafiflettiği belirtilmiştir. Yapılan bu çalışmada da kırmızı ve mavi kombinasyonunda daha düşük kloroz görülmüştür. Kırmızı ötesi ışığın yapraklar tarafından zayıf emilimi ve düşük fotosentez verimi nedeniyle fotosenteze minimum düzeyde katkı sağladığı belirtilmektedir (McCree 1972a). Bu nedenle FR ışık uygulamasında daha yüksek kloroz olduğu düşünülmektedir. Klorozun düşük olması K+M uygulaması yapılan domates fidelerinde antosiyanin gözleminin de daha yüksek yapılmasını sağlamıştır.

Gün ışığı ve PBZ uygulamaları değerlendirildiğinde ise gün ışığı koşullarında kloroz daha düşük, antosiyanin daha yüksek gözlenmiştir. PBZ'nin bitkiler üzerindeki gelişimi engelleyici özelliğinin bu farka neden olduğu düşünülmektedir.

5.1.16 Stoma sayısı (adet mm⁻²)

Stomalar, yaprağın iç kısmına doğru gaz difüzyonunu düzenlemektedirler (Warren 2008). Stoma gelişimi farklı dalga boylarından büyük ölçüde etkilenmektedir (Zheng ve Van Labeke 2017). Mavi ışık klorofil biyosentezinde ve stoma iletkenliğinde yer almaktadır (Heo vd. 2002, Urbonavičiūtė vd. 2007). Mavi ışığının stoma gelişiminde de oldukça büyük bir etkiye sahip olduğu bildirilmektedir (Boccalandro vd. 2012, Pillitteri ve Torii 2012). Yapılan bu çalışmada da mm²'de en fazla stoma sayısı mavi ışık uygulamasından elde edilmiştir. Gün ışığı ve PBZ uygulamaları açısından ise stoma sayısında bir fark görülmemiştir.

5.2 Fidelerin Dikiminden Sonra Yapılan Analizlerin Değerlendirilmesi

5.2.1 Bitki boyu (cm)

Kırmızı ve mavi ışığın maksimum kuantum verimine sahip olması nedeniyle fotosentezi yönlendirmede diğer dalga boylarından daha verimli olduğu yaygın olarak bilinmektedir (Zhang vd. 2022). Yapılan çalışmalarda kırmızı LED ışık kullanımının bitkilerde bitki kütlesini, gövde büyümesini ve yaprak yüzey alanını arttırdığı belirtilmektedir (Johkan vd. 2010, Li vd. 2012). Mavi LED ışıklar ise klorofil üretimi, stomaların açılması ve fotosentez gibi olaylardan sorumludur (Wang vd. 2015, 2016). Bitki biyokütlesi ve fotosentez oranındaki artışa bağlı olarak her iki aşama deneme içinde kırmızı ve mavi ışık kombinasyonlarının olduğu uygulamalarda sera bitki boyu daha yüksek bulunmuştur. Muhafazanın her iki aşamasında da kırmızı ve mavi kombinasyonlarında fide boyunun durması ve fide boyu farkının azalması durumu gözlenmiştir. Ancak fideler sera koşullarına alındığında hızlı bir boy artışı (cm) ile gelişimini artırmıştır. Fide muhafazası açısından bu sonuç K+M ışık kombinasyonlarının olumlu sonuçlar verebileceğini göstermektedir.

Bitki boyu açısından muhafaza uygulamalarında PBZ'nin boyu azaltıcı etkisi bulunmaktadır (Shalaby vd. 2022). Muhafaza uygulaması yapılan fidelerin dikiminden

sonra da bu etki geçmemiş ve daha düşük bir boy artışı saptanmıştır. Bu durum fide muhafazasında PBZ uygulaması yapılan fidelerin arazi performansında olumsuz etkisini göstermektedir.

5.2.2 Boğum sayısı (adet)

Kırmızı ötesi ışık boğumlar arası uzamayı artırırken; kırmızı ve mavi ışık inhibitör görevi görmektedir. Mavi ışığın engelleyici etkisi daha da büyüktür (Xu vd. 2021). Yapılan bu çalışmada da kırmızı ötesi ışık boğum aralarının daha fazla uzamasına neden olurken her iki dönemde de $200 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık şiddetinde boğum sayısının azalmasına neden olmuştur. II. aşamada mavi yerine, kırmızı ışığın boğum sayısını artırmasının o dönemde görülen yüksek PPFD'den kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca II. aşamada $300 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ışık şiddetinde kırmızı ötesi ışıkta boğum sayısında artış görülmüştür. Bu durumun fitokromların dalga boyu ve PPFD seviyelerine verdiği karmaşık tepkilerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Her iki dönemde kıyaslandığında K ve M kombinasyonları ile beyaz ışığın fide muhafazasında boylanmayı daha fazla kontrol etmesine rağmen, serada fide dikiminde boğum sayısını (adet) artırdığı görülmektedir.

PBZ uygulaması ile gibberellin biyosentezinin inhibisyonu yoluyla boğum arası da kısalmaktadır. Sonuç olarak daha kısa boylu bitkilerde daha az boğum arası oluşmaktadır (Desta ve Amare 2021). Yapılan bu çalışmada da PBZ muhafaza uygulaması yapılan fidelerin, arazi koşullarında boğum sayıları daha düşük kalmıştır.

5.2.3 Çiçek sayısı (adet)

Çiçeklenmede fotoperiyodik etki, kırmızı ve kırmızı ötesi ışıkların yapraklarda algılanması ile başlamaktadır. Bu durum hem sirkadiyen saat aracılığıyla oluşmakta hem de fotoreseptörlerin aracılık ettiği çiçek sistemini etkilemektedir. CO, yaprak damar demetlerinde florijen geni indüklemektedir (Suárez-López vd. 2001, An vd. 2004). Florijen geni, yapraklardan tepe noktasına doğru hareket ederek burada çiçeklenme lokusu ile etkileşime girmektedir (Abe vd. 2005, Corbesier vd. 2007). Arabidopsis'te

yapılan çalışmada PHYB ve PHYA, kırmızı ve kırmızı ötesi ışıklar altında çiçeklenmeyi kontrol eden başlıca fotoreseptörlerdir (Mockler vd. 2003). Yapılan diğer çalışmalarda da kırmızı ve mavi ışığın farklı oranının çiçeklenme ve meyve kalitesi üzerinde önemli etkileri olduğu görülmektedir (Fan vd. 2021). Yapılan bu çalışmada da K ve M kombinasyonlarında muhafaza sırasında boy farkı düşük görülmesine rağmen fidelerin serada dikimi sonucunda çiçeklenme sayısında (adet) artış meydana gelmiştir. Bu durum fideleri muhafaza etmek açısından K ve M'nin kombinasyonlarının olumlu sonuç verdiğini göstermektedir.

PBZ'nin uygulama yapıldığı fidelerde çiçekler ve çiçek tomurcukları PBZ ile doğrudan temas halinde olduğu için çiçeklenmenin gecikmesi söz konusu olmaktadır (Million vd. 1999, Desta ve Amare 2021). Ancak bazı durumlarda çiçeklenmenin teşviki de görülebilmektedir (Yeshitela vd. 2004). Yapılan bu çalışmada I. aşamada çiçek oluşumu görülmezken, II. aşamada çiçek oluşumu görülmüş ve GI uygulaması ile arasındaki fark önemsiz olmuştur. Bunun nedeninin her iki dönem arasında fide dikimi sırasında görülen sıcaklık farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

5.2.4 Yaprak sayısı (adet)

Kırmızı ötesi ışık uygulamasına yanıt olarak meydana gelen hormonal sinyaller, düşük ve yüksek PPFD'de farklı ifade durumlarına sahiptir (Hersch vd. 2014). Kırmızı ötesi ve PPFD'nin yaprak gelişimi açısından etkileşime girmesi, yüksek ve düşük PPFD'de zıt tepkiler gösterebilmektedir. Yapılan bu çalışmada da kırmızı ötesi ışık uygulaması PPFD değişimine bağlı olarak zıt tepkiler meydana getirmiştir. Yaprak sayısı (adet) bakımından denemenin her iki aşamasında ise kırmızı ve mavi kombinasyonları olumlu sonuç vermiştir. Fide muhafazası açısından bu renk kombinasyonlarında iyi sonuç alınması ve bitkilerin dikiminden sonra yaprak sayısını hızlandırarak artırması olumlu görülmüştür.

PBZ uygulamasının bitki gelişimini engellediği yapılan çalışmalarda belirtilmektedir (Hartmann vd. 2011). PBZ ile muhafaza uygulaması yapılan fidelerin seraya dikimi sonrasında da yaprak sayısı düşük kalmıştır.

5.2.5 Gövde çapı (mm)

Işık uygulamalarında gövde çapındaki azalma, hipokotilin daha hızlı büyümesinden kaynaklanabilmektedir (Folta 2004). Yapılan bu çalışmada da fidelerin seraya dikilmesinden sonra fide boyunda görülen hızlı artış ile gövde çapının gelişimi etkilenmiş olabilir. Her iki dönemde de kırmızı ve mavi ışık kombinasyonları gövde çapı (mm) açısından ümitvar görülmüştür.

PBZ uygulamaları yapılan fidelerde bazı çalışmalarda gövde çapında düşüş görülürken (del Carmen Moreno-Pérez vd. 2021), bazı çalışmalarda artış görülmüştür (Sun vd. 2010). Bu farkın araştırma koşullarındaki farklılıklardan kaynaklanabileceği bildirilmektedir (del Carmen Moreno-Pérez vd. 2021). Bu çalışmada ise PBZ uygulaması yapılan fidelerde gövde çapı bakımından arazi koşullarında önemli bir fark görülmemiştir.

5.2.6 Yaprak yaş ve kuru ağırlığı (g)

Monokromatik kırmızı ve mavi ışığın normal bitki büyüme gereksinimlerini karşılamadığı ve iki ışıktan birinin yokluğunun fotosentetik verimsizlikler yarattığı yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (Hogewoning vd. 2010, Li vd. 2020). Çeşitli çalışmalar, kırmızı ve mavi ışık karışımının bitki gelişimini iyileştiren etkili bir aydınlatma kaynağı olduğunu göstermektedir. Uygun oranda kırmızı ve mavi ışığın domates, hıyar ve biberde fotosentezi ve bitki büyümesini hızlandırdığı bulunmuştur (Li vd. 2017, Naznin vd. 2019, Li vd. 2020). Yapılan bu çalışmada da yaprak yaş ve kuru ağırlığı (g), kırmızı ve mavi ışık kombinasyonlarında artan bitki büyümesine bağlı olarak artış göstermiştir.

Triazol bileşiklerinden olan PBZ'ler gibberellin ve oksinlere karşı antagonisttir. GA₃ biyosentezini inhibe ederek hücre uzamasını ve hücre bölünmesini azaltmaktadır (Hartmann vd. 2011). Yapılan bu çalışmada PBZ uygulaması ile yaprak alanında meydana gelen düşüş, arazi koşullarında da fidelerin yaprak yaş ve kuru ağırlığının daha düşük kalmasına neden olmuştur.

5.2.7 Gövde yaş ve kuru ağırlığı (g)

Uygun oranda kırmızı ve mavi ışık bitki büyümesini hızlandırmaktadır (Li vd. 2020). Bitki büyümesinde meydana gelen bu artış, gövde yaş ve kuru ağırlığında da artışa neden olmaktadır. Yapılan bu çalışmada da kırmızı ve mavi kombinasyonlarında gövde yaş ve kuru ağırlığı (g) yüksek bulunmuştur.

PBZ uygulamasında yapılan çalışmalarda sürgün yaş ve kuru ağırlığının azaldığı saptanmıştır (Silva vd. 2020). Yapılan bu çalışmada da PBZ muhafaza uygulaması yapılan fidelerde, arazi koşullarında gövde yaş ve kuru ağırlığı düşük kalmıştır.

Genel olarak ışık ve ışık şiddeti ile gün ışığı ve paclobutrazol uygulamaları tüm parametreler bakımından fide muhafazası açısından değerlendirildiğinde:

- Gün ışığı ve paclobutrazol (PBZ) uygulamaları açısından; PBZ uygulamalarında fide muhafazası açısından düşük sonuçlar elde edilmiştir. Bu durum olumlu olarak görülmesine rağmen, fidelerin seraya dikilmesi sürecinde bitkilerin zayıf gelişim gösterdiği görülmüştür. Hem evre ve sağlık yönünden hem de bitki arazi performansını olumsuz etkilemesinden dolayı yaygın kullanılmasına rağmen PBZ uygulamalarında dikkatli ve kısıtlı uygulamaları nerebilmekteyiz.
- Kırmızı tesi ışığın sıcaklık ve PPFD değişimlerine bağlı olarak farklı sonuçlar meydana getirebileceği yapılan bu çalışmada net olarak görülmüştür. Ayrıca birçok parametre bakımından da daha düşük sonuca sahip olması kırmızı ötesi ışığın muhafaza açısından uygun olmadığını göstermektedir. Fidelerin sera performansı değerlendirildiğinde de birçok parametre bakımından kırmızı ötesi ışık uygulaması düşük sonuçlara sahip olmuştur.
- Monokromatik kırmızı ve mavi ışığın kullanılması fide muhafazası açısından yeterli görülmemiştir. Bu nedenle bu ışıkların tek başına kullanılmak yerine kombinasyonunun daha uygun olacağı sonucuna ulaşılmıştır. Fide muhafazası açısından tüm parametreler incelendiğinde K+M ve K+M+FR ışık kombinasyonlarının daha iyi değerler verdiği ortaya çıkarılmıştır. Bu ışık

uygulamalarında fide boyu farkı düşük kalırken, fidelerin sera performans değerleri daha yüksek bulunmuştur.

- Yapılan çalışma sonucunda; K+M ve K+M+FR ışık uygulamalarının paclobutrazol uygulaması yerine kullanılabilek bir yöntem olabileceği sonucuna ulaşılmıştır. LED ışık uygulamalarının hem çevreyle dost hem de kullanım ömrünün uzun olması, uygulama kolaylığı sağlaması paclobutrazol yerine iyi bir alternatif oluşturmaktadır.
- Işık kombinasyonları, ışık şiddeti ve PPFD değişimleri bitkilerde çok farklı fizyolojik yanıtlara neden olmaktadır. Çalışmanın sonuç verilerinden hareketle daha sonra yapılacak çalışmalarda bu kombinasyonların çeşitlendirilerek, farklı türlerde, daha hassas ışık reçeteleri oluşturarak ara ışık karışımlarında, farklı fide üretim dönemlerinde araştırılması büyük önem taşıyacaktır. Araştırma konusunda ışık ve bitki fizyolojisi ilişkisini ortaya koyan çok hızlı yeni araştırma sonuçları ortaya çıkmaktadır. Son 1-2 yılda ortaya çıkan araştırma sonuçlarını da değerlendirerek düzenlenecek, elde edilen verileri düşünerek yapılacak çalışmalarla bu konuda birçok benzer sorunu çözebilecek çevre dostu önemli amaç ve sonuçlara ulaşılabileceği öngörüsü oluşmuştur.

KAYNAKLAR

- Abe, M., Kobayashi, Y., Yamamoto, S., Daimon, Y., Yamaguchi, A., Ikeda, Y., Ichinoki, H., Notaguchi, M., Goto, K. ve Araki, T. 2005. FD, a bZIP Protein Mediating Signals from The Floral Pathway Integrator FT at The Shoot Apex. *Science*, 309, 1052-1056.
- Adhikary, A., Dash, P.K., Sajib, K. ve Mannan, Md.A. 2016. Yield Response of Tomato under Different Combination of Manures and Fertilizers. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science (IOSR-JAVS)*, 9(1), 6-16.
- An, H., Roussot, C., Suarez-López, P., Corbesier, L. ve Vincent, C. 2004. Constans Acts in The Phloem to Regulate a Systemic Signal That Induces Photoperiodic Flowering of Arabidopsis. *Development*, 131, 3615-3626.
- Anonim 2021. Web Sitesi: <http://www.fidebirlik.org.tr/wp-content/uploads/2021/02/fidebirlik-e-b%C3%BClten-say%C4%B1-35.pdf>. Erişim Tarihi: 06.02.2024.
- Anonim 2022. Web Sitesi: <http://www.fidebirlik.org.tr/wp-content/uploads/2022/03/E-B%C3%9CLTEN-%C5%9EBT-2022.pdf>. Erişim Tarihi: 08.02.2024.
- Anonim 2023. Web Sitesi: <http://www.fidebirlik.org.tr/uyelik/fidebirlikin-yillara-ve-illere-gore-uye-sayisi/>. Erişim Tarihi: 08.02.2024.
- Assmann, S.M. 1988. Enhancement of the Stomatal Response to Blue Light by Red Light, Reduced Intercellular Concentrations of CO₂, and Low Vapour Pressure Differences. *Plant Physiology*, 87, 226-231.
- Baninasab, B. 2009. Amelioration of Chilling Stress by Paclobutrazol in Watermelon Seedlings. *Scientia Horticulturae*, 121, 144-148.
- Baninasab, B. ve Ghobadi, C. 2011. Influence of Paclobutrazol and Application Methods on High-temperature Stress Injury in Cucumber Seedlings. *J Plant Growth Regul.*, 30, 213-219.
- Banoo, M., Sinha, B.K., Chand, G., Sharma, M.K., Rai, G.K., Gupta, M. ve Reena. 2020. Effect of Paclobutrazol and Partial Root Drying on Growth and Yield Attributes of Tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.*, 9(10), 2010-2021.
- Banon, S., Gonzalez, A., Cano, E.A., Franco, J.A. ve Fernandez, J.A. 2002. Growth, Development and Color Response of Potted *Dianthus Caryophyllus* cv. Mondriaan to Paclobutrazol Treatment. *Scientia Horticulturae*, 94, 371-377.
- Bashir, R., Hussain, I., Rasheed, R., Anwar, S., Awais, M. ve Hassan, S. 2021. Seed Invigoration with Paclobutrazol Improves Seedling Growth, Physiological, Biochemical Attributes and Fruit Yield in Okra. *International Journal Of Agriculture and Biology*, 26, 277-286.
- Bhatla, S.C. ve Lal, M.A. 2023. Light Perception and Transduction. *Plant Physiology, Development and Metabolism*, 363-390.
- Bingham, I.J., Blackwood, J.M. ve Stevenson, E.A. 1998. Relationship Between Tissue Sugar Content, Phloem Import and Lateral Root Initiation in Wheat. *Physiologia Plantarum*, 103, 107-113.

- Bingham, I.J. ve Stevenson, E.A. 1993. Control of Root Growth: Effects of Carbohydrates on The Extension, Branching and Rate of Respiration of Different Fractions of Wheat Roots. *Physiologia Plantarum*, 88, 149-158.
- Brazaityte, A. ve Kasiuleviciute, A. 2013. The Effects of HPS Lamp Supplementation with Blue Light-Emitting Diodes on The Growth of Two Tomato Hybrid Transplants. *Rural Development*, 6(2), 49-53.
- Brewer, C.A. 1992. Responses by Stomata on Leaves to Microenvironmental Conditions. *Proceedings of the 13th Workshop/Conference of the Association for Biology Laboratory Education (ABLE)*, 67-77.
- Boccalandro, H.E., Giordano, C.V., Ploschuk, E.L., Piccoli, P.N., Bottini, R. ve Casal, J.J. 2012. Phototropins but not Cryptochromes Mediate the Blue Light-Specific Promotion of Stomatal Conductance, While Both Enhance Photosynthesis and Transpiration under Full Sunlight. *Plant Physiology*, 158, 1475-1484.
- Bourget, M.C. 2008. An Introduction to Light Emitting Diodes. *HortScience*, 43, 1944-1946.
- Carabelli, M., Possenti, M., Sessa, G., Ciolfi, A., Sassi, M., Morelli, G. ve Ruberti, I. 2007. Canopy Shade Causes a Rapid and Transient Arrest in Leaf Development Through Auxininduced Cytokinin Oxidase Activity. *Genes Dev.*, 21, 1863-1868.
- Carvalho, S.D. ve Folta, K.M. 2014. Sequential Light Programs Shape Kale (*Brassica napus*) Sprout Appearance and Alter Metabolic and Nutrient Content. *Horticulture Research*, 1, 1-13.
- Casal, J.J. ve Balasubramanian, S. 2019. Thermomorphogenesis. *Annual Review of Plant Biology*, 70, 321-346.
- Cázarez Flores, L.L., de Jesús Velázquez Alcaraz, T., Ruvalcaba, L.P., Valdés, T.D., Tafoya, F.A., Torres, N.D.Z. ve Juárez, M.G.Y. 2018. Paclobutrazol Applied on Cotyledonal Leaves and Quality of Cucumber, Squash, Melon and Watermelon Seedlings. *Agricultural Sciences*, 9, 264-271.
- Chen, D., Zhang, J., Zhang, B., Wang, Z., Xing, L., Zhang, H. ve Hu, J. 2022. Obtaining a Light Intensity Regulation Target Value Based on The Tomato Dry Weight Model. *Scientia Horticulturae*, 295, 110879.
- Chena, X.L., Guoa, W.Z., Xuea, X.Z., Wanga, L.C. ve Qiaoa, X.Z. 2014. Growth and Quality Responses of ‘Green Oak Leaf’ Lettuce as Affected by Monochromic or Mixed Radiation Provided by Fluorescent Lamp (FL) and Light-Emitting Diode (LED). *Scientia Horticulturae*, 172, 168-175.
- Comlekcioglu, N., Simsek, O., Boncuk, M. ve Aka-Kacar, Y. 2010. Genetic Characterization of Heat Tolerant Tomato (*Solanum lycopersicon*) Genotypes by SRAP and RAPD Markers. *Genetics and Molecular Research*, 9(4), 2263-2274.
- Corbesier, L., Vincent, C., Jang, S., Fornara, F., Fan Q., Searle, I., Giakountis, A., Farrona, S., Gissot, L., Turnbull, C. ve Coupland, G. 2007. FT Protein Movement Contributes to Long-Distance Signaling in Floral Induction of Arabidopsis. *Science*, 316, 1030-1033.
- Çakırer, G., Başak, H. ve Demir, K. 2017. LED Aydınlatma ve Önemi. *Tarım Türk-Seracılık*, Mart-Nisan, 64, 12-16.

- Çakırer, G. ve Demir, K. 2017. LED Aydınlatmanın Bitkilerin Besin Maddeleri Üzerine Etkileri. *Tarım ve Mühendislik*, 116-117, 4-8.
- Davies, K. 2004. *Plant Pigments and Their Manipulation*. Annual Plant Reviews, 14, Blackwell Publishing, Oxford, UK.
- Davison, B.H., Parks, J., Davis, M.F. ve Donohoe, B.S. 2013. Plant cell walls: Basics of structure, chemistry, accessibility and the influence on conversion. *Aqueous Pretreatment of Plant Biomass for Biological and Chemical Conversion to Fuels and Chemicals*, ed Wyman CE (Wiley, Chichester, UK), 23-38.
- Dayıoğlu, M.A. ve Silleli, H. 2012. Sera İçin Yapay Aydınlatma Sistemi Tasarımı: Günlük Işık İntegrali Yöntemi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 8(2), 233-240.
- de Mello, B.F.F.R., Trevisan, M.V. ve Steiner, F. 2016. Quality of Cucumber Seedlings Grown in Different Containers. *Revista de Agricultura Neotropical*, 3(1), 33-38.
- de Wit, M., George, G.M., Ince, Y.Ç., Dankwa-Egli, B., Hersch, M., Zeeman, S.C. ve Fankhauser, C. 2018. Changes in Resource Partitioning Between and Within Organs Support Growth Adjustment to Neighbor Proximity in Brassicaceae Seedlings. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 115.
- del Carmen Moreno-Pérez, E., del Catillo, F.S., Díaz, M.R. ve Magaña, E.C. 2021. Effect of Population Densities and Paclobutrazol Applications on Seedling Quality and Yield in Tomato. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 27(1), 5-17.
- Demir, K., Çakırer, G. ve Özkök, A. 2014. Ülkemizde Sebze Fidesi Üretiminin Durumu, Sorunları ve Çözüm Önerileri. *Tarım Gündem*, 20, 22-24.
- Demir, K., Sarıkamış, G., ve Çakırer Seyrek, G. (2023). Effect of LED Lights on the Growth, Nutritional Quality and Glucosinolate Content of Broccoli, Cabbage and Radish Microgreens. *Food Chemistry*, 401, 134088.
- Deng, M., Qian, H., Chen, L., Sun, B., Chang, J., Miao, H., Cai, C. ve Wang, Q. 2017. Influnce of Pre-harvest Red Light Irradiation on Main Phytochemicals and Antioxidant Activity of Chinese Kale Sprouts. *Food Chemistry*, 222, 1-5.
- Desta, B. ve Amare, G. 2021. Paclobutrazol as a Plant Growth Regulator. *Chem. Biol. Technol. Agric.*, 8, 1.
- Deveci, M. ve Bora, M. 2016. Biberin Farklı Vejetasyon Dönemlerinde Tuz Stresinin Meydana Getirdiği Morfolojik Değişikliklerin Belirlenmesi. *Bahçe, Cilt 45 (Sebzecilik-Bağcılık-Süs Bitkileri)*, 180-185, Yalova.
- Deveci, M. ve Uyan, B. 2011. Değişik Vejetasyon Dönemlerinde Farklı Su Kısıtlarının Ispanakta Meydana Getirdiği Bazı Fizyolojik ve Morfolojik Değişikliklerin Belirlenmesi. *Türkiye VI. Bahçe Bitkileri Kongresi, Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Cilt 2 (Bağcılık, Sebzecilik ve Süs Bitkileri)*, 285-291, Şanlıurfa.
- Dickson, A., Leaf, A.L. ve Hosner, J.F. 1960. Quality Appraisal of White Spruce and White Pine Seedling Stock in Nurseries. *Forestry Chronicle*, 36(1), 10-13.
- Dieleman, J.A., De Visser, P.H., Meinen, E., Grit, J.G. ve Dueck, T. 2019. Integrating Morphological and Physiological Responses of Tomato Plants to Light Quality to The Crop Level by 3D Modelling. *Front. Plant Sci.*, 10, 839.

- Doi, M., Shigenaga, A., Emi, T., Kinoshita, T. ve Shimazaki, K. 2004. A Transgene Encoding a Blue-Light Receptor, Phot1, Restores Blue Light Responses in The Arabidopsis Phot1 Phot2 Double Mutant. *Journal of Experimental Botany*, 55, 517-523.
- Dougher, T.A. ve Bugbee, B. 2004. Long-Term Blue Light Effects on The Histology of Lettuce and Soybean Leaves and Stems. *Journal of The American Society for Horticultural Science*, 129, 467-472.
- Duysens, L.N.M. ve Ames, J. 1962. Function and Identification of Two Photochemical Systems in Photosynthesis. *Biochim. Biophys. Acta*, 64, 243-260.
- Emerson, R., Chalmers, R. ve Cederstrand, C. 1957. Some Factors Influencing The Long-Wave Limit of Photosynthesis. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 43, 133-143.
- Emerson, R. ve Lewis, C.M. 1943. The Dependence of The Quantum Yield of Chlorella Photosynthesis on Wave Length of Light. *Am. J. Bot.*, 30, 165-178.
- Emerson, R. ve Rabinowitch, E. 1960. Red Drop and Role of Auxiliary Pigments in Photosynthesis. *Plant Physiol.*, 35, 477-485.
- Ermis, S., Ozden, E. ve Demir, I. 2015. Early Radicle Emergence Count after Controlled Deterioration (CD) Predicts Emergence Potential Better Than Final Standard Germination after CD in Tomato Varieties. *Seed Sci. & Technol.*, 43, 278-283.
- Evans, J.R. 1987. The Dependence of Quantum Yield on Wavelength and Growth Irradiance. *Aust. J. Plant Physiol.*, 14, 69-79.
- Eylands, N.J. ve Mattson, N.S. 2023. Influence of Far-Red Intensity During The Seedling Stage on Biomass Production and Photomorphogenic Characteristics in Leafy Greens Under Sole-Source Lighting. *Horticulturae*, 9, 1100.
- Fan, C., Manivannan, A. ve Wei, H., 2022. Light Quality-Mediated Influence of Morphogenesis in Micropropagated Horticultural Crops: A Comprehensive Overview. *Hindawi BioMed Research International*.
- Fan, X., Yang, Y. ve Xu, Z. 2021. Effects of Different Ratio of Red and Blue Light on Flowering and Fruiting of Tomato. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 705.
- Farrar, J.F. ve Jones, C.L. 1986. Modification of Respiration and Carbohydrate Status of Barley Roots by Selective Pruning. *New Phytologist*, 102, 513-521.
- Folta, K.M. 2004. Green Light Stimulates Early Stem Elongation, Antagonizing Light-Mediated Growth Inhibition. *Plant Physiology*, 135, 1407-1416.
- Folta, K.M. ve Childers, K.S. 2008. Light as a Growth Regulator: Controlling Plant Biology with Narrow-Bandwidth Solid-State Lighting Systems. *HortScience*, 43, 1957-1964.
- Freixes, S., Thibaud, M.C., Tardeieu, F. ve Muller, B. 2002. Root Elongation and Branching is Related to Local Hexose Concentration in Arabidopsis Thaliana Seedlings. *Plant, Cell and Environment*, 25, 1357-1366.
- Gao, S., Liu, X., Liu, Y., Cao, B., Chen, Z. ve Xu, K. 2021. Comparison of The Effects of LED Light Quality Combination on Growth and Nutrient Accumulation in Green Onion (*Allium fistulosum* L.). *Protoplasma*, 258, 753-763.

- Gerovac, J.R. ve Craver, J.K. 2016. Light Intensity and Quality from Sole-Source Light-Emitting Diodes Impact Growth, Morphology, and Nutrient Content of Brassica Microgreens. *HortScience*, 51(5), 497-503.
- Gilley, A. ve Fletcher, R.A. 1998. Gibberellin Antagonizes Paclobutrazol-induced Stress Protection in Wheat Seedlings. *J Plant Physiol.*, 153, 200-207.
- Gómez, C., Morrow, R.C., Bourget, C.M., Massa, G.D. ve Mitchell, C.A. 2013. Comparison of Intracanopy Light-emitting Diode Towers and Overhead High-pressure Sodium Lamps for Supplemental Lighting of Greenhouse-grown Tomatoes. *HortTechnology*, 23(1), 93-98.
- Gupta, M.K., Chandra, P., Samuel, D.V.K., Singh, B., Singh, A. ve Garg, M.K. 2012. Modeling of Tomato Seedling Growth in Greenhouse. *Agric. Res.*, 1(4), 362-369.
- Hartmann, A., Senning, M., Hedden, P., Sonnewald, U. ve Sonnewald, S. 2011. Reactivation of Meristem Activity and Sprout Growth in Potato Tubers Require Both Cytokinin and Gibberellin. *Plant Physiol.*, 155(2), 776-796.
- Hayat, H. ve Başak, H. 2021. Prohexadione-Calcium Uygulanmış Hıyar Fidelerine Dikim Öncesi Gibberellik Asit Uygulamalarının Bitki Gelişimi Üzerine Etkileri. *Akademik Ziraat Dergisi*, 10(2), 243-254.
- Hébert, Y., Guingo, E. ve Loudet, O. 2001. Crop Physiology & Metabolism. *Crop. Sci.*, 41, 363-371.
- Heo, J., Lee, C., Chakrabarty, D. ve Paek, K. 2002. Growth Responses of Marigold and Salvia Bedding Plants as Affected by Monochromic or Mixture Radiation Provided by a Light-Emitting Diode (LED). *Plant Growth Regul.*, 38 (3), 225-230.
- Hernández, R., Eguchi, T., Deveci, M. ve 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, 270-280.
- Hernández, R. ve Kubota, C. 2016. Physiological Responses of Cucumber Seedlings under Different Blue and Red Photon Flux Ratios Using LEDs. *Environmental and Experimental Botany*, 121, 66-74.
- Hersch, M., Lorrain, S., de Wit, M., Trevisan, M., Ljung, K., Bergmann, S. ve Fankhauser, C. 2014. Light Intensity Modulates The Regulatory Network of The Shade Avoidance Response in Arabidopsis. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 111, 6515-6520.
- Hill, R. ve Bendall, F. 1960. Function of The Two Cytochrome Components in Chloroplasts: a Working Hypothesis. *Nature*, 186, 136-137.
- Hoenecke, M.E., Bula, R.J. ve Tibbitts, T.W. 1992. Importance of 'Blue' Photon Levels for Lettuce Seedlings Grown under Red-Light-Emitting Diodes. *Hortscience*, 27(5), 427-430.
- Hogewoning, S.W., Trouwborst, G., Maljaars, H., Poorter, H., van Ieperen, W. ve Harbinson, J. 2010. Blue Light Dose-Responses of Leaf Photosynthesis, Morphology, and Chemical Composition of *Cucumis Sativus* Grown under Different Combinations of Red and Blue Light. *Journal of Experimental Botany*, 61(11), 3107-3117.

- Hogewoning, S.W., Wientjes, E., Douwstra, P., Trouwborst, G., van Ieperen, W., Croce, R. ve Harbinson, J. 2012. Photosynthetic Quantum Yield Dynamics: from Photosystems to Leaves. *Plant Cell*, 24, 1921-1935.
- Hong, W., Chunxia, Y., Ying, W. ve Weimin, Z. 2018. Effects of Different Combinations of Red and Blue Light on Morphology and Photosynthetic Characteristic of Tomato Seedlings. *Agricultural Biotechnology*, Cranston, 7(5).
- Hong, Y., Huang, H. ve Dai, S. 2015. An in Vivo Study of the Best Light Emitting Diode (LED) Systems for Cut Chrysanthemums. *Open Life Sciences*, 10, 310-321.
- Huala, E., Oeller, P.W., Liscum, E., Han, I.S., Larsen, E. ve Briggs, W.R. 1997. Arabidopsis NPH1: A Protein Kinase with a Putative Redox-Sensing Domain. *Science*, 278, 2120-2123.
- Iino, M., Ogawa, T. ve Zeiger, E. 1985. Kinetic Properties of The Blue Light Response of Stomata. *Proceedings of The National Academy of Sciences of The United States of America*, 82, 8019-8023.
- Izzo, L.G., Mele, B.H., Vitale, L., Vitale, E. ve Arena, C. 2020. The Role of Monochromatic Red and Blue Light in Tomato Early Photomorphogenesis and Photosynthetic Traits. *Environmental and Experimental Botany*, 179, 104195.
- Izzo, L.G., Mickens, M.A., Aronne, G. ve Gómez, C. 2021. Spectral Effects of Blue and Red Light on Growth, Anatomy, and Physiology of Lettuce. *Physiologia Plantarum*, 172, 2191-2202.
- Ji, Y., Mooren, J., Marcelis, L.F.M. ve Heuvelink, E. 2023. Phytochrome B1/B2 and Auxin Transport are Involved in The Regulation of Shoot: Root Ratio by Far-Red Radiation in Tomato. *Environmental and Experimental Botany*, 214, 105471.
- Johkan, M., Shoji, K., Goto, F., Hashida, S.N. ve Yoshihara, T. 2010. Blue Light-Emitting Diode Light Irradiation of Seedlings Improves Seedling Quality and Growth After Transplanting in Red Leaf Lettuce. *Hortscience*, 45(12), 1809-1814.
- Jumtee, K., Bamba, T., Okazawa, A., Fukusaki, E. ve Kobayashi, A. 2008. Integrated Metabolite and Gene Expression Profiling Revealing Phytochrome a Regulation of Polyamine Biosynthesis of *Arabidopsis thaliana*. *J. Exp. Bot.*, 59, 1187-1200.
- Jung, J.H., Domijan, M., Klose, C., Biswas, S., Ezer, D., Gao, M., Khattak, A.K., Box, M.S., Charoensawan, V., Cortijo, S., Kumar, M., Grant, A., Locke, J.C.W., Schäfer, E., Jaeger, K.E. ve Wigge, P.A. 2016. Phytochromes Function As Thermosensors In *Arabidopsis*. *Science*, 354, 886-889.
- Kagawa, T. ve Wada, M. 1999. Chloroplast-Avoidance Response Induced by High-Fluence Blue Light in Prothallial Cells of The Fern *Adiantum Capillusveneris* as Analyzed by Microbeam Irradiation. *Plant Physiol.*, 119, 917-923.
- Kagawa, T. ve Wada, M. 2000. Blue Light Induced Chloroplast Relocation in *Arabidopsis thaliana* as Analyzed by Microbeam Irradiation. *Plant Cell Physiol.*, 41, 84-93.
- Keskin, M., Setlek, P. ve Demir, S. 2017. Use of Color Measurement Systems in Food Science and Agriculture. *International Advanced Researches & Engineering Congress-2017*, 2350-2359, Osmaniye.

- Khalil, I.A. ve Rahman, H. 1995. Effect of Paclobutrazol on Growth, Chloroplast Pigments and Sterol Biosynthesis of Maize (*Zea mays* L.). *Plant Science*, 105, 15-21.
- Khan, W., Prithiviraj, B ve Smith, D.L. 2003. Photosynthetic Responses of Corn and Soybean to Foliar Application of Salicylates. *J. Plant Physiology*, 160, 485-492.
- Khunpon, B., Cha-um, S., Faiyue, B., Uthaibutra, J. ve Saengil, K. 2017. Influence of Paclobutrazol on Growth Performance, Photosynthetic Pigments, and Antioxidant Efficiency of Pathumthani 1 Rice Seedlings Grown under Salt Stress. *ScienceAsia*, 43, 70-81.
- Kim, D. ve Son, J.E. 2022. Adding Far-Red to Red, Blue Supplemental Light-Emitting Diode Interlighting Improved Sweet Pepper Yield but Attenuated Carotenoid Content. *Frontiers in Plant Science*, 13.
- Kim, H.J., Yang, T., Choi, S., Wang, Y.J., Lin, M.Y. ve Liceaga, A.M. 2020. Supplemental Intracanopy Far-Red Radiation to Red LED Light Improves Fruit Quality Attributes of Greenhouse Tomatoes. *Scientia Horticulturae*, 108985.
- Kinoshita, T., Doi, M., Suetsugu, N., Kagawa, T., Wada, M. ve Shimizaki, K.I. 2001. Phot1 and Phot2 Mediate Blue Light Regulation of Stomatal Opening. *Nature*, 414, 656-660.
- Kircher, S. ve Schopfer, P. 2012. Photosynthetic Sucrose Acts as Cotyledonderived Long-Distance Signal to Control Root Growth During Early Seedling Development in *Arabidopsis*. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA*, 109, 11217-11221.
- Klose, C., Nagy, F. ve Schäfer, E. 2020. Thermal Reversion of Plant Phytochromes. *Molecular Plant*, 13, 386-397.
- Kocal, N., Sonnewald, U. ve Sonnewald, S. 2008. Cell Wall-Bound Invertase Limits Sucrose Export and is Involved in Symptom Development and Inhibition of Photosynthesis During Compatible Interaction Between Tomato and *Xanthomonas campestris* P_v Vesicatoria. *Plant Physiol.*, 148, 1523-1536.
- Kochetova, G.V., Avercheva, O.V., Bassarskaya, E.M., Kushunina, M.A. ve Zhigalova, T.V. 2023. Effects of Red and Blue LED Light on the Growth and Photosynthesis of Barley (*Hordeum vulgare* L.) Seedlings. *Journal of Plant Growth Regulation*, 42, 1804-1820.
- Koç, C., Vatandaş, M. ve Koç, A.B. 2009. LED Aydınlatma Teknolojisi ve Tarımda Kullanımı. 25. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi, 01-03 Ekim, Isparta.
- Kong, Y. ve Nemali, K. 2021. Blue and Far-Red Light Affect Area and Number of Individual Leaves to Influence Vegetative Growth and Pigment Synthesis in Lettuce. *Frontiers in Plant Science*, 12.
- Kong, Y., Stasiak, M., Dixon, M.A. ve Zheng, Y. 2018. Blue Light Associated with Low Phytochrome Activity can Promote Elongation Growth as Shade-Avoidance Response: A Comparison with Red Light in Four Bedding Plant Species. *Environ. Exp. Bot.*, 155, 345-359.
- Kong, L., Wen, Y., Jiao, X., Liu, X. ve Xu, Z. 2021. Interactive Regulation of Light Quality and Temperature on Cherry Tomato Growth and Photosynthesis. *Environmental and Experimental Botany*, 182, 104326.

- Kong, Y. ve Zheng, Y. 2019. Variation of Phenotypic Responses to Lighting Using a Combination of Red and Blue Light-Emitting Diodes Versus Darkness in Seedlings of 18 Vegetable Genotypes. *Can. J. Plant Sci.*, 99, 159-172.
- Kozuka, T., Sawada, Y., Imai, H., Kanai, M., Hirai, M.Y., Mano, S., Uemura, M., Nishimura, M., Kusaba, M. ve Nagatani, A. 2020. Regulation of Sugar and Storage Oil Metabolism by Phytochrome during De-etiolation. *Plant Physiology*, 18, 1114-1129.
- Krahmer, J., Abbas, A., Mengin, V., Ishihara, H., Romanowski, A., Furniss, J.J., Moraes, T.A., Krohn, N., Anninziata, M.G., Feil, R., Alseekh, S., Obata, T., Fernie, A.R., Stitt, M. ve Halliday, K.J. 2021. Phytochromes Control Metabolic Flux, and Their Action at The Seedling Stage Determines Adult Plant Biomass. *Journal of Experimental Botany*, 72(8), 326-3278.
- Kurilcik, A., Canova, M.R., Dapkuniene, S., Zilinskaite, S. ve Kurilcik, G. 2008. In vitro Culture of Chrysanthemum Plantlets Using Light-Emitting Diodes. *Cent. Eur. J. Biol.* 2, 161-167
- Lee, M.J., Son, K.H. ve Oh, M.M. 2016. Increase in Biomass and Bioactive Compounds in Lettuce under Various Ratios of Red to Far-red LED Light Supplemented with Blue LED Light. *Hortic. Environ. Biotechnol.*, 57(2), 139-147.
- Legrís, M., Klose, C., Burgie, E.S., Rojas, C.C.R., Neme, M., Hiltbrunner, A., Wigge, P.A., Schäfer, E., Vierstra, R.D. ve Casal, J.J. 2016. Phytochrome B Integrates Light and Temperature Signals in Arabidopsis. *Science*, 354, 897-900.
- Li, H., Xu, Z., Liu, X. ve Han, X. 2012. Effects of Different Light Sources on The Growth of Non-Heading Chinese Cabbage (*Brassica campestris* L.). *J. Agric. Sci.*, 4, 262-273.
- Li, Y., Xin, G., Liu, C., Shi, Q., Yang, F. ve Wei, M. 2020. Effects of Red and Blue Light on Leaf Anatomy, CO₂ Assimilation and The Photosynthetic Electron Transport Capacity of Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.) Seedlings. *BMC Plant Biology*, 20, 318.
- Li, Y., Xin, G.F., Wei, M., Shi, Q.H., Yang, F.J. ve Wang, X.F. 2017. Carbohydrate Accumulation and Sucrose Metabolism Responses in Tomato Seedling Leaves When Subjected to Different Light Qualities. *Sci. Hortic.*, 225, 490-497.
- Li, Y., Wu, Z., Zhou, R., Liu, X., Hou, X., Han, M., Luo, G., Zhou, H. ve Jiang, F. 2023. Improving Tomato Yield, Quality and Antioxidant Capacity in Greenhouse by Far-Infrared Radiation. *Plant Stress*, 10, 100274.
- Lilley-Steward, J.L., Gee, C.W., Sairanen, I., Ljung, K. ve Nemhauser, J.L. 2012. An Endogenous Carbon-Sensing Pathway Triggers Increased Auxin Flux and Hypocotyl Elongation. *Plant Physiology*, 160, 2261-2270.
- Liu, H., Xu, Y., Wang, Y., Liu, C., Chen, J., Fan, S., Xie, L., Dong, Y., Chen, S., Zhou, W. ve Li, Y. 2022. Study on Endocrine Disruption Effect of Paclobutrazol and Uniconazole on The Thyroid of Male and Female Rats Based on Lipidomics. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 234, 113386.
- Lolaei, A., Kawiani, B., Raad, M.K., Rezaei, M.A. ve Maghsoudi, M. 2012. Effect of Paclobutrazol and Salinity on Vegetative and Sexual Growth and Fruit Quality of Strawberry (*Fragaria* × *Ananassa* Duch. cv. Selva). *Annals of Biological Research*, 3(10), 4663-4667.

- Maheshwari, C., Garg, N.K., Sing, A. ve Tyagi, A. 2023. Optimization of Paclobutrazol Dose for Mitigation of Water-Deficit Stress in Rice (*Oryza sativa* L.). *Biochemical Systematics and Ecology*, 107, 104596.
- Marsac, N.T. ve Houmard, J. 1993. Adaptation of Cyanobacteria to Environmental Stimuli: New Steps Towards Molecular Mechanisms. *FEMS Microbiol. Rev.*, 1, 119-189.
- Martínez-Zamora, L., Castillejo, N. ve Artés-Hernández, F. 2023. Effect of Postharvest Visible Spectrum LED Lighting on Quality and Bioactive Compounds of Tomatoes During Shelf Life. *LWT*, 174, 114420.
- Massa, G.D., Kim, H.H., Wheeler, R.M. ve Mitchell, C.A. 2008. Plant Productivity in Response to LED Lighting. *HortScience*, 43, 1951-1956.
- Matsuda, R., Ohashi-Kaneko, K., Fujiwara, K. ve Kurata, K. 2007. Analysis of The Relationship Between Blue-Light Photon Flux Density and The Photosynthetic Properties of Spinach (*Spinacia oleracea* L.) Leaves with Regard to The Acclimation of Photosynthesis to Growth Irradiance. *Soil Science and Plant Nutrition*, 53, 459-465.
- Matsuda, R., Ohashi-Kaneko, K., Fujiwara, K. ve Kurata, K. 2008. Effects of Blue Light Deficiency on Acclimation of Light Energy Partitioning in PSII and CO₂ Assimilation Capacity to High Irradiance in Spinach Leaves. *Plant and Cell Physiology*, 49, 664-670.
- McCree, K.J. 1972a. The Action Spectrum, Absorptance and Quantum Yield of Photosynthesis in Crop Plants. *Agric. Meteorol.*, 9, 191-216.
- McCree, K.J. 1972b. Significance of Enhancement for Calculation Based on The Action Spectrum for Photosynthesis. *Plant Physiol.*, 49, 704-706.
- Meng, Q. ve Runkle, E.S. 2019. Far-Red Radiation Interacts with Relative and Absolute Blue and Red Photon Flux Densities to Regulate Growth, Morphology, and Pigmentation of Lettuce and Basil Seedlings. *Scientia Horticulturae*, 255, 269-280.
- Million, J.B., Barrett, J.E., Nell, T.A. ve Clark, D.G. 1999. Paclobutrazol Distribution Following Application to Two Media as Determined by Bioassay. *HortSci.*, 34, 1099-1102.
- Mockler, T., Yang, H., Yu, X., Parikh, D., Cheng, Y., Dolan, S. ve Lin, C. 2003. Regulation of Photoperiodic Flowering by Arabidopsis Photoreceptors. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.*, 100, 2140-2145.
- Morrow, R.C. 2008. LED Lighting in Horticulture. *HortScience*, 43, 1947-1950.
- Muller, B., Stosser, M. ve Tardieu, F. 1998. Spatial Distributions of Tissue Expansion and Cell Division Rates are Related to Irradiance and to Sugar Content in The Growing Zone of Maize Roots. *Plant, Cell and Environment*, 21, 149-158.
- Muthusamy, M., Kim, J.A., Mi-Jeong, J. ve Lee, S.I. 2020. Blue and Red Light Upregulate a-Expansin 1 (EXPA1) in Transgenic Brassica Rapa and Its Overexpression Promotes Leaf and Root Growth in Arabidopsis. *Plant Growth Regul.*, 91, 75-87.
- Myers, J. 1971. Enhancement Studies in Photosynthesis. *Annu. Rev. Plant Physiol.*, 22, 289-312.
- Myers, J. ve Graham, J.R. 1963. Enhancement In Chlorella. *Plant Physiol*, 38, 105-116.
- Nanya, K., Ishigami, Y., Shoko, H. ve Goto, E. 2012. Effects of Blue and Red Light on Stem Elongation and Flowering of Tomato Seedlings. *Acta Hortic.*, 956, 261-266.

- Navarro, A., Jesús Sánchez-Blanco, M.J. ve Bañón, S. 2007. Influence of Paclobutrazol on Water Consumption and Plant Performance of *Arbutus Unedo* Seedlings. *ScienceDirect*, 111, 133-139.
- Naznin, M.T., Lefsrud ,M., Gravel, V. ve Azad M.O.K. 2019. Blue Light Added with Red LEDs Enhance Growth Characteristics, Pigments Content, and Antioxidant Capacity in Lettuce, Spinach, Kale, Basil, and Sweet Pepper in a Controlled Environment. *Plants (Basel)*.8(4), 93.
- Ogawa, T., Ishikawa, H., Shimada, K. ve Shibata, K. 1978. Synergistic Action of Red and Blue Light and Action Spectra for Malate Formation in Guard Cells of *Vicia faba* L. *Planta*, 142, 61-65.
- Orlando, M., Trivellini, A., Incrocci, L., Ferrante, A. ve Mensuali, A. 2022. The Inclusion of Green Light in a Red and Blue Light Background Impact The Growth and Functional Quality of Vegetable and Flower Microgreen Species. *Horticulturae*, 8, 217.
- Ouzounis, T., Frett, X., Rosenqvist, E. ve Ottosen, C.O. 2014. Spectral Effects of Supplementary Lighting on The Secondary Metabolites in Roses, Chrysanthemums, and Campanulas. *Journal of Plant Physiology*, 171, 1491-1499.
- Ouzounis, T., Rosenqvist, E. ve Ottosen, C.O. 2015. Spectral Effects of Artificial Light on Plant Physiology and Secondary Metabolism: A Review. *HortScience*, 50(8), 1128-1135.
- Park, Y. ve Runkle, E.S. 2017. Far-red Radiation Promotes Growth of Seedlings by Increasing Leaf Expansion and Whole-Plant Net Assimilation. *Environmental and Experimental Botany*, 136, 41-49.
- Park, Y.G. ve Jeong, B.R. 2020. How Supplementary or Night-Interrupting Low-Intensity Blue Light Affects the Flower Induction in Chrysanthemum, A Qualitative Short-Day Plant. *Plants*, 9(12), 1694.
- Pasian, C.C. ve Bennett, M.A. 2001. Paclobutrazol Soaked Marigold, Geranium, and Tomato Seeds Produce Short Seedlings. *HortScience*, 36(4), 721-723.
- Patel, D., Basu, M., Hayes, S., Majláth, I., Hetherington, F.M., Tschaplinski, T.J. ve Franklin, K.A. 2013. Temperature-Dependent Shade Avoidance Involves The Receptor-Like Kinase Erecta. *Plant J.*, 73, 980-992.
- Pham, M.D., Hwang, H., Park, S.W., Cui, M., Lee, H. ve Chum, C. 2019. Leaf Chlorosis, Epinasty, Carbohydrate Contents and Growth of Tomato Show Different Responses to The Red/Blue Wavelength Ratio under Continuous. *Plant Physiology and Biochemistry*, 477-486.
- Pillitteri, L.J. ve Torii, K.U. 2012. Mechanisms of Stomatal Development. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 63(1), 591-614.
- Poel, B.R. ve Runkle E.S. 2017. Seedling Growth is Similar under Supplemental Greenhouse Lighting from High-Pressure Sodium Lamps or Light-Emitting Diodes. *HortScience*, 52(3), 388-394.
- Poorter, L. ve Rose, S.A. 2005. Light-Dependent Changes in The Relationship Between Seed Mass and Seedling Traits: A Meta-Analysis for Rain Forest Tree Species. *Ecophysiology*, 142, 378-387.

- Poudel, P.R., Kataoka, I. ve Mochioka, R. 2008. Effect of Red-and Blue-Light-Emitting Diodes on Growth and Morphogenesis of Grapes. *Plant Cell Tiss. Org.*, 2,147-153.
- Randall, W.C. ve Lopez, R.G. 2015. Comparison of Bedding Plant Seedlings Grown under Sole-Source Light-Emitting Diodes (Leds) and Greenhouse Supplemental Lighting from Leds and High-Pressure Sodium Lamps. *Hortscience*, 50(5), 705-713.
- Ren, M., Liu, S., Tang, C., Mao, G., Gai, P., Guo, X., Zheng, H. ve Tang, Q. 2023. Photomorphogenesis and Photosynthetic Traits Changes in Rice Seedlings Responding to Red and Blue Light. *Int. J. Mol. Sci.*, 24, 11333.
- Rivkin, R.B. 1989. Influence of Irradiance and Spectral Quality on The Carbon Metabolism of Phytoplankton. I. Photosynthesis, Chemical Composition and Growth. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 55, 291-304.
- Roelfsema, M.R. ve Hedrich, R. 2005. In the Light of Stomatal Opening: New Insights into ‘The Watergate’. *New Phytology*, 167, 665-691.
- Sangeetha Priya, S., Bhatt, D.S., Bhatt, S.T. ve Chawla, S.L. 2020. Approaches for Modification of Flower Colour - A Review. *JETIR*, 7(4).
- Savvides, A., Fanourakis, D. ve Ieperen van, W. 2012. Co-ordination of Hydraulic and Stomatal Conductances Across Light Qualities in Cucumber Leaves. *Journal of Experimental Botany*, 63, 1135-1143.
- Schäfer, E. ve Schmidt, W. 1974. Temperature Dependence of Phytochrome Dark Reactions. *Planta*, 116, 257-266.
- Sellaro, R., Smith, R.W., Legris, M., Fleck, C. ve Casal, J.J. 2019. Phytochrome B Dynamics Departs from Photoequilibrium in The Field. *Plant Cell Environ.*, 42(2), 606-617.
- Seyhan, S., Seyhan, T.G., Silleli, H.H ve Yılmaz, H. 2022. Bitki Fabrikalarında Kontrol Edilen Parametreler Ve Kontrol Yöntemleri. *Dicle University Journal of Engineering*, 13(2), 153-159.
- Shalaby, T.A., Taha, N.A., Taher, D.I., Metwaly, M.M., El-Beltagi, H., Rezk, A.A., El-Ganainy, S.M., Shehata, W.F., El-Ramady, H.R. ve Bayoumi, Y.A. 2022. Paclobutrazol Improves the Quality of Tomato Seedlings to Be Resistant to *Alternaria solani* Blight Disease: Biochemical and Histological Perspectives. *Plants*, 11, 425.
- Shibuya, T., Endo, R., Kitamura, Y., Kitaya, Y. ve Hayashi, N. 2010. Potential Photosynthetic Advantages of Cucumber (*Cucumis sativus* L.) Seedlings Grown under Fluorescent Lamps with High Red:Far-red Light. *HortScience*, 45(4), 553–558.
- Shimazaki, K., Doi, M., Assmann, S.M. ve Kinoshita, T. 2007. Light Regulation of Stomatal Movement. *Annual Review of Plant Biology*, 58, 219-247.
- Si, C.C, Li, Y.J., Liu, H.J, Zhang, H.Y. ve Meng, Y.Y. 2023. Impact of Paclobutrazol on Storage Root Number and Yield of Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L.). *Field Crops Research*, 300, 109011.
- Silva, da E.M., Costa, da G.G.S., Andrade, A.F., Ferreira, H.C.P. ve Steiner, F. 2016. Light Spectral Quality on Production of Lettuce, Cucumber and Sweet Pepper Seedlings. *Scientia Agraria Paranaensis*, 15(4), 446-452.

- Silva, T.V., de Melo, H.C., de Abreu Tarazi, M.F., Junior, L.C.C., Canipos, L.F.C., dos Reis Nascimento, A. ve de Mores Catarino, A. 2020. Biostimulants Isolated or Integrated with Paclobutrazol as Tomato Development Triggering Factors. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 32(4), 255-262.
- Stewart, J.L., Maloof, J.N. ve Nemhauser, J.L. 2011. PIF Genes Mediate The Effect of Sucrose on Seedling Growth Dynamics. *PlosOne*, 6.
- Stutte, G.W., Edney, S. ve Skerritt, T. 2009. Photoregulation of Bioprotectant Content of Red Leaf Lettuce with Light-Emitting Diodes. *HortScience*, 44, 79-82.
- Son, K.H. ve Oh, M.M. 2015. Growth, Photosynthetic and Antioxidant Parameters of Two Lettuce Cultivars as Affected by Red, Green, and Blue Light-Emitting Diodes. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 56(5), 639-653.
- Soumya, P.R., Kumar, P. ve Pal, M. 2017. Paclobutrazol: A Novel Plant Growth Regulator and Multi-Stress Ameliorant. *Ind. J. Plant Physiol.*, 22(3), 267-278.
- Suárez-López, P., Wheatley, K., Robson, F., Onuchi, H., Valverde, F. ve Coupland, G. 2001. CONSTANS Mediates Between The Circadian Clock and The Control of Flowering in *Arabidopsis*. *Nature*, 410, 1116-1119.
- Sun, Y. W, Chen, J. J., Chang, W. N., Tseng, M. J., ve Wu, F. S. 2010. Irrigation with 5°C Water and Paclobutrazol Promotes Strong Seedling Growth in Tomato (*Solanum lycopersicon*). *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 85(4), 305-311.
- Şa, Z., Çilingir Tütüncü, A., Demirkaya, S. ve Özer, H. 2023. Organik ve Konvansiyonel Fide Yetiştiriciliğinin Domates Fidelerinin Kalitesi Üzerine Etkileri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 38 (3), 555-564.
- Tan, T., Li, S., Fan, Y., Wang, Z., Raza, M.A., Shafiq, I., Wang, B., Wu, X., Yong, T., Wang, X., Wu, Y., Yang, F. ve Yang, W. 2022. Far-Red Light: A Regulator of Plant Morphology and Photosynthetic Capacity. *The Crop Journal*, 10, 300-309.
- Trouwborst, G., Oosterkamp, J., Hogewoning, S.W., Harbinson, J. ve Ieperen van, W. 2010. The Responses of Light Interception, Photosynthesis and Fruit Yield of Cucumber to LED-Lighting within The Canopy. *Physiologia Plantarum*, 138, 289-300.
- Urbonavičiūtė, A., Pinho, P., Samuolienė, G., Duchovskis, P., Vitta, P., Stonkus, A., Tamulaitis, G., Žukauskas, A. ve Halonen, L. 2007. Effect of Short-Wavelength Light on Lettuce Growth and Nutritional Quality. *Sci. Work. Lithuan. Inst. Horticult. Lithuanian Univ. Agric.* 26(1), 157-165.
- Utasi, L., Kovacs, V., Gulyas, Z., Marcek, T., Janda, T. ve Eva, D. 2023. Threshold or not: Spectral Composition and Light-Intensity Dependence of Growth and Metabolism in Tomato Seedlings. *Scientia Horticulturae*, 313, 111946.
- Van Volkenburgh, E. 1999. Leaf Expansion-An Integrating Plant Behaviour. *Plant Cell Environ.*, 22, 1463-1473.
- Wang, H., Gu, M., Cui, J.X. ve Shi, K. 2009. Effects of Light Quality on CO₂ Assimilation, Chlorophyll-Fluorescence Quenching, Expression of Calvin Cycle Genes and Carbohydrate Accumulation in *Cucumis Sativus*. *J. Photochem. Photobiol. B.*, 96,30-37.

- Wang, J., Wei, L., Tong, Y. ve Yang, Q. 2016. Leaf Morphology, Photosynthetic Performance, Chlorophyll Fluorescence, Stomatal Development of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Exposed to Different Ratios of Red Light to Blue Light. *Front. Plant Sci.*, 7, 250.
- Wang, W.D., Chen, G.T., Hsu, H. ve Wu, C.Y. 2015. Aryl Hydrocarbon Receptor 2 Mediates The Toxicity of Paclobutrazol on the Digestive System of Zebrafish Embryos. *Aquatic Toxicology*, 159, 13-22.
- Wang, W.D., Wu, C.Y. ve Lonameo, B.K. 2019. Toxic Effects of Paclobutrazol on Developing Organs at Different Exposure Times in Zebrafish. *Toxics*, 7(62).
- Wang, X.Y., Xu, X.M. ve Cui, J. 2015. The Importance of Blue Light for Leaf Area Expansion, Development of Photosynthetic Apparatus, and Chloroplast Ultrastructure of *Cucumis sativus* Grown under Weak Light. *Photosynthetica*, 53, 213-222.
- Warren, C.R. 2008. Stand Aside Stomata, Another Actor Deserves Centre Stage: The Forgotten Role of The Internal Conductance to CO₂ Transfer. *J. Exp. Bot.*, 59, 1475-1487.
- Wassenaar, M.L.J., van Ieperen, W. ve Driever, S.M. 2022. Low Red to Far-Red Ratio Increases Resistance to CO₂ Diffusion and Reduces Photosynthetic Efficiency in Low Light Grown Tomato Plants. *Environmental and Experimental Botany*, 200, 104918.
- Wollaeger, H. ve Runkle, E.S. 2014. Growth of Impatiens, Petunia, Salvia, and Tomato Seedlings under Blue, Green, and Red Light-Emitting Diodes. *HortScience*, 49 (6), 734-740.
- Wollaeger, H.M. ve Runkle, E.S. 2015. Growth and Acclimation of Impatiens, Salvia, Petunia, and Tomato Seedlings to Blue and Red Light. *HortScience*, 50(4), 522-529.
- Xu, Y., Wang, C., Zhang, R., Ma, C., Dong, S. ve Gong, Z. 2021. The Relationship Between Internode Elongation of Soybean Stems and Spectral Distribution of Light in The Canopy under Different Plant Densities. *Plant Production Science*, 24(3), 326-338.
- Yang, D., Seaton, D.D., Krahmer, J. ve Haliday, K.J. 2016. Photoreceptor Effects on Plant Biomass, Resource Allocation, and Metabolic State. *PNAS*, 113(27), 7667-7672.
- Yeshitela, T., Robbertse, P.J. ve Stassen, P.J.C. 2004. Effects of Various Inductive Periods and Chemicals on Flowering and Vegetative Growth of 'Tommy Atkins' and 'Keitt' Mango (*Mangifera indica*) Cultivars. *NZ. J. Crop Hort. Sci.*, 32, 209-215.
- Yoshida, H., Mizuta, D., Fukuda, N., Hikosaka, S. ve Goto, E. 2016. Effects of Varying Light Quality From Single-Peak Blue and Red Light-Emitting Diodes During Nursery Period on Flowering, Photosynthesis, Growth, and Fruit Yield of Everbearing Strawberry. *Plant Biotechnology*, 33, 267-276.
- Yousef, A.F., Ali, M.M., Rizwan, H.M., Ahmed, M.A.A, Ali, W.M., Kalaji, H.M., Elsheery, N., Wróbel, J., Xu, Y. ve Chen, F. 2021. Effects of light spectrum on morphophysiological traits of grafted tomato seedlings. *PlosOne*, 1-19.
- Yue, K., Liu, Z., Pi, Z., Li, H., Wang, Y., Song, F. ve Liu, Z. 2022. Network Pharmacology Combined with Metabolomics Approach to Investigate the Toxicity Mechanism of Paclobutrazol. *Chem. Res. Toxicol.*, 35, 626-635.

- Zhang, D., Yang, Y., Chen, G., Tian, X., Wang, Z., Fan, S. ve Xin, Z. 2021. Nondestructive Evaluation of Soluble Solids Content in Tomato with Different Stage by Using Vis/NIR Technology and Multivariate Algorithms. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 248, 119139.
- Zhang, G., Li, Z., Cheng, J., Cai, X., Cheng, F., Yang, F. ve Yan, Z. 2022. Morphological and Physiological Traits of Greenhouse-Grown Tomato Seedlings as Influenced by Supplemental White Plus Red versus Red Plus Blue LEDs. *Agronomy*, 12, 2450.
- Zhen, S. ve van Iersel, M.W. 2017. Far-red light is Needed for Efficient Photochemistry and Photosynthesis. *Journal of Plant Physiology*, 209, 115-122.
- Zheng, L. ve van Labeke, M.C. 2017. Long-Term Effects of Red- and Blue-Light Emitting Diodes on Leaf Anatomy and Photosynthetic Efficiency of Three Ornamental Pot Plants. *Front. Plant Sci.*, 8, 917.
- Zhou, C., Zhang, Y., Liu, W., Zha, L., Shao, M. ve Li, B. 2020. Light Quality Affected the Growth and Root Organic Carbon and Autotoxin Secretions of Hydroponic Lettuce. *Plants*, 9, 1542.
- Zou, J., Zhang, Y., Zhang, Y., Bian, Z., Fanourakis, D., Yang, Q. ve Li, T. 2019. Morphological and Physiological Properties of Indoor Cultivated Lettuce in Response to Additional Far-Red Light. *Scientia Horticulturae*, 257, 108725.