

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

**İKİ FARKLI IŞIK YOĞUNLUĞUNUN DOMATES BİTKİSİNDE
MEYDANA GETİRDİĞİ MORFOLOJİK VE FİZYOLOJİK
DEĞİŞİKLİKLERİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Seyfettin AKİN
DANIŞMAN: Prof. Dr. Fikret YAŞAR

VAN-2021

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

**İKİ FARKLI IŞIK YOĞUNLUĞUNUN DOMATES BİTKİSİNDE MEYDANA
GETİRDİĞİ MORFOLOJİK VE FİZYOLOJİK DEĞİŞİKLİKLERİN
BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Seyfettin AKİN

Bu çalışma YYÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Başkanlığı tarafından **FYL-2019-7651**
No'lu proje olarak desteklenmiştir

VAN-2021

KABUL VE ONAY SAYFASI

Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı'nda Prof. Dr. Fikret YAŞAR danışmanlığında, Seyfettin AKİN tarafından sunulan “İki Farklı Işık Yoğunluğunun Domates Bitkisinde Meydana Getirdiğı Morfolojik ve Fizyolojik Değişikliklerin Belirlenmesi” isimli bu alışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğı'nin ilgili hükümleri gereğince 05/04/2021 tarihinde aşığıdaki jüri tarafından oy birliğı / oy ekluğı ile başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Fikret YAŞAR

İmza:

Üye: Doç. Dr. Özlem ÜZAL

İmza:

Üye: Dr. Öğ. Üy. Vedat PİRİNÇ

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 16.04/2021 tarih ve 2021/23-1 Sayılı kararı ile onaylanmıştır.

İmza

Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

(imza)

Seyfettin AKİN

ÖZET

İKİ FARKLI IŞIK YOĞUNLUĞUNUN DOMATES BİTKİSİNDE MEYDANA GETİRDİĞİ MORFOLOJİK VE FİZYOLOJİK DEĞİŞİKLİKLERİN BELİRLENMESİ

AKİN, Seyfettin

Yüksek Lisans Tezi, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Fikret YAŞAR

Nisan 2021, 41 Sayfa

Çalışmada, kontrollü şartlar altında domates bitkilerine iki farklı ışık yoğunluğu uygulanmış ışığın bitkide meydana getireceği morfolojik ve fizyolojik değişiklikler belirlenmiştir. Çalışmada, sırk tip Adamset F1 hibrit domates çeşidine ait fideler kullanılmıştır. Kontrollü iklim odasında 16/8 saatlik aydınlık/karanlık fotoperiyotta, 27 °C sıcaklıkta, % 65 nemde, Hoagland besin solüsyonunda büyütülen fideler 400 ve 800 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ luk iki farklı ışık yoğunluğunda büyütülmüştür. Bu çalışmada ışık kaynağı olarak güneş ışığına yakın olan LED lambaları kullanılmıştır. Ölçüm ve analizler için örnek alma işlemi, uygulamanın 40. gününde yapılmıştır. Her hafta hoagland besin çözeltisi yenilenmiştir. 40. günde alınan bitkilerin toplam bitki ağırlıkları (g), yaprak ağırlıkları, yaprak sayıları, gövde ağırlıkları, gövde boyları, boğum arası mesafeleri, gövde kalınlıkları ve kök ağırlıkları ölçülmüştür. Ayrıca bitkilerin orta bölümünden alınan yaprak örneklerinin klorofil miktarları, makro ve mikro (N, K, Ca, Fe, Cu, Zn, Mg ve Mn) besin içerikleri ile oksidatif stresin oluşup oluşmadığını anlayabilmek için antioksidant enzimlerden olan süperoksit dismutaz(SOD), katalaz (CAT) ve askorbik peroksidaz (APX) aktiviteleri belirlenmiştir. Yüksek ışık yoğunluğunda yetiştirilen bitkilerin gelişim parametreleri düşük ışığa göre daha yüksek bulunmuştur. Bitkilerde oksidatif stres oluşmadığından dolayı antioksidatif enzim aktivitelerinde bir fark görülmemiştir. Işık yoğunluğunun iyon alım ve dağılımında etkili olmadığı görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Domates, Enzim aktiviteleri, Işık şiddeti, İyon birikimi, Klorofil

ABSTRACT

DETERMINATION OF THE MORPHOLOGICAL AND PHYSIOLOGICAL CHANGES IN THE TOMATO PLANT BY TWO DIFFERENT LIGHT INTENSITY

AKIN, Seyfettin
M.Sc. Department of Horticulture
Supervisor:: Prof. Dr. Fikret YAŞAR
April 2021, 41 Page

In the study, the morphological and physiological changes caused by light applied to tomato plants under controlled conditions were determined. In the study, seedlings belonging to the indeterminate type Adamset F1 hybrid tomato variety were used. Seedlings grown in Hoagland nutrient solution at 16/8 hours light / dark photoperiod at 27 °C, 65% humidity in the controlled climate chamber were grown at two different light intensities of 400 and 800 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. In this study, LED lamps close to sunlight were used as the light source. Sampling for measurement and analysis was done on the 40th day of the application. Hoagland nutrient solution is renewed every week. The total plant weight (g), leaf weight, leaf number, stem weight, stem length, internode distance, stem thickness and root weight of the plants taken on the 40th day were measured. In addition, chlorophyll amounts of leaf samples taken from the middle part of the plants, macro and micro (N, K, Ca, Fe, Cu, Zn, Mg and Mn) nutrients and antioxidant enzymes superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and ascorbic peroxidase (APX) activities were determined. Growth parameters of plants grown in high light intensity were found to be higher than low light. There was no difference in antioxidative enzyme activities since there was no oxidative stress in the plants. It has been observed that the light intensity is not effective in ion uptake and distribution.

Keywords: Chlorophyll, Enzyme activities, Ion accumulation,, Light intensity, Tomato



ÖN SÖZ

Araştırma konusunun belirlenmesinde, araştırmanın yürütülebilmesi için her türlü teknik altyapı olanaklarını sağlayan, verilerin toplanması, düzenlenmesi, değerlendirilmesi aşamalarında yardımlarını aldığım, engin bilgi, deneyim ve öngörüsü ile çalışmalarına yön veren, bizleri evladı gibi gören maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen varlığıyla bizlere güç veren tez danışmanım, Prof. Dr. Fikret YAŞAR'a,

Çalışmanın her aşamasında ve sosyal yaşamda engin bilgi ve deneyimlerini bizimle paylaşan, gerek davranışlarıyla gerekse çalışmalarıyla bana örnek olan her zaman desteğini hissettiğim ikinci danışmanım gibi davranan hocam sayın, Doç. Dr. Özlem ÜZAL'a,

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

Ayrıca Öğr. Gör. Rana BAYTİN ALACI, Ziraat Yüksek Mühendisi Ömer KAYMAZ, Ziraat Yüksek Mühendisi Aynur SADAK ve Ziraat Yüksek Mühendisi Sezgin BAYRAM, Ziraat Mühendisi Murat DEMİR'e

Çalışmamı destekleyen Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu'na,

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



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖN SÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ	5
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	13
3.1.Materyal	13
3.1.1. Araştırma yerinin tanımı.....	13
3.1.2. Deneme materyalı	14
3.2.Yöntem.....	15
3.2.1. Bitkilerin yetiştirilmesi.....	15
3.2.2. Ölçüm ve analizlerin belirlenmesi.....	16
3.2.2.1. Kök, gövde ve yaprak ağırlığı (g)	17
3.2.2.2. Yaprak sayısı (adet).....	17
3.2.2.3. Gövde uzunluğu (cm) ve gövde kalınlığı (mm)	17
3.2.2.4. Klorofil miktarları.....	17
3.2.2.5. Lipid peroksidasyon (MDA)	18
3.2.2.6. Makro ve mikro besin İçerikleri	18
3.2.2.7. Azot	19
3.2.2.8. Antioksidant enzim aktiviteleri.....	19
3.3. İstatiksel Analizler	20
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	21
4.1..Bitki Büyüme Parametreleri	22
4.2. Lipid Peroksidasyon ve Klorofil Miktarındaki Değişimleri	23
4.3. Antioksidant Enzim Aktiviteleri.....	24

4.4. Bitki Organlarındaki İyon Birikim Miktarları	26
5. SONUÇ.....	35
KAYNAKLAR.....	37
ÖZ GEÇMİŞ.....	41



ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Besin solüsyonunda kullanılan besin elementi miktarları (ppm).....	16
Çizelge 4.1. İki farklı ışık yoğunluğunun domates bitkisinde meydana getirdiği morfolojik ve fizyolojik değişikliklerin gelişim parametreleri üzerine etkileri.....	22
Çizelge 4.2. İki farklı ışık yoğunluğunun domates bitkisinde meydana getirdiği klorofil ve MDA içerikleri üzerine etkileri.....	23
Çizelge 4.3. İki farklı ışık yoğunluğunun domates bitkisinde meydana getirdiği örneklerindeki askorbat peroksidaz (APX), Katalaz (CAT) ve süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktiviteleri üzerine etkileri.....	25
Çizelge 4.4. İki farklı ışık yoğunluğunun domates bitkisinde meydana getirdiği Ca, Mg ve K iyon değişikliklerin besin elementleri üzerine etkileri.....	26
Çizelge 4.5. İki farklı ışık yoğunluğunun domates bitkisinde meydana getirdiği Fe ve Mn iyon değişikliklerin besin elementleri üzerine etkileri	29
Çizelge 4.6. İki farklı ışık yoğunluğunun domates bitkisinde meydana getirdiği Zn ve Cu iyon değişikliklerin besin elementleri üzerine etkileri	31
Çizelge 4.7. İki farklı ışık yoğunluğunun domates bitkisinde meydana getirdiği azot miktarı üzerine etkileri.....	32

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Bitkilerin yetiştiği ortam.....	13
Şekil 3.2. Akvaryum hava pompası ve LED lambaların genel bir görünümü.....	14
Şekil 3.3. Fidelerin genel bir görünümü.	16
Şekil. 3.4. Klorofil miktarının belirlenmesi.....	18
Şekil 3.5. Besin elementi örneklerinin hazırlanması	19
Şekil 4.1. Düşük ışık yoğunluğunda genel görünümü.....	21
Şekil 4.2. Yüksek ışık yoğunluğunda genel görünümü	21
Şekil 4.3. İki farklı ışık yoğunluğunun bitki gelişim parametreleri üzerine etkisi.....	22
Şekil 4.4. İki farklı ışık yoğunluğunun domates bitkisinde meydana getirdiği klorofil ve MDA içerikleri üzerine etkileri	24
Şekil 4.5. İki farklı ışık yoğunluğunun domates bitkisinde meydana getirdiği (APX) enzim aktivitesi ($\mu\text{mol/dak/mg}$ T.A.), Katalaz (CAT) enzim aktivitesi ($\mu\text{mol/dak/mg}$ T.A.) ve süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktiviteleri (U/dak/mg/ T.A miktarı	25
Şekil 4.6. İki farklı ışık yoğunluğunun domates bitkisinde Ca elementi üzerine etkisi.....	27
Şekil 4.7. İki farklı ışık yoğunluğunun domates bitkisinde K elementi üzerine etkisi	28
Şekil 4.8. İki farklı ışık yoğunluğunun domates bitkisinde Mg elementi üzerine etkisi.....	28
Şekil 4.9. İki farklı ışık yoğunluğunun domates bitkisinde Fe elementi üzerine etkisi	29
Şekil 4.10. İki farklı ışık yoğunluğunun domates bitkisinde Mn elementi üzerine etkisi.....	30
Şekil 4.11. İki farklı ışık yoğunluğunun domates bitkisinde Cu elementi üzerine etkisi.....	31
Şekil 4.12.İki farklı ışık yoğunluğunun domates bitkisinde Zn elementi üzerine etkisi.....	32
Şekil 4.13. Farklı ışık yoğunluğu altındaki domates bitkilerinin Nitrojen birikimi üzerine etkileri.....	33



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

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

Simgeler	Açıklama
m	Metre
cm	Santimetre
g	Gram
%	Yüzde
°C	Santigrat derece
H₂O₂	Hidrojen peroksit
Mg	Miligram
ml	Mililitre
mm	Milimetre
mM	Milimol
NaCl	Sodyum klorür
ppm	Part per million (milyonda bir kısım)
K	Potasyum
Cu	Bakır
Fe	Demir
Ca	Kalsiyum
Mg	Magnezyum
Zn	Çinko
Mn	Mangan
APX	Askorbat Peroksidaz Enzim Aktivitesi
CAT	Katalaz Enzim Aktivitesi
MDA	Lipit Peroksidasyonu Ürünü Malondialdehit
SOD	Süperoksit Dismutaz Enzim Aktivitesi



1. GİRİŞ

Domates, beslenme ve insan sağığı açısından oldukça önemli bir sebzedir. Domates, yüksek adaptasyon yeteneğıyle farklı ekolojilerde de yetişebilir. Dünya’da taze tüketimiyle ilk sıralarda yer alan sebzeler arasındadır. Domates, genel olarak taze ve yoğun tüketimi dışında gıda sanayisinde de kurutulmuş domates, dondurulmuş domates, domates konserveleri, salça, ketçap gibi birçok kullanım alanına sahiptir. Bu üretim alanlarının ülke adına iç ve dış ticaretinde domatesin önemi arttırmaktadır (Aybak ve Kaygısız, 2004; Taşkaya ve Keskin, 2004).

Domates, anavatanı Güney ve Orta Amerika olan, biber, patlıcan ve patates ile yakın akraba, tek yıllık, çift çenekli, otsu bir bitkidir. Bitkinin tırtırlı kenarlara sahip 5-9 yaprakçık barındıran pinnat yapraklarının boyu 10-25 santimetre arasında değişir. Bazı durumlarda tüylü yapıdaki yaprakçıkların boyları 8 santimetreye kadar çıkabilmektedir. Çiçekleri beş kolludur ve 1-2 santimetre çapında taç yapraklar bulundurur. Domatesin küçük sarı meyveler veren atası *Lycopersicon cerasiforme*’ nin ilk kez Aztekler tarafından Meksika’ da kültüre alındığına dair deliller mevcuttur. Domatesi Avrupa’ya İspanyol kâşiflerin getirdiğı düşünülmektedir (Melo ve ark., 2012).

Dünyada genel olarak domates, ekonomik anlamda oldukça ucuz ve zengin vitamin kaynaklarından biridir. Domatesin besin içeriğı bakımında oldukça zengin olduğu öne çıkmaktadır (Hobson and Davies, 1971; Stevens and Rick, 1986).

Işık; genel olarak bir insan gözünün belirli duyarlılık dayanımına ve elektromanyetik spektrum içinde yaklaşık olarak 380–720 nm dalga boyları arasındaki görünür ışınım enerjisidir. Işık, bitkinin gelişmesinde etkili olan ve fizyolojik işlemlerin gerçekleşmesi için en önemli çevre faktörü olduğu öne çıkmaktadır. Işınım bir madde veya ortamdan, elektromanyetik dalgaların ya da parçacıkların dağılması veya yayılmasıdır (Öztürk ve Başçetinçelik, 2002).

Işığın bitkiler için hem enerji kaynağı olduğu, hem de bitkiler için gelişmesi, büyümesi ve bazı metabolik olaylarında oldukça etkili olduğu tespiti yapılmıştır (Urbonavičiūtė ve ark., 2008).

Topraktaki mineral maddelerinin alınması ve fotosentez olayı bitkinin beslenmesiyle doğrudan ilgilidir. İki özelliğın bir başlıkta değerlendirilmesi gerekmektedir. Bitkide fotosentez olayı meydana gelmesinde en önemli rolün ışık

pigmentlerin olduğu öne çıkıyor. Bu pigmentler fotosentetik pigment olarak adlandırılır. (Kadioğlu, 1999).

Bitkiler de ışık şiddetinin yeterli şekilde olmasının fotosentezin gerçekleşmesi için gerekli olmaktadır. Gelişme ve büyüme sürecinde ışığın bitkiler için altın kural niteliğindedir. Bitkide, ışığın önemi, uygun ışık ve yeterli dalga boyunda şiddetinin fizyolojik olaylarda etkili olduğu ve bitki gelişmesini olumlu yönde etkilediği belirtilmiştir. Yoğun ve yüksek ışık şiddetine maruz bırakılan yetiştirme ortamlarında gelişen bitkilerin daha bodur bir görünüme sahip olurken, az ve yetersiz ışık ortamına maruz bırakılan veya karanlık bir ortama bırakılan bitkiler normalden daha uzun ve daha ince gövdeye sahip, sarı renkli, küçük yapraklı olarak gelişmiştir. Bu duruma istinaden normal ışık şiddeti ve ışık süresine maruz kalan bitkilerin değerinde büyüme ve gelişmesinde meydana gelen değişiklerin normal bitki ölçülerde olduğu öne çıkmıştır. Buna göre bitki gelişme esnasında ışığa maruz kalırsa bitkide, gövdelerin uzama hızı yavaşlar, kökler uzamaya başlar, yapraklar genişler ve klorofil artmaya başlar (Charles-Edwards ve ark. 1986).

Bitki büyüme ve gelişmede çevre faktörü olarak karşımıza çıkan ışık, fide döneminde kalite ve verimini etkileyen en önemli unsur olarak karşımıza çıkmaktadır. Işık şiddeti için farklı dalga boyunda kullanılan aydınlatma uygulaması, fidelerde birçok parametrenin (yaprak alanı, sürgün yaş ağırlığı ve kök kuru ağırlığı gibi özelliklerin önemli ölçüde arttığı öne çıkmıştır (Demir ve Çakırer, 2015).

Solunum ve fotosentez esnasında ortaya çıkan enerji, bitki köklerinin topraktan daha fazla su ve mineral madde alımını kolaylaştırıyor. Bitkide meydana gelen içsel maddelerin bir yerden bir yere taşınması belirli miktarda ışığın yeterli olduğu dönemde yapılır. Işığın, bitkilerde biyolojik ve fizyolojik olaylarına etki ettiği gibi, morfolojik olarak organların belli bir oranda şekillenmesine yol açar. Buna göre bazı bitki grupları oluşturulmuş ve bitkiler ışık ihtiyaçlarına göre sınıflandırılmıştır. Uzun gün bitki grubu olarak sınıflandırılan bitkilerde içsel hormonal aktiviteleri değişen oranda generatif faza daha erken geçmişlerdir (Eriş, 1995).

Bitkinin maruz kaldığı değişik ışığın farklı dalga boyları bitkide fotosentez hızını etkiler. Işık pigmentlerin farklı dalga boylarının ışığı dağıtma gücü olduğu öne çıkıyor. Ayrıca bitkinin türü ve cinsine göre bu güç farklılık gösterir. Bitkiye uygulanan ışığın süresi ve hızı fotosentezle doğrudan ilişkilidir. Işık süresi arttıkça, bitkideki fotosentez

hızı da aynı oranda ve miktarda artar. Bitkinin gelişme döneminde yeteri kadar ışığı almasıyla bitki büyüme ve gelişmesi de o kadar iyi ve hızlı olmuştur. Fakat devamlı olarak ışığa maruz kalan bitkilerde kötü tepkilerinde olduğu ortaya çıkmaktadır. Buna oranla her bitkide belli bir periyotta ışığa ihtiyacı olduğu gibi karanlık sürece de ihtiyacı olduğu öne çıkmaktadır. Eğer bu karanlık süreç bitkide azımsanacak kadar olursa bitkide fizyolojik aksamalar meydana gelir. Tam tersi durumda ise sürekli olarak ışığa maruz kalırsa bitkide ölümler meydana gelir. Işık şiddeti veya ortam aydınlatmanın yeteri kadar olmadığı gölgeyi seven bitkilerin büyüme ve gelişmesi güneşi seven bitkilere göre daha fazla olduğu gözlenmiştir. Bitkilerde büyüme ve gelişme için ışık şiddeti, ışığın etki süresi ve ışık çeşidi oldukça önemli etkisi vardır. Dolayısıyla ışık şiddetinin fotosentez hızını doğrudan etkilediği bilinirken, bitki büyüme ve gelişmesini dolaylı olarak etkilemektedir. Ayrıca bitkinin düşük ışık ve yüksek sıcaklık stres durumuna maruz kalmasıyla yaprak alanlarının genişlediği ve sıcaklık ile olumlu bir ilişkide olduğu tespit edilmiştir (Uzun ve ark., 1996; Uzun, 1997; Uzun, 1998; Taiz ve Zaiger, 2010).

Ülkemizde üretimi yapılan en önemli ürünlerin başında gelen tarım ürünü domatestir. Üretimi yapılan domatesin neredeyse tamamına yakını örtü altı tarım ürünüdür. Son yıllarda bu üretim şekli Anadolu'nun jeotermal enerji kaynaklarının olduğu her yerde yapılmaya başlanmıştır. Durum böyle olunca örtü altı yetiştirme şekli oldukça önem kazanmıştır. Bu üretim yöntemi tüm yıl boyu yapılabildiği için hem ışığın bol ve uzun olduğu yaz dönemlerinde, hem de az olduğu kısa günlerde yapılmaktadır. Yapılan bu çalışmada daha çok güneşin az ve yetersiz olduğu kış aylarında yapılan üretimlerde ışık şiddetinden dolayı oluşacak olumsuzlukları ortadan kaldırmak ve ya minimum seviyeye düşürmek amaçlanmıştır. Bu çalışmada LED lambaları kullanılmıştır. LED lambalarının tercih edilmelerindeki sebep güneş ışığına yakın olması, ısı yayma ve enerji tüketimi düşük olmasıdır. Dolayısıyla ışığın az olduğu durumlarda bitkide meydana gelebilecek morfolojik ve fizyolojik değişiklikler belirlenerek ve bunlardan hareketle meydana gelen aksaklıkları ortadan kaldıracak önerilerde bulunma imkânı yakalamış olacağız. Kontrollü şartlarda domates bitkilerine tepeden iki farklı ışık şiddeti uygulayarak bitkide meydana gelecek morfolojik ve fizyolojik değişikliklerin olup olmadığını belirlemektir.



2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Işık, bitki yapraklarında klorofil üretimi, fotosentezin meydana gelmesiyle, yaprak, sürgün, çiçek ve meyvelerde normal irilik, şekil ve kalınlık olarak oluşabilir ve meyvelerinde renk oluşuma doğrudan etkili olmaktadır. Bitkilerin genel olarak ışığa olan ihtiyaçları bu ışık enerjisinin ışık şiddetine, ışık süresine ve ışık kalitesine göre değişir. Genellikle bitkinin ışığı az almasıyla beraber bitkide gövde ve kök gelişiminde yavaşlama meydana gelir (Eriş, 1995).

Bitkide ışık yoğunluğu bitkinin istediğinden fazla olması, yüksek sıcaklığa bağlı olarak sürgün boy uzunluğu azalmasına, çiçek tomurcuğunun oluşumu engellenmesine, bitki bodurlaşması, yaprak tüylenmesi, yaprak da kalınlaşma ve yaprak küçülmesine sebep olmaktadır (Eriş, 1995).

Bitki yetiştirme ortamı için ilk LED aydınlatma lambaları, bitkide ışığın klorofil tarafından absorbe edilmesi ışığın dalga boylarıyla frekans edilecek şekilde mavi ve kırmızı LED aydınlatmalarının farklı oranların kombinasyonu ile tasarlanmıştır. Foto-reseptör ve klorofil vb. çoğu pigment, bitkideki kök uzaması, çiçeklenme, çimlenme, kütle ağırlığı vb. özellikleri önemli şekilde etkiler. Ayrıca bu etkiler yalnızca kırmızı ve mavi dalga boylarıyla istenilen düzeyde sağlanamaya bilir. Buna göre, bitkide mavi ve kırmızı dışında diğer dalga boylarını soğuran pigmentlerin olmasıyla veya fotosentetik olarak aktif radyasyon ötesindeki dalga boyları da bitkilerin metabolizmasını ve morfolojisini etkileyebileceği tespiti yapılmıştır. Genel olarak tüm dalga boylarını kapsayan sürekli bir spektrumuna sahip olmakla yetiştiricilerde ürünlerin ihtiyaçlarını veya isteklerini taban alarak onlar için yönetmelerine daha fazla imkân sunmayı amaçlamaktadır. Bitkiler adına mükemmel bir büyüme ve gelişme spektrumunu sağlayacak olan LED aydınlatma lambaların daha fazla geliştirilmesiyle ve yapılan deneme sonuçların desteklenme süresi devam etmektedir. Bitki esas olarak bünyesinde fotosentez yapmak için ona gelen ışık spektrumunu mavi, kızılötesi ve kırmızı kısımlarını kullanır (Anderson ve ark., 1995).

Bitkilerin büyüme ve gelişmeleri için belirli düzeylerde ışığa ihtiyacı vardır. Işık şiddetinin belli bir sınır içinde artışı ile orantılı olarak, büyüme ve gelişmenin hızlandığı ifade etmiştir. Bitkilerde ki kuru madde miktarı birikiminin genellikle bitkiler tarafından kesilmiş olan toplam foto sentetik aktif radyasyonla beli başlı bir noktaya kadar olan

doğrunun orantılı olduğu ortaya koymuşlardır. Bitki üzerine gelen radyasyondan bitkilerin faydalanma yetenekleri türlere, çeşitlere, teknik ve kültürel uygulamalara göre değişiklik göstermektedir (Uzun, 1996).

Literatürdeki çeşitli sebze veya meyve türleri üzerine yapılan çalışmalarda LED aydınlatma uygulamalarının genel olarak bitkide yüksek besin kalitesi ve verimlilik açısından olumlu sonuçların olduğu tespit edilmiştir. Yapılan bir araştırmada, morfolojik ve fizyolojik açılardan bazı dalga boylu ışıkların bitkide farklı değişimlere yol açar. (Yanagi ve Okamoto 1997).

Domates bitkisinde LED ışıklar üzerine yapılan bir çalışmaya göre, genel olarak bitkide verim ve kalite üzerine etkisine bakılmıştır. Genel olarak meyve sayısının yüksek ışık yoğunluğunun, düşük ışık yoğunluğuna göre %10 artırdığı tespit edilmiştir. Bir başka çalışmada, domates bitkisinin kademeli olarak artan ışık yoğunluğunun meyve sayısı ve meyve ağırlığında belirli artışların olduğu tespit edilmiştir (Uzun, 1999).

Domatesin kök derinliğinin ve yanlara dağılım şekli yaklaşık olarak 10-15 cm'dir. Bu kök dağılımı bitkide toprak da bulunan suyun hareketini aşağıdan yukarıya doğru oluşumuna etkisi olumludur. Fide de gövde başlangıçta yumuşak, yuvarlak ve tüylü yapısı ilerleyen evrelerde sert ve yuvarlak bir hale dönüşür. Gövde de her yaprak yeri için koltuk olarak adlandırılan yeni sürgünler çıkar. Domates çiçekleri, erdişi çiçeklere sahiptir. Domates sürgünlerinde sürgün ucu büyümesiyle salkımlar halinde çiçeklenmeler meydana gelir. İlk çiçek oluşumu salkımın en uç noktasında olur. İkinci çiçeğin oluşumu ise ilk çiçeğin oluştuğu yerin altında çıkar ve büyüme noktasından gelişir (Vural ve ark. 2000).

Işık, sadece bitki için fotosentez hızında meydana gelen enerji kaynağı değil aynı anda farklı gelişim periyodlarını kontrolünü yapan ya da yön veren bir faktör olduğu bilinir (Andiç, 1993; Padem ve Özdamar, 2002).

Bitkide ışığın soğurma işlemi olarak en fazla klorofilde en üst seviyede mavi (425-475 nm) ve kırmızı (625-675 nm) bölgede gerçekleşir. Diğer yandan Karotenoidler de klorofile yardımcı fotoreseptör olduğu bilinir. Bitki ışığı doğrudan mavi bölge de soğurur. Fotomorfojenik tepkilerde çimlenme, yaprak genişlemesi, stomatal gelişme fototropizm, kloroplast göçü, gölgeden kaçınma ve çiçeklenme vb. tepkilerden oluşur. Bu tepkiler, kriptokromlar, fototropinler ve fitokromlar, olmak üzere üç farklı tip olarak fotoreseptörler tarafından düzenlenir (Smith, 1995; Sancar, 2003; Briggs ve Christie,

2002).

Bitki gelişmesi ve büyümesi için ihtiyaç duyduğu ışığın kaynağını doğal güneş kaynağı yada yapay ışık kaynaklarıdır (Kim ve ark., 2004; Koksall ve ark., 2013).

Yüksek adaptasyon yeteneğine sahip olmasına rağmen domates, genel olarak sıcak iklim sebze türüdür. Özellikle sebze yetiştirme sıcaklığının sıfırın altında olması genel olarak domatesta bitki ölümüne sebep olduğu gözlenmektedir. Genel olarak domates yetiştiriciliği için normal bir gelişim süreci için gerekli olan sıcaklık şartları en az sıcaklığın 17 °C civarında olması ön görülür. Bu derecenin altı bitkinin olgunlaşmasında gecikmelerin olması ve kalite de düşmelerin olduğu belirlenmiştir. Bu duruma itafen en yüksek sıcaklığın ise maksimum 37 °C civarında olması beklenir. Ayrıca domates en iyi derin, su tutma kapasitesi yüksek, geçirgen ve mineral madde bakımından zengin toprakları sever ve en yüksek verimin olduğu toprak olarak bu toprağı seçer. Bazı durumlarda bu çeşitlerde tınlı-kumlu topraklar uygunken, bazı çeşitlerde ise için tınlı-killi ve tınlı-milli toprakları tercih etmektedir (Aybak ve Kaygısız,2004).

Domates, ilk bakıldığında otsu gövdeleri olup ilk yetiştirildiğinde üzeri yumuşak tüylü ve yuvarlak bir yapıya sahip olduğu gözlemlenmektedir. Domatesin gelişmesiyle birlikte gövde kısmı köşeli bir yapıya dönüşüp odunlaşmaktadır. Gövde ve yaprağın bağlandığı noktada yeni sürgünler çıkmakta ve bunlara koltuk adı verilmektedir. Domates boylanırken sınırsız ve sınırlı diye iki tip büyüme şekli göstermektedir (Aybak ve Kaygısız, 2004).

Kommareddy and Anderson (2004), LED lambalarının da bulunduğu çeşitli ışık kaynaklarının etkinliğini karşılaştırmak için algler üzerine yaptıkları çalışmada akkor telli lamba, Gro-lux, flüorışıl lamba ve dalga boyu 643 nm ve 663 nm’lik LED lambalarından oluşan paneller kullanmışlardır. Denemede ışık yoğunluklarının ölçülmesi için ışık kaynaklarının 2,4 m uzağına bir algılayıcı yerleştirmişlerdir. Araştırmacılar alglerin fotosentez yapabilecekleri en uygun dalga boyu aralığı olan 400-500 nm ve 600-700 nm dalga boyları aralıklarını karşılaştırmışlardır. Buna göre alg yetiştiriciliği için en uygun ışığın, 643 nm dalga boyundaki LED’lerden oluşan ışık kaynağı tarafından sağlandığını belirlemişlerdir. Ayrıca LED’lerin sadece gönderilen enerji bakımından değil, 10000 saat çalışma sonucunda algler için optimum dalga boyu olan 600-700 nm’lik aralıkta tüketilecek enerji bakımından da en ucuz kaynak olduğunu belirlemişlerdir.

Işık dalga boyu, ışık geliş süresi ve ışık yoğunluğu vb. ışıkla ilgili birçok

faktörün bitki büyüme parametreleri üzerine etkili olmaktadır. Örneğin, yaprak boyu, boğum uzunluğu, dallanma düzeni, bitki boyu ve gövde çapı gibi. (Lee, 1988; Lee ve ark., 1996, Lee ve ark., 1997; Lee ve ark., 2000; Croster ve ark., 2003; Griffith ve Sultan, 2005).

Bitkide klorofil miktarı, bazı stres faktörlerinde bitkinin olumsuz etkilenmesiyle verim ve kalite de bazı kayıpların olduğu öne çıkmaktadır. Klorofil miktarında ve MDA'daki değişim stres kaynaklı artışların sebep olduğunu öne sürmüşlerdir (Yasar ve ark 2010). Ayrıca ışığın bitkiler için hem enerji kaynağı olduğu, hem de bitkiler için gelişmesi, büyümesi ve bazı metabolik olaylarında oldukça etkili olduğu tespiti yapılmıştır (Urbonavičiūtė ve ark., 2008).

LED'lerin sera veya iklim odalarında kullanım süresi ve şekli yetiştirilecek sebze veya meyve türlerin ihtiyacı olan ışık gereksinimine göre sınıflandırılarak kullanılmaktadır. Bu sınıflandırma; güneş ışığının süresi, gün uzunluğu, gölgeleme miktarları ve güneş açısı oranına göre değişir (Karakaş, 2008).

Domatesin meyve iriliği domates çeşitlerine göre değişiklik gösterdiği görülmektedir. Domatesin meyve çapı ise, 3-14 cm arasında olduğu tespit edilmiştir. Domates bu çapa göre sınıflandırılmaktadır. Bunlar büyük, orta ve küçük olarak belirtilir. Meyve şekilleri ise, koza, basık, erik, yuvarlak, yürek vb. olarak sınıflandırılır. Ayrıca bu durum sofralık domatesler için yassı-yuvarlak ve yuvarlak olarak gözlenir ve salça sanayisinde kullanılacak domateslerin şeklin açısından bir önemi olmadığı bilinir. (Diez ve Nuez, 2008).

Son yıllara kadar bitkisel üretimde ışık kaynaklı yapılan çalışmalarda güneş ışığına en yakın olduğu düşünülen HPS lambaları kullanılmaktadır. Ancak yapılan son çalışmaların yüksek ışık ve düşük sıcaklık koşullarında LED lambaların kullanılmasına başlanılmıştır. LED lambalarıyla aydınlatma uygulanabilirlik açısından daha kolay olduğu tespit edilmiştir (Deram, 2013).

Yapılan farklı araştırmaların sonucu, ışık farklı renklerinin, bitkiler üzerindeki etkilerinin farklı olduğu belirtilmiştir (Singh ve ark., 2014).

Bitkiler, fotosentez yaparken orta dalga boylu ışıkları kullanmayı tercih ediyorlar. Bu tip ışınlar sarı, mavi ve kırmızı renklidirler. Bu ışıklar bitkide çiçeklenme oluşumuna, klorofile ve bitkinin olgunlaşmasında etkili olmuştur (Taiz ve Zeiger, 2008).

LED ışık kaynakları diğer elektrikli yapay ışık kaynaklarına göre birçok

üstünlüğü bulunmasının yanı sıra, fotosentez yapan canlıların gereksinimlerine uygun dalga boylarında (renklerde) yapay aydınlatma olanağı vermeleri ile de iyi bir alternatif oluşturmaktadır. Ayrıca, bu lambalar, canlıda meydana gelmesi muhtemel ışık stresinin azaltılması, diğer lambalara oranla hem üretim hem de kullanım aşamalarında çevreci olmaları, temin edilme kolaylığı, küçük olmaları nedeniyle her yere kolay takılabilmeleri ve bulundukları ortamı diğer lambalarda olduğu gibi aşırı derecede ısıtmamaları gibi özellikleriyle de öne çıkmaktadırlar (Koç, 2009).

Japonya’da seralarda LED aydınlatmanın ilk olarak kullanımı 1980’lerde gerçekleştirilmiştir. Bu deneme ilk kez yapraklı sebzelerde denenmiştir. Daha sonra bu uygulamalar 2000 yılından itibaren farklı sebze türlerinde uygulanmaya başlanmıştır (Goto, 2012).

Lin ve ark. (2013), marul yapraklarında çözünür klorofil, karotenoid, proteinler ve şekerler, nitrat birikimi ve bitkisel biyokütle üzerinde üç farklı ışığın (kırmızı, mavi ve beyaz LED ışıkları) etkisini araştırmışlardır. Bitkiler su kültüründe (ekimden 15 gün sonra) 20 günlük yetiştirme odaları içerisinde kırmızı mavi LED ve beyaz LED ve bir florasan lamba altında 24/20 °C de 16 saatlik ışıklanma periyodu, % 75 nem değeri, 900 $\mu\text{mol m}^{-1} \text{CO}_2$ seviyesi ve 210 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ışık akışı yoğunluğu ile yetiştirmişlerdir. Kontrol şartlarına göre bitkinin gelişimini LED ışıkları ile arttığını ve besin maddesi miktarının ilave LED ışıkları ile artabileceğini bildirmişlerdir.

Xiao-Xue Fanve ark., (2013) yaptığı çalışmada eşit spektrumlarda farklı ışık yoğunlukları elde etmek için kırmızı ve mavi LED’lerin kullanıldığı çalışmada farklı ışık yoğunluklarının genç domates bitkilerinin yaprak gelişimi ve büyümesine etkileri incelenmiştir. Sonuçlar 300,450 ve 550 $\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ ışık yoğunluğu altında yetişen bitkilerin yaş ağırlık, kuru ağırlık, kök çapı ve sağlık indeksi bakımından üstün olduğunu göstermiştir. En yüksek enerji verimliliği 300 $\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ altında elde edilmiştir. Fotosentetik ışık akısı yoğunluğu (PPFD) 50 den 550 $\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ ’e artarken spesifik yaprak alanında azalma görülmüştür. 300 ve 450 $\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ altında yetiştirilen bitkilerde palisad parankiması ve sünger parankima büyümüş, stoma sıklığı ve her bir yapraktaki stoma alanları ayrıca yükselmiştir. En yüksek net fotosentez oranı 300 $\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ altında yetiştirilen bitkilerden elde edilmiştir. Çalışma sonuçları gösteriyor ki 300 $\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ genç domates bitkilerinin yetiştirilmesi için oldukça uygundur ve 300 μmol

$\text{m}^2 \text{s}^{-1}$ üzerindeki PPFD'nin önemli derecede katkısı yoktur.

Etkili bir çevre tarımının veya tarıma elverişli olmayan alanların tarıma kazanılması için veya daha çok üretim yapabilmek adına LED aydınlatma yapılarak bu alanların kullanımı sağlanabilir. Ayrıca bu alanların çok olmasıyla mutlaka yeni üretim tekniklerinin kullanılması ve üretim için teşvikin sağlanması öncüllük kazanabilir. Buda teknolojiyle beraber bitkisel üretimde yeni bir sistem olarak kabul görmektedir. Ayrıca yeni bir uygulama olan LED aydınlatma sisteminin kullanılmasıyla, ışık spektrumu bitki ve gelişimi ve büyümesi üzerine etkileri gözlenebilir olarak ortaya çıkar. Bunu desteklemek adına yapılan bir çalışmaya bakacak olursak, Kuzey enlemleri baz alınarak yapılan araştırmada, birçok farklı ışık spektrum aynı mevsimin farklı ekim dönemlerinde de çalışılan ürünün toplam verimde artışların olduğu tespit edilmiştir (Carvalho ve Folta, 2014).

Wojciechowska ve ark. (2016), LED aydınlatma sistemlerinin nitrat konstrasyonu ve metabolizması üzerine nasıl bir etki yaptığını araştırmak için *Valerianella locusta* L. Kuzu marulu üzerinde 30 ve 60 günlük gün ortasında ve akşam saatlerinde çalışmak üzere LED ve Sodyum ampül (HPS) lambalarını kullanmışlar. İki yıllık çalışma verilerine göre LED aydınlatmalar sonbahar aylarında nitrat içeriğini daha fazla düşürürken ilkbahar döneminde kontrol şartlarına göre bu düşüş % 10'larda olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar 30 günlük ışık uygulamasında 60 günlük ışık uygulamasına göre daha fazla nitrat birikimi tespit etmişlerdir.

Bitki ışık kaynaklarından genel olarak etkilenir. Bitki rengi, bitki boyu, bitki dokusu yanı sıra, şekerler, karotenoidler, klorofiller, askorbik asit ve antosiyaninler gibi metabolit konsantrasyonlar ve pigment de etkilenilir. Genel olarak ışık yayanlar, yeşil sebze üretiminin esas ışık kaynağının olmasının yanında bitki kalitesi ve kontrolü için de birçok araştırma bu konuyu ele almıştır. Bu tür araştırmalar çalışılmaya da devam edecektir. Genellikle kırmızı ışığın ışıklandırma spektrum temelinde oluşur (Li ve Kubota, 2009; Carvalho ve Folta, 2014).

Bitki büyüme ve gelişmede çevre faktörü olarak karşımıza çıkan ışık, fide döneminde kalite ve verimini etkileyen en önemli unsurdur. Işık şiddeti için farklı dalga boyunda kullanılan aydınlatma uygulaması, fidelerde birçok parametrenin (yaprak alanı, sürgün yaş ağırlığı ve kök kuru ağırlığı gibi özelliklerin) önemli ölçüde arttığı öne

çıkıştır (Demir ve Çakırer, 2015).

Zhang ve ark. (2018), su kültüründe marul bitkisinin gelişimine, fotosentez oranına ve meyve kalite özellikleri üzerine LED ışıkları ve normal florasanın etkilerini araştırdığı bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmalarında LED ışıklarının mavi ve kırmızı renk tonlarını seçmişler ve ışık düzeyleri olarak $150 \mu\text{mol/m}^2 \cdot \text{s}$, $200 \mu\text{mol/m}^2 \cdot \text{s}$, $250 \mu\text{mol/m}^2 \cdot \text{s}$, and $300 \mu\text{mol/m}^2 \cdot \text{s}$ ışık düzeylerini seçmişlerdir. Tüm uygulamalarda $250 \mu\text{mol/m}^2 \cdot \text{s}$, and $300 \mu\text{mol/m}^2 \cdot \text{s}$ ışık düzeylerinin bitki verimi, C vitamini, çözülebilir şeker miktarı, kuru madde miktarları en yüksek bulunmuştur. Marulun yaprak nitrat düzeylerinin ışık düzeyleri arttığında düştüğünü bildirmişlerdir. Florosanla en düşük ışık uygulamasında yaprak nitrat miktarı 783 mg kg^{-1} iken en yüksek uygulamada sırasıyla 339 ve 292 mg kg^{-1} bulunmuştur. LED aydınlatma ile yapılan konuda ise en düşük ışık uygulamasında yaprak nitrat miktarı ($150 \mu\text{mol/m}^2$) 810 mg kg^{-1} iken en yüksek ışık düzeyinin ($300 \mu\text{mol/m}^2 \cdot \text{s}$) olduğu konuda yaprak nitrat miktarı 456 mg kg^{-1} olarak bulunmuştur.

Bitkiler fitokrom adı verilen, karanlık süresinin uzunluğu, sadece 735 nm ve 660 nm dalga boylarına duyarlı olduğu pigmentler aracılığı ile ölçtüğü gözlenir (Senger 1982; Yağcıoğlu, 2005; Spalding ve Folta, 2005; Dalkılıç, 2018).

Yeşil sebzelerin yetiştirilmesinde genel olarak en yaygın kırmızı LED aydınlatmaları kullanılan ışıktır. Sera veya iklim odalarında verimli bir bitki yetiştirmek için kullanılan kırmızı LED ışığı ile mavi ışık belirli bir oranda birleştirilir. Dolayısıyla deneme sonunda yapılan hasattan belli bir süre önce, kısa süre kırmızı ışık uygulanan bitkilerin daha verimli olduğu belirlenmiştir (Carvalho ve Folta, 2014).

Mavi LED aydınlatmanın yeşil sebzelerin verim ve besin kalitesini artırmaya yönelik yapılan çalışmada bitki kalitesin için olumlu olduğu bildirilmiştir. Mavi ışık, antioksidanı teşvik ettiğini, nitrat içeriğinin azalttığını, askorbik asitin, fenolik bileşiklerin, antosiyanin ve karotenoidlerin içeriklerini artmasını teşvik ettiği ve bitkideki yaprak renginin olumlu etkilediğini gözlemlemiştir (Mizuno ve ark., 2020).



3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma Yerinin Tanımı

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



Şekil 3.1. Bitkilerin yetiştiği ortam.



Şekil 3.2. Akvaryum hava pompası ve LED lambaların genel bir görünümü.

3.1.1. Deneme Materyali

İki farklı ışık yoğunluğunun domates bitkisinde meydana getirdiği morfolojik ve fizyolojik değişikliklerin belirlenmesi amacıyla yapılan bu çalışmada bitkisel materyal olarak, Adamset F1 sırik domates çeşidi tohumları ve ışık kaynağı olarak LED lambalar kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Bitkilerin yetiştirilmesi

Çalışmada, domates tohumları, pomza ile doldurulmuş plastik çimlendirme kaplarına 100'er adet tohum ekildikten sonra çeşme suyu ile ilk sulama yapılmıştır. Pomza iyice ıslandıktan ve sulama suyunun fazlası süzildükten sonra çimlendirme kapları, $25\pm1^{\circ}\text{C}$ sıcaklık %70 neme sahip iklim odasına yerleştirilip, pomza kurumayacak şekilde azar azar çeşme suyu ile sulanmaya devam edilmiştir. Kotiledon yaprakları yatay duruma gelen ve gerçek yaprakları görülmeye başlayınca fidelerde sulamaya Hoagland besin çözeltisiyle (Hoagland ve Arnon, 1938) devam edilmiştir. 2. gerçek yaprakları oluşan fideler, pomza ortamından içinde Hoagland besin çözeltisi doldurulmuş 25x25x18 cm boyutlarındaki plastik küvetlerde su kültürüne alınmıştır. Özel olarak hazırlanmış delikli plastik tablalara domates fideleri küçük sünger parçaları ile sarılmak suretiyle yerleştirilmiştir. Bitki kökleri besin çözeltisinin içerisinde olacak şekilde bitkiler yerleştirilmiş, çözeltinin havalandırma işi, 220V/50Hz voltaj'lık akvaryum hava pompası ile yapılmıştır. Hoagland besin solüsyonunda büyütülen fideler LED lambalardan sağlanan 400 ve 800 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ luk iki farklı ışık yoğunluğunda büyütülmüştür.



Şekil 3.3. Fidelerin genel bir görünümü.

Çizelge 3.1. Besin solüsyonunda kullanılan besin elementi miktarları (ppm)

Elementler	(ppm)
Azot (N)	186
Fosfor(P)	39
Potasyum(K)	146
Magnezyum(Mg)	25.5
Kalsiyum(Ca)	200
Kükürt(S)	34
Demir(Fe)	10.6
Mangan(Mn)	0.50
Bor(B)	0.205
Bakır(Cu)	0.015
Çinko(Zn)	0.055

3.2.2. Ölçüm ve analizlerin belirlenmesi

Ölçüm ve analizler için alınan bitkilerde kök ağırlığı (g), gövde ağırlığı (g), yaprak ağırlıkları (g), yaprak sayıları (adet), gövde uzunluğu (cm) ve gövde çapı (mm) ölçülmüştür. Ayrıca alınan örneklerde klorofil, MDA miktarları, makro ve mikro besin element içerikleri ve antioksidant enzim aktiviteleri ölçülmüştür.

3.2.2.1. Kök, gövde ve yaprak ağırlığı (g)

Kök, gövde ve yaprak ağırlığı 0.001 g hassasiyetteki terazide tartılarak belirlenmiştir.

3.2.2.2. Yaprak sayısı (adet)

Hasat edilen bitkilerin yaprakları teker teker sayılarak belirlenmiştir.

3.2.2.3. Gövde uzunluğu (cm) ve gövde çapı (mm)

Bitkinin kök boğazı ile sürgün ucu arasındaki mesafe cetvel ile ölçülerek gövde uzunluğu belirlenmiştir. Bitkinin gövde çapı ise kumpas (mm) ile ölçülmüştür.

3.2.2.4. Klorofil miktarları

Bitkilerin uç kısımlarından geriye doğru ilk üç yaprak alınarak, bu örnekler analiz yapılncaya kadar -84 °C'deki derin dondurucuda saklanmıştır. -84°C'de donmuş olan yaprak örneklerinden 200 mg alınarak, %80'lik etanol içerisine konularak 80°C'deki su banyosunda 20 dakika süreyle bekletildikten sonra 654 nm'de absorbans değerleri spektrofotometrik olarak okunmuştur (Luna ve ark., 2000). Bu ölçümler sonunda, yaş yaprak örneğindeki toplam klorofil miktarı (Toplam klorofil= Absorbans değerleri x 1000/39.8 x örnek miktarı) formül kullanılarak µg/mg taze ağırlık olarak belirlenmiştir.



Şekil 3.4. Klorofil miktarının belirlenmesi.

3.2.2.5. Lipid peroksidasyonu (MDA içeriği)

Hücre zarlarındaki tahribat sonucunda lipidlerin oksidasyonu sonucunda ortaya çıkan bir ürün olan MDA miktarının belirlenmesi Lutts ve ark. (1996)'nın yöntemine göre yapılmıştır. Yaprak örneklerinden, 150-200 mg tartılarak alınmıştır. Bunun üzerine 5 ml % 0.1'lik trikloroasetik asit (TCA) ilave edilip, bu karışım 12500 rpm devir hızında 20 dakika süreyle santrifüj edilmiştir. 5 ml. lik ekstrakttan 3 ml süpernatant alınıp; bunun üzerine içinde % 20 tiobarbütirik asit (TBA) bulunan 3 ml % 0,1'lik TCA ilave edilerek elde edilen karışım 95 °C'deki sıcak su banyosunda 30 dakika bekletilip, bunun ardından spektrofotometrede A532 ve A600 nm'de absorbans değerleri okunmuştur.

3.2.2.6. Makro ve Mikro Besin İçerikleri

Uçtan itibaren geriye doğru ilk üç yaprak alınarak ve bu örnekler -40°C'deki derin dondurucuda saklanmıştır. İyon analizleri için derin dondurucuda saklanan her bir yaprak örneğinden 200 mg tartılarak, üzerine 10 ml 0.1 N HNO₃ (Nitrik asit) ilave edilerek bir hafta süreyle kapaklı plastik kutularda oda sıcaklığında karanlık ortamda bekletilen örnekler, bu sürenin sonunda çalkalayıcıda 24 saat süreyle çalkalanıp, hazırlanan ekstraktlarda (K, Ca, Fe, Cu, Zn, Mg ve Mn) iyonları Kacar (1994)'e göre atomik absorpsiyon cihazında okunmuştur. Bu ölçümler sonunda, yaş yaprak örneğindeki iyon miktarı µg/mg taze ağırlık olarak belirlenmiştir (Taleisnik ve ark., 1997).



Şekil 3.5. Besin elementi örneklerinin hazırlanması.

3.2.2.6.1. Azot

Alınan yaprak örnekleri 70 °C sıcaklığa ulaşan dijital etüvde sabit ağırlığa ulaşınca kadar kurutulmuştur. Örnekler öğütme makinasında öğütülerek ve nem çekmesi sebebiyle tekrar etüve koyulmuştur. Ardından etüvden alınan örnekler desikatör içerisine bırakılmış ve hızlıca 20 mg tartılmıştır (Kacar ve İnal, 2008). Bilim uygulama ve araştırma merkezi bünyesinde bulunan Gerhardt Dumatherm cihazı ile azot değeri (%) belirlenmiştir.

3.2.2.7. Antioksidant Enzim Aktiviteleri

Farklı ışık yoğunluğunda yetiştirilen bitkilerde stres oluşup oluşmadığını anlamak için antioksidant enzim aktivitelerine bakılmıştır. Bitkilerde meydana gelebilecek enzim aktivitelerindeki değişimi incelemek için yaklaşık 1 gr taze yaprak örneği sıvı azot içerisinde porselen havanlarda ezildikten sonra, içinde 0.1mM Na-EDTA bulunan 50 mM, 10 ml'lik fosfat tampon çözeltisi (pH:7.6) ile homojenize edilmiştir. Homojenize edilen örnekler 15 dk süresince 15000 g'da santrifüj edildikten sonra elde edilen santrifüjantlar enzim analizlerinde kullanılmıştır. Enzim aktivitelerinin belirlendiği örnekler, ölçüm yapılıncaya kadar +4°C sıcaklıkta tutulması amacıyla kar içinde tutulmuştur. Ölçümler spektrofotometrede gerçekleştirilmiştir. Superoksit dismutaz (SOD) aktivitesi, NBT'nin (nitrobluete trazolium kloridin) ışık altında O_2^- tarafından indirgenmesi yöntemine göre,

askorbat peroksidaz (APX) aktivitesi, 290 nm'de ($E=2.8\text{mM cm}^{-1}$) askorbatın oksidasyonu, katalaz aktivitesi (CAT), H_2O_2 'nin 240 nm'de ($E=39.4\text{mM cm}^{-1}$) parçalanmaoranı esas alınarak yapılmıştır (Çakmak ve Marschner,1992; Çakmak,1994).

3.3. İstatiksel Analizler

İki farklı ışık yoğunluğunun domates bitkisinde meydana getirdiği morfolojik ve fizyolojik değişikliklerin belirlenmesi amacıyla yapılmış olan bu çalışmanın sonucunda elde edilen verilerin değerlendirilmesi için Statgraphics istatistik analiz paket programında varyans analizine tabi tutulmuştur. İstatistiksel olarak önemli bulunan deneme konuları % 5 önem seviyesinde Duncan testi ile gruplandırılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

İki farklı ışık yoğunluğunun domates bitkisinde meydana getirdiği morfolojik ve fizyolojik değişikliklerin araştırıldığı bu çalışmada, çalışma sonunda alınan örneklerde, bazı bitki gelişim parametreleri, MDA, klorofil, makro-mikro besin element içeriği ve bazı enzim (SOD, CAT ve APX) aktiviteleri belirlenmiştir. Ölçüm ve analiz sonuçları aşağıda belirtilmiştir.



Şekil 4.1. Düşük ışık yoğunluğunda genel görünümü.



Şekil 4.2. Yüksek ışık yoğunluğunda genel görünümü.

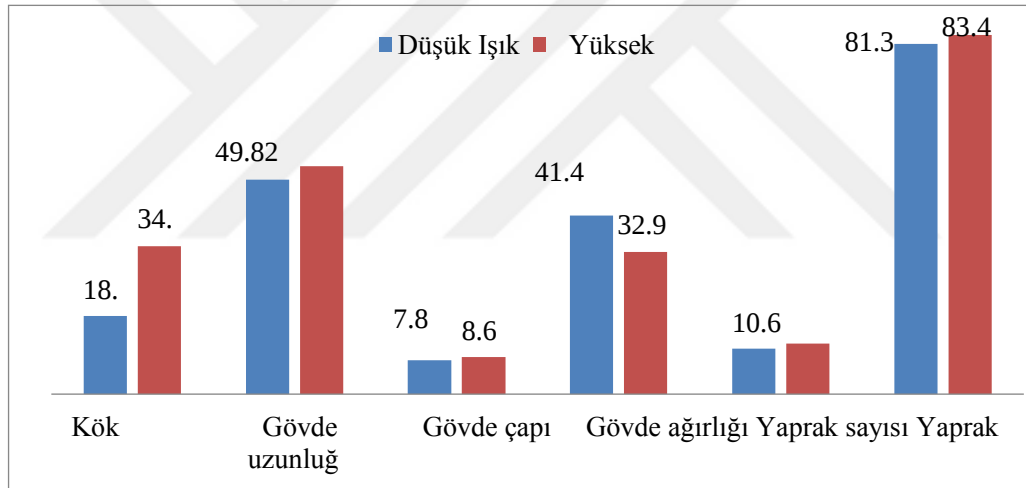
4.1. Bitki büyüme parametreleri

Bitki gelişim parametreleri bakımından iki farklı ışık yoğunluğunun domates bitkisinde meydana getirdiği değişiklikler Çizelge 4.1. ve Şekil 4.1’de sunulmuştur.

Çizelge 4.1. Domates bitkisinde iki farklı ışık yoğunluğunun bitki gelişim parametreleri üzerine etkileri.

Uygulama	Düşük Işık	Yüksek Işık	P değeri
Kök ağırlığı (g)	18.1±2.24 b	34.4±0.41 a	0.987
Gövde uzunluğu (mm)	49.82±8.63 a	52.9±7.74 a	0.569
Gövde çapı(mm)	7.89±1.11 a	8.65±0.41a	0.243
Gövde ağırlığı(g)	41.48±7.75 a	32.98±6.92 b	0.105
Yaprak sayısı(adet)	10.6±1.67 a	11.8±1.09 a	0.216
Yaprak ağırlığı(g)	81.38±12.85 a	83.44±9.54 a	0.780

Aynı satırdaki küçük harfler ortalamalar arasındaki fark ($p \leq 0.05$) önemlidir.



Şekil 4.3. İki farklı ışık yoğunluğunun bitki gelişim parametreleri üzerine etkisi.

Bitki gelişim parametreleri değerlendirildiğinde, bitkilerin kök ağırlıkları ve gövde ağırlıkları bakımından farklılık istatistik açıdan önemli bulunmuştur. Yüksek ışık yoğunluğu altındaki bitkilerin kök ağırlıkları ortalaması 34.4 g olurken, düşük ışık yoğunluğu altındaki bitkilerde ortalama kök ağırlıkları 18.1 g olarak tespit edilmiştir. Yüksek ışık yoğunluğu altındaki bitkilerin gövde ağırlıkları ortalaması 32.98 g olurken, düşük ışık yoğunluğu altındaki bitkilerde ortalama gövde ağırlıkları 41.48 g olarak tespit edilmiştir. Gövde uzunluğu, gövde çapı, yaprak sayısı ve yaprak ağırlığı bakımından ise farkın istatistik olarak önemli olmadığı bulunmuştur.

Domates ve biber bitkilerinde (Özkaraman 2004) ise kavun bitkisinde oransal kök ağırlığının yüksek ışık şiddetinde yetiştirilen bitkilerde belirgin olarak arttığını belirtmişlerdir. Işık şiddeti için farklı dalga boyunda kullanılan aydınlatma uygulaması, fidelerde birçok parametrenin (yaprak alanı, sürgün yaş ağırlığı ve kök kuru ağırlığı gibi özelliklerin) önemli ölçüde arttığı öne çıkmıştır (Demir ve Çakırer,2015).

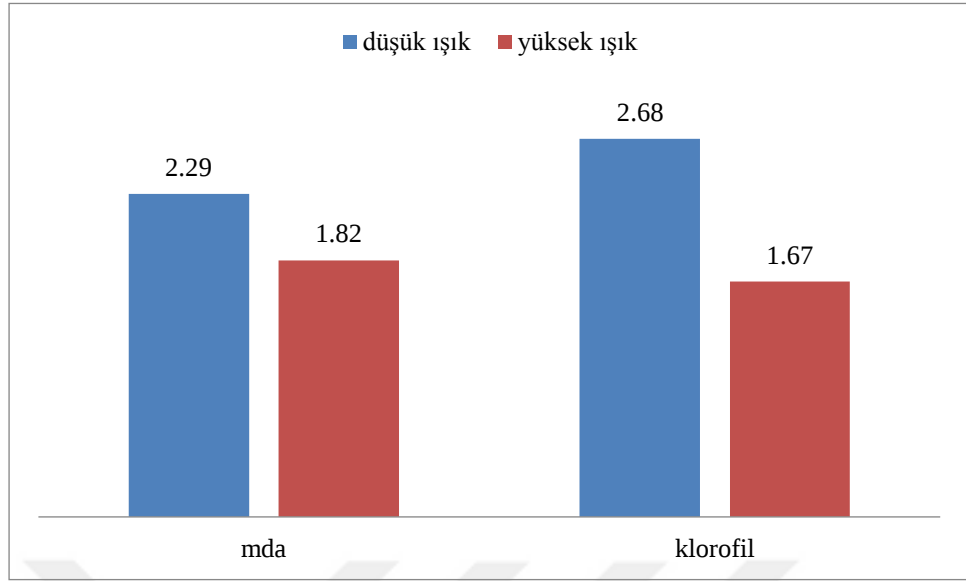
4.2. Lipid peroksidasyonu (MDA içeriği) ve klorofil bakımından ortaya çıkan değişimler

İki farklı ışık yoğunluğunun domates bitkisinde meydana getirdiği lipid peroksidasyonu (MDA içeriği) ve klorofil miktarları Çizelge 4. 2. ve Şekil 4.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Domates bitkisinde iki farklı ışık yoğunluğunun klorofil ve MDA içerikleri üzerine etkileri (μ mol/g T.A.).

Uygulama	MDA	KLOROFİL L
Düşük Işık	2.29±0.45 a	2.68±0.30 a
Yüksek Işık	1.82±0.97 bc	1.67±0.13 b
P Değeri	0.492	0.971

Aynı sütündeki küçük harfleri alan ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ($p \leq 0.05$)



Şekil 4.4. İki farklı ışık yoğunluğunun domates bitkisinde meydana getirdiği klorofil ve MDA içerikleri üzerine etkileri.

İki farklı ışık yoğunlukları bakımından MDA ve klorofil içeriği değerlendirildiğinde, ölçülen değerler arasındaki farklılık istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. MDA miktarlarına bakıldığında, yüksek ışık yoğunluğu altındaki bitkilerde 1.82 μ mol/g T.A iken, düşük ışık şiddeti altındaki bitkilerde 2.29 μ mol/g T.A olduğu tespit edilmiştir. Klorofil miktarlarına bakıldığında, yüksek ışık yoğunluğu altındaki bitkilerde 1.67 μ mol/g T.A iken, düşük ışık şiddeti altındaki bitkilerde 2.68 μ mol/g T.A olduğu tespit edilmiştir.

Bitkide klorofil miktarı, bazı stres faktörlerinde bitkinin olumsuz etkilenmesiyle verim ve kalite de bazı kayıpların olduğu öne çıkmaktadır. Yaşar ve ark. (2010) klorofil miktarında ve MDA'daki değişime stres kaynaklı artışların sebep olduğunu öne sürmüşlerdir.

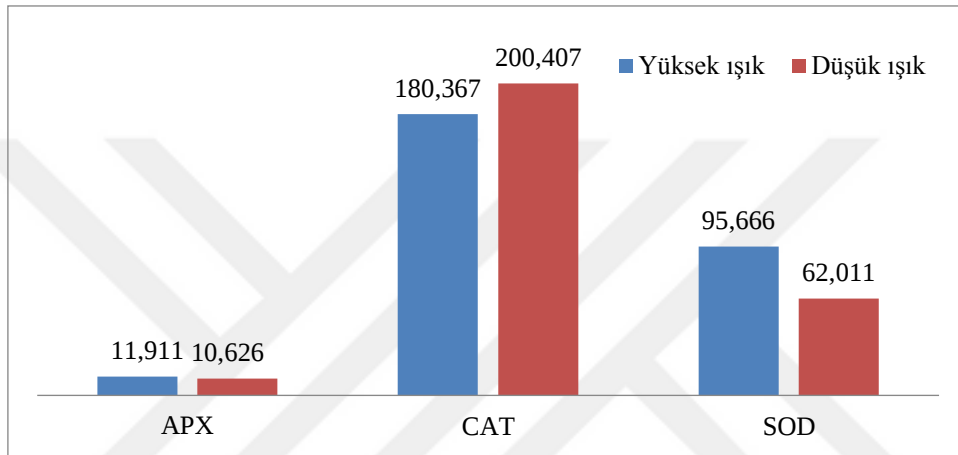
4.3. Antioksidant enzim aktiviteleri

İki farklı ışık yoğunluğun domates bitkisinden alınan yaprak örneklerinde antioksidant enzim aktiviteleri ölçülmüş ve elde edilen veriler Çizelge 4. 3 ve Şekil 4.3.'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. İki farklı ışık yoğunluğunun domates bitkisinde meydana getirdiği APX, CAT ve SOD enzim aktiviteleri üzerine etkileri.

Uygulama	APX ($\mu\text{mol/dak/mg}$ T.A.)	CAT ($\mu\text{mol/dak/mg}$ T.A.)	SOD (U/dak/mg/ T.A.)
Yüksek ışık	11.91 $\pm$ 1.273 a	180.367 $\pm$ 6.476 b	95.666 $\pm$ 1.0 a
Düşük ışık	10.626 $\pm$ 0.472 a	200.407 $\pm$ 9.942 a	62.01 $\pm$ 1.612 b
P değeri	0.1770	0.0430	0.000

Aynı sütündeki küçük harfleri alan ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ($p \leq 0.05$)



Şekil 4.5. Farklı ışık yoğunluğu altındaki domates bitkilerinin APX, CAT ve SOD enzim aktiviteleri.

İki farklı ışık yoğunluğunun domates bitkisinin yaprak örneklerindeki askorbat peroksidaz (APX) ($\mu\text{mol/dak/mg}$ T.A.), Katalaz (CAT) ($\mu\text{mol/dak/mg}$ T.A.) ve süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktiviteleri (U/dak/mg/ T.A.) üzerine etkileri Çizelge 4.3 ve Şekil 4.3'te verilmiştir. İki farklı ışık yoğunluğu bakımından incelendiğinde CAT ve SOD enzim aktiviteleri bakımından istatistiksel açıdan önemli farklar bulunmuştur. Fakat APX aktiviteleri bakımından istatistiksel farklılık bulunmamıştır. Yüksek ışık yoğunluğu altındaki bitkilerden ölçülen CAT miktarı 180.367 $\mu\text{mol/dak/mg}$ iken, SOD miktarı 95.666 $\mu\text{mol/dak/mg}$, düşük ışık yoğunluğu altındaki bitkilerde ise CAT miktarı 200.407 $\mu\text{mol/dak/mg}$ iken SOD miktarı 62.01 $\mu\text{mol/dak/mg}$ olarak belirlenmiştir.

Mullineaux ark. (2000) H_2O_2 'in patojen-indüklü tepkiler esnasında olduğu gibi abiyotik stresler esnasında da bir sinyal molekülü olarak işlev gördüğünü bildirmişlerdir. Süperoksit radikalleri (O_2^-), oksidatif metabolizmanın toksik yan ürünleridir ve H_2O_2 ile tepkimeye girerek, hücrelerdeki oksijen toksisitesinden birincil derecede sorumlu olan yüksek reaktif hidroksil radikallerini ($-\text{OH}$) oluşturur (Bowler

ark. 1992). O_2 nin ve H_2O_2 oksijene dismutasyonu, hücreyi korumada ilk adımdır (de Azevedo ark. 2005).

Antioksidan enzimler, oksidatif hasarı hafifletmek için ROS (reaktif oksijen türleri) süpürücüleri olarak rol oynamaktadır. SOD (süperoksit dismutaz), süperoksit radikalle H_2O_2 üretmek üzere reaksiyona girmekte ve 'de H_2O_2 APX (askorbat peroksidaz) ve CAT (katalaz) başta olmak üzere peroksidazlar tarafından süpürülmektedir (Yasar 2003, yasar ve ark 2010, Miller ark. 2010). Bu bilgilerin ışığında, uygulamada kullanılan yüksek ışığın domates bitkilerine H_2O_2 içeriğine etki etmemesine neden olarak doz ve/veya uygulama sürelerinin fidelerde stres oluşturacak miktarda olmadığı ya da CAT (Katalaz) enzim aktivitesinin H_2O_2 miktarına azaltıcı etki yaptığı düşünülebilir.

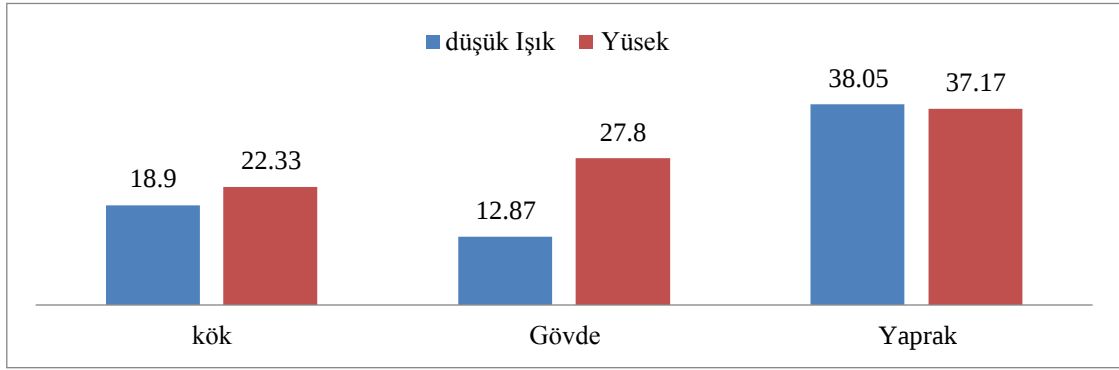
4.4. Bitki organlarındaki iyon birikim miktarları

İki farklı ışık yoğunluğunda yetiştirilen domates bitkisinin bitki organlarındaki Ca^{+2} , K^{+} ve Mg^{+2} iyon birikim miktarları ölçülmüş ve elde edilen veriler Çizelge 4.4 ve Şekil 4.4, Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.4. İki farklı ışık yoğunluğunun domates bitkisinde Ca, K ve Mg iyon miktarına etkileri.

Uygulama	Ca				K				Mg			
	Kök	Göv.	Yap.	P	Kök	Göv.	Yap.	P	Kök	Göv.	Yap.	P
Düşük Işık	18.900 b B	12.874 b B	38.05 a A	0.00 6	5.05 b A	5.089 a A	3.526 a B	0.320	1.489 c A	5.044 b B	11.802 7 a A	0.000
Yüksek Işık	22.334 b A	27.808 b A	37.170 a A	0.01 6	3.337 b B	5.748 a A	4.733 a A	0.034	1.044 c A	8.107 b A	13.322 a A	0.000
P Değeri	0.514	0.034	0.823		0.264	0.445	0.005		0.121	0.035	0.330	

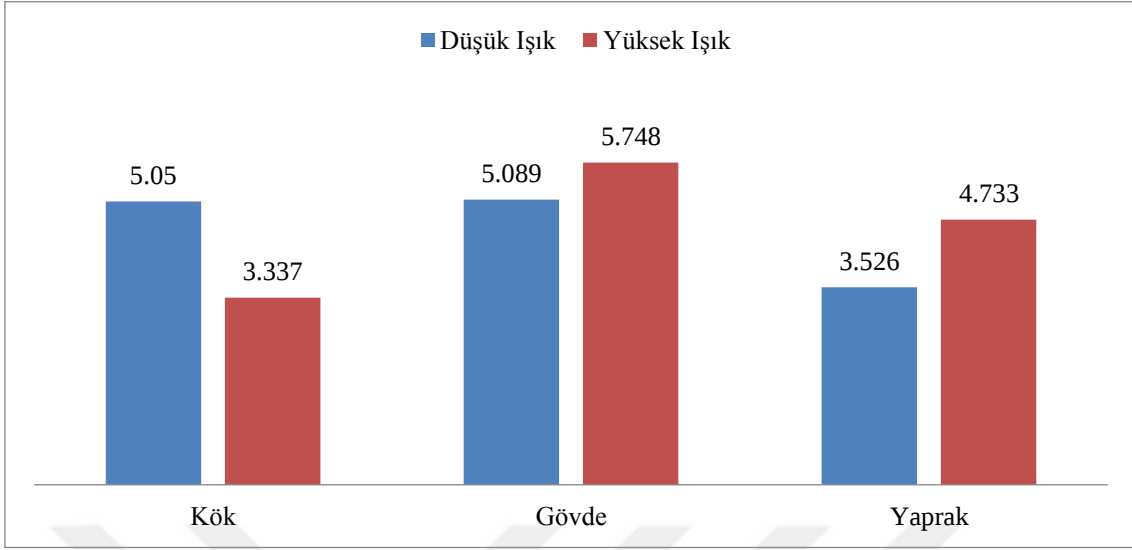
Aynı satırdaki küçük harfler organlar arasındaki farklılıkları göstermektedir ($p \leq 0.05$). Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki organlar üzerindeki farklılıkları göstermektedir ($p \leq 0.05$).



Şekil 4.6. İki farklı ışık yoğunluğunun domates bitkisinde Ca elementi üzerine etkisi.

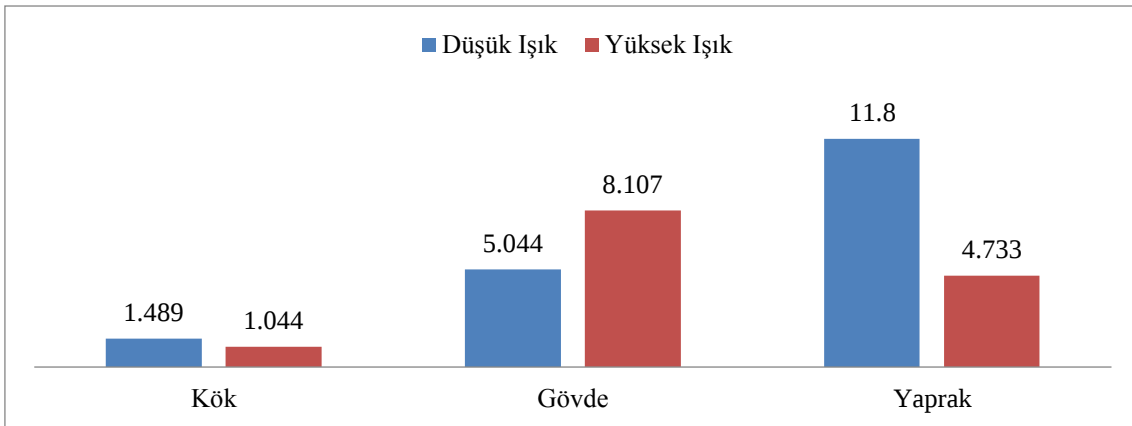
İki farklı ışık yoğunluğu altında yetiştirilen bitkilerde uygulamalar arasındaki Ca^{+2} iyon birikim miktarları değerlendirildiğinde istatistik açıdan önemli bulunmuştur. Kök ve gövde organında istatistik bakımından farklılık bulunurken yaprak organında farklılık bulunmamıştır. Yüksek ışık yoğunluğu altındaki bitkilerin kök (22.334 µg/mg T.A) ve gövde (27.808 µg/mg T.A) organlarında yüksek bulunurken, düşük ışık yoğunluğu altındaki bitkilerin kök (18.900 µg/mg T.A) ve gövde (12.874 µg/mg T.A) organlarında düşük bulunmuştur. Organlar arasında Ca^{+2} miktarlarına bakıldığında farkın önemli olduğu görülmüştür. Organlar arasındaki farklılıklara bakıldığında, yüksek ve düşük ışık yoğunluğu altındaki bitkilerde yaprak kısımlarında yüksek bulunmuştur. Yüksek ışık yoğunluğu altındaki bitkilerde sırasıyla yaprak 37.17 µg/mg T.A, gövde 27.8 µg/mg T.A ve kök 22.33 µg/mg T.A, düşük ışık yoğunluğu altındaki Ca^{+2} iyon birikimi sırasıyla yaprak 38.05 µg/mg T.A, kök 18.9 µg/mg T.A ve gövde 12.87 µg/mg T.A 'dır.

Antioksidan enzimler, oksidatif hasarı hafifletmek için ROS (reaktif oksijen türleri) süpürücüleri olarak rol oynamaktadır. SOD (süperoksit dismutaz), süperoksit radikalle H_2O_2 üretmek üzere reaksiyona girmekte ve 'de H_2O_2 APX (askorbat peroksidaz) ve CAT (katalaz) başta olmak üzere peroksidazlar tarafından süpürülmektedir (Yasar 2003, yasar ve ark 2010,). Bu bilgilerin ışığında, uygulamada kullanılan yüksek ışığın domates bitkilerine H_2O_2 içeriğine etki etmemesine neden olarak doz ve/veya uygulama sürelerinin fidelerde stres oluşturacak miktarda olmadığı ya da CAT (Katalaz) enzim aktivitesinin H_2O_2 miktarına azaltıcı etki yaptığı düşünülebilir.



Şekil 4.7. İki farklı ışık yoğunluğunun domates bitkisinde K elementi üzerine etkisi.

İki farklı ışık yoğunluğu altında yetiştirilen bitkilerde uygulamalar arasındaki K^+ iyon birikim miktarları değerlendirildiğinde, kök ve yapraktaki K^+ iyon miktarı bakımından istatistik açıdan önemli bulunmuştur. İki ışık yoğunluğu altındaki kök ve yaprakları arasında fark önemli bulunurken gövde organları arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. Organlar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir. Yüksek ışıktaki sırasıyla gövdede 5.784 µg/mg T.A, yaprakta 4.773 µg/mg T.A ve kökte 3.337 µg/mg T.A dir. Düşük ışıktaki ise sırasıyla gövde 5.748 µg/mg T.A, kök 5.05 µg/mg T.A ve yaprak 3.526 µg/mg T.A olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.8. İki farklı ışık yoğunluğunun domates bitkisinde Mg elementi üzerine etkisi.

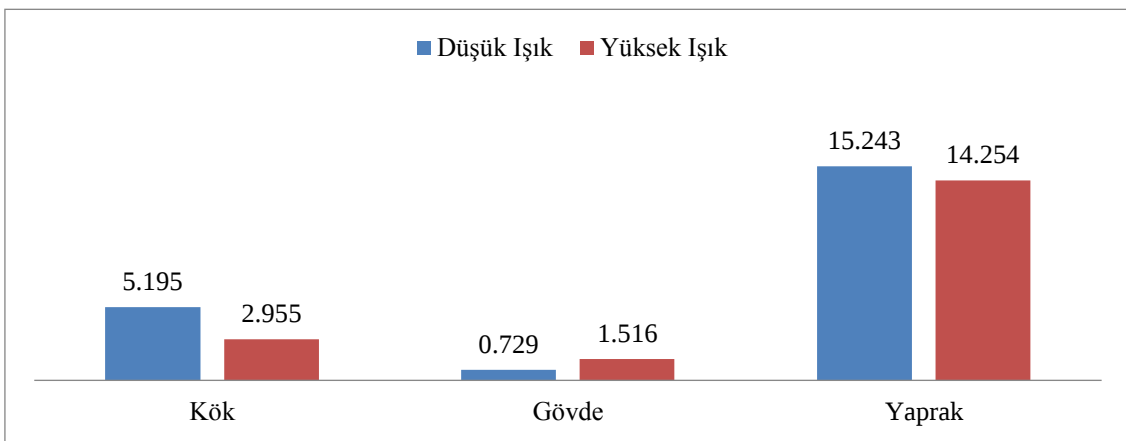
Bitkilerde Mg^{+2} iyon birikim miktarları değerlendirildiğinde, uygulamalar arasında gövdedeki Mg^{+2} iyon miktarı bakımından istatistik açıdan önemli bulunmuştur. Yüksek ışık yoğunluğu altındaki bitkilerde 8.10 $\mu g/mg$ T.A iken, düşük ışık yoğunluğu altındaki bitkilerde ise 5.04 $\mu g/mg$ T.A olarak bulunmuştur. Organlar arasındaki farklılığa bakıldığında yüksek ışık yoğunluğu altındaki bitkilerde sırasıyla yaprak 13.322 $\mu g/mg$ T.A, gövde 8.107 $\mu g/mg$ T.A ve kökte ise 1.044 $\mu g/mg$ T.A dir. Düşük ışık yoğunluğunda ise sırasıyla yaprak 11.8 $\mu g/mg$ T.A, gövde 5.044 $\mu g/mg$ T.A ve kök 1.489 $\mu g/mg$ T.A olduğu tespit edilmiştir.

İki farklı ışık yoğunluğunda yetiştirilen domates bitkisinin bitki organlarındaki Fe ve Mn iyon birikim miktarları ölçülmüş ve elde edilen veriler Çizelge 4.5 ve Şekil 4.7 ve Şekil 4.8’da verilmiştir.

Çizelge 4.5. İki farklı ışık yoğunluğunun domates bitkisinde Fe ve Mn iyon miktarına etkileri.

Uygulama	Fe				Mn			
	Kök	Göv.	Yap.	P değ.	Kök	Göv.	Yap.	P değ.
Düşük Işık	5.195 b	0.729 c	15.243 a	0.000	6.535 b	8.619 b	20.363 a A	0.012
Yüksek Işık	2.955 b	1.516 c	14.254 a	0.000	2.744b	5.986b	10.251 aB	0.000
P Değeri	0.2405	0.0716	0.6727		0.0502	0.4712	0.0097	

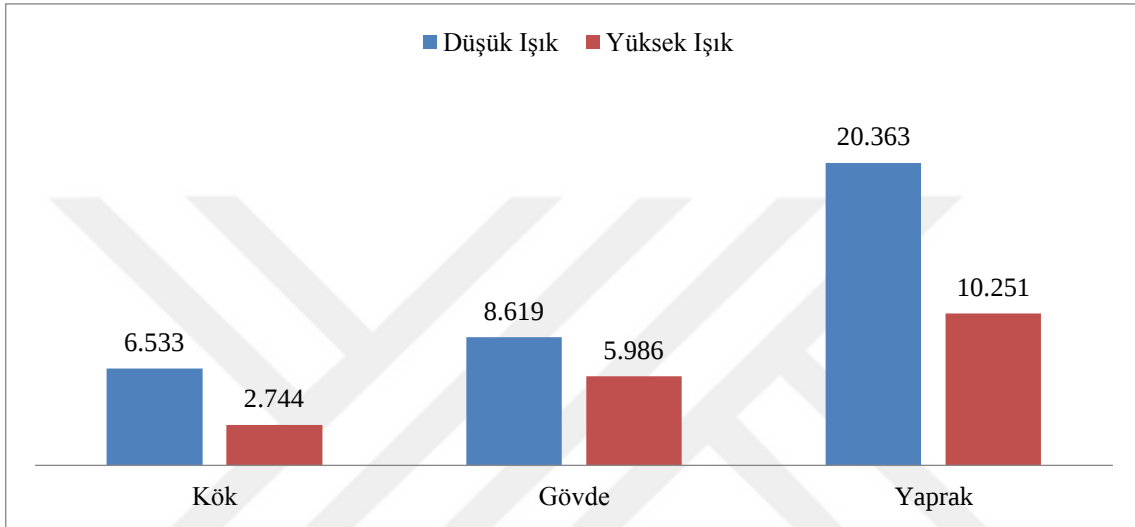
Aynı satırdaki küçük harfler organlar arasındaki farklılıkları göstermektedir ($p \leq 0.05$). Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki organlar üzerindeki farklılıkları göstermektedir ($p \leq 0.05$).



Şekil 4.9. İki farklı ışık yoğunluğunun domates bitkisinde Fe elementi üzerine etkisi.

İki farklı ışık yoğunluğunda yetiştirilen bitkilerde Fe iyon birikim miktarları değerlendirildiğinde uygulamalar arasında istatistik açıdan önemli bir farkın

bulunmadığı görülmüştür. Organlar arasındaki Fe iyon birikimleri ise düşük ışık yoğunluğu altındaki bitkilerin yaprak kısımlarında 15.243 $\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A, kök kısımlarında 5.195 $\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A ve gövde kısımlarında ise 0.729 $\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A aldığı görülmüştür. Yüksek ışık yoğunluğu altındaki organlar arasındaki Fe iyon birikimlerine bakıldığında yaprak kısımlarında 14.254 $\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A, kök kısımlarında 2.955 $\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A ve gövde kısımlarında ise 1.516 $\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A aldığı görülmüştür.



Şekil 4.10. İki farklı ışık yoğunluğunun domates bitkisinde Mn elementi üzerine etkisi.

İki ışık yoğunluğu altında yetiştirilen bitkilerde Mn iyon birikim miktarları değerlendirildiğinde, uygulamalar arasında yaprakta Mn iyon miktarı bakımından istatistik açıdan önemli bulunmuştur, İki farklı ışık yoğunluğu altındaki bitkilerde uygulamalar arasında kök ve gövde kısımlarında istatistik açıdan farkın önemli olmadığı görülmüştür. Yüksek ışık yoğunluğu altındaki yaprak kısımlarında 10.251 $\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A birikim olurken, düşük ışık yoğunluğunda 20.363 $\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A birikim olduğu görülmüştür. Organlar arasındaki Mn iyon birikimi yüksek ışıpta en çok yaprakta 10.251 $\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A. birikirken en düşük kök 2.744 $\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A kısmında birikmiştir. Düşük ışıpta ise en yüksek yaprakta 20.363 $\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A ve en düşük kök 6.533 $\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A te birikmiştir.

Manganın yeşil bitkiler içerisinde en önemli görevi fotosentetik oksijen döngüsündeki rolüdür. Fotosentez sistemi içinde oksijen döngüsü ve suyun parçalanmasında tüm bitkiler mangana ihtiyaç duyarlar. Mangan noksanlığında meydana gelen ilk olay elektron taşınım zincirindeki ışıklı reaksiyonların kesintiye uğramasıdır.

Bu durumda fotofosforilasyon reaksiyonları da olumsuz etkilenirler ve böylece fotosentezde azalma, kloroplastlarda parçalanma meydana gelir. Manganez bazı enzimlerin aktivatörüdür; kloroplast membranının stabilitesi ve fotosentezde oksijen salınımı için gereklidir (Taiz ve Zeiger, 2002).

İki farklı ışık yoğunluğunda yetiştirilen domates bitkisinin bitki organlarındaki Cu ve Zn iyon birikim miktarları ölçülmüş ve elde edilen veriler Çizelge 4.6 ve Şekil 4.9 ve Şekil 4.10’da verilmiştir.

Çizelge 4.6. İki farklı ışık yoğunluğunun domates bitkisinde Cu ve Zn iyon miktarına etkileri.

Uygulama	Cu				Zn			
	Kök	Göv.	Yap.	P değ.	Kök	Göv.	Yap.	P değ.
Düşük Işık	1.754 a	0.081 b	1.419 a	0.0143	8.235Aa	3.081 b	3.729Bb	0.070
Yüksek Işık	1.573 a	0.073 b	0.842ab	0.0547	4.345Bb	4.007b	5.781Aa	0.328
P Değeri	0.765	0.721	0.332		0.153	0.362	0.200	

Aynı satırdaki küçük harfler organlar arasındaki farklılıkları göstermektedir ($p \leq 0.05$). Aynı sütundaki büyük harfler uygulamalar arasındaki organlar üzerindeki farklılıkları göstermektedir ($p \leq 0.05$).

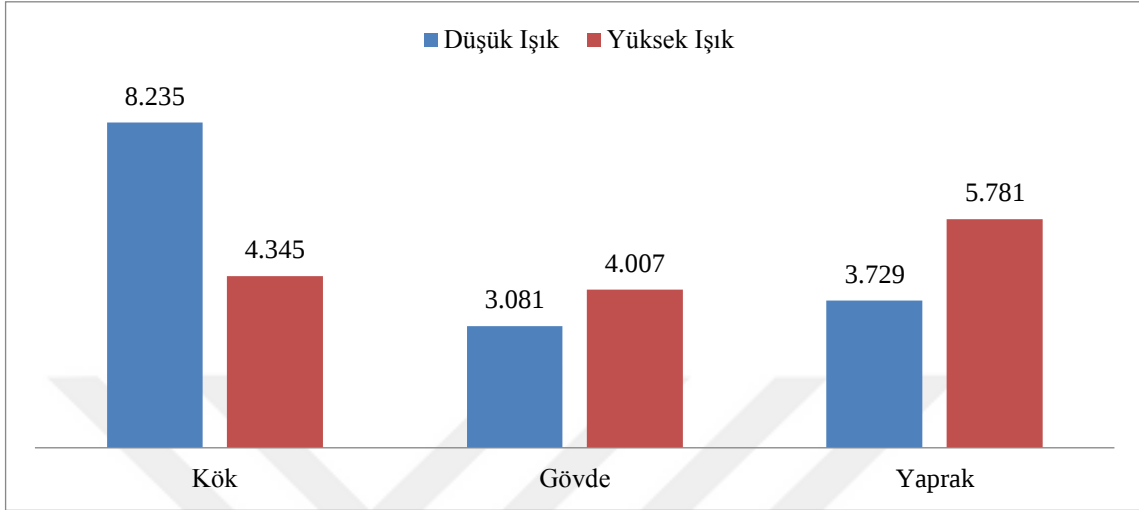


Şekil 4.11. İki farklı ışık yoğunluğunun domates bitkisinde Cu elementi üzerine etkisi.

İki ışık yoğunluğu altındaki bitkilerde Cu iyon birikim miktarları değerlendirildiğinde, uygulamalar arasında istatistik açıdan önemli bir farkın bulunmadığı görülmüştür. Organlar arasındaki Cu iyon birikimi düşük ışık yoğunluğunda en yüksek kök kısmında 1.754 $\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A, en düşük gövde kısmında 0.081 $\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A olduğu, yüksek ışık yoğunluğunda ise en yüksek kök kısmında 1.573

$\mu\text{g}/\text{mg}$ T.A, en düşük gövde kısmında $0.073 \mu\text{g}/\text{mg}$ T.A olduğu görülmüştür.

Correia ark. (2012) UV-B stresi altında mısır yapraklarında fosfor, azot, bakır, çinko ve mangan konsantrasyonunun azaldığını rapor etmişlerdir.



Şekil 4.12. İki farklı ışık yoğunluğunun domates bitkisinde Zn elementi üzerine etkisi.

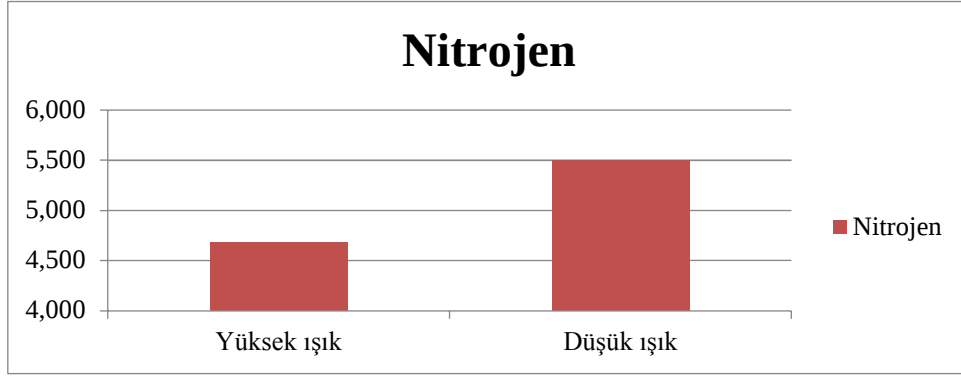
İki farklı ışık yoğunluğu altındaki bitkilerde Zn iyon birikim miktarları değerlendirildiğinde kök ve yapraktaki birikimlerin istatistiksel olarak önemlidir. Yüksek ışık yoğunluğundaki Zn iyon birikimi kökte $4.345 \mu\text{g}/\text{mg}$ T.A iken yaprakta $5.781 \mu\text{g}/\text{mg}$ T.A. dir. Düşük ışık yoğunluğunda ise kökte $8.235 \mu\text{g}/\text{mg}$ T.A iken yaprakta ise $3.729 \mu\text{g}/\text{mg}$ T.A dir.

İki farklı ışık yoğunluğunun domates bitkisinin azot birikimi üzerine etkileri Çizelge 4.7 'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. İki farklı ışık yoğunluğunun domates bitkisinde Nitrojen iyon miktarına etkileri.

Uygulama	Nitrojen ($\mu\text{g}/\text{g}$ T.A.)
Yüksek ışık	4.685 ± 0.401 a
Düşük ışık	5.496 ± 0.985 a
P değeri	0.1476

Aynı sütundaki küçük harfleri alan ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ($p \leq 0.05$)



Şekil 4.13. Farklı ışık yoğunluğu altındaki domates bitkilerinin Nitrojen birikimi üzerine etkileri.

İki farklı ışık yoğunluğu altındaki bitkilerde biriken azot miktarı bakımından farkın istatistik açıdan önemli olmadığı görülmektedir. Yüksek ışık yoğunluğunda 4.68µg/mg T.A düşük ışık yoğunluğunda 5.496µg/mg T.A'dır.

Wojciechowska ve ark. (2016), Araştırmacılar 30 günlük ışık uygulamasında 60 günlük ışık uygulamasına göre daha fazla nitrat birikimi tespit etmişlerdir.

Zhang ve ark. (2018) Florosanla en düşük ışık uygulamasında yaprak nitrat miktarı 783 mg kg⁻¹ iken en yüksek uygulamada sırasıyla 339 ve 292 mg kg⁻¹ bulunmuştur. LED aydınlatma ile yapılan çalışmada ise en düşük ışık uygulamasında yaprak nitrat miktarı (150 µmol/m²) 810 mg kg⁻¹ iken en yüksek ışık düzeyin de (300 µmol/m² · s) olduğu konuda yaprak nitrat miktarı 456 mg kg⁻¹ olarak bulunmuştur.

5. SONUÇ

LED aydınlatma üzerine yapılan birçok araştırmada yaklaşık olarak yarım asırdan beri sürmektedir. Birçok sebze türü üzerine yapılan LED aydınlatma uygulamalarının diğer uygulamalara göre değerlerde daha yüksek verim ve mineral madde kalitesi açısından olumlu olmuştur. Literatürdeki yapılan bazı araştırmalarda, farklı ışıkların dalga boyu bitkilerin üzerindeki morfolojik ve fizyolojik açılardan farklı değişimlere yol açmıştır (Yanagi ve Okamoto 1997). Başka bir çalışmada ise, kırmızı ışık fotosentez hızını arttırırken, mavi ışık ise kloroplast gelişimi ve stoma açıklığı için önemli olduğunu bildirmiştir (Senger 1982).

Sonuç olarak bizim yaptığımız çalışmada iki farklı ışık yoğunluğunun bitki gelişimlerine önemli düzeyde etkisi olmuştur. Yüksek ışık yoğunluğunda yetişen bitkilerin düşük ışığa göre yaprakları daha geniş ve gövde kalınlıkları daha fazla olmuştur. Ayrıca düşük ışığa göre yüksek ışıktaki bitkiler daha erken çiçeklenmişlerdir.

Yüksek ışıktaki yetişen bitkilerin yaprak renklerinde hafif açılmalar görünmesine karşın düşük ışıktaki daha koyu yeşil olmuştur. Bu da klorofil analiz sonucunda da kendini göstermiştir.

Bitkilerin yüksek ışıktan dolayı oksidatif stres yaşayıp yaşamadıklarını anlamak için antioksidant enzim aktivitelerine bakıldı. Çıkan sonuçlardan bitkilerin mevcut ışık yoğunluğundan dolayı oksidatif stres yaşamadıkları anlaşılmıştır.

Denemede incelenen iyon alım ve dağılımlarında da ışık yoğunluğu farklılığından dolayı önemli sonuçlar elde edilememiştir.



KAYNAKLAR

- Andiç, C. 1993. **Tarımsal Ekoloji**. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: **106**, Ders Notları, Erzurum.
- Aybak, K., Kaygısız, H. 2004. **Domates Yetiştiriciliği**. Hasad Yayınları, 3-8.
- Briggs, W. R., Christie, J. M. 2002. Phototropins 1 and 2: versatile plant blue-light receptors. **Trends in Plant Science**, **7**(5):204-210.
- Carvalho, S. D., Folta, K. M. 2014. Environmentally modified organisms—expanding genetic potential with light. **Critical Reviews in Plant Sciences**, **33**(6): 486- 508.
- Charles-Edwards, A.D., D., Doley And Rimmingon, G.M. 1986. **Modelling Plant Growth and Development**. Academic Press. **22**:305-310.
- Croster, M.P., Witt, WW., Spomer, LA. 2003. Neutral density shading and far-red 1266.
- Dalkılıç, Z. 2018. Bitkilerdeki Fitokrom Işık Algılayıcıları. **Journal of Adnan Menderes University, Agricultural Faculty**, **15**(1):21-28.
- Demir, K., Çakırer, G. 2015. Kaliteli fide üretimini etkileyen faktörler. **TÜRKTOB Türkiye Tohumcular Birliği Dergisi**, **4**(13): 12-15.
- Deram, P. 2013. **Light-emitting-diode (LED) Lighting For Greenhouse Tomato Production** (Doctoral dissertation, McGill University Libraries).
- Diez, M. J., Nuez, F. 2008. **Tomato**. In **Vegetables II** (pp. 249-323). Springer, New York, NY.
- Eriş, A. 1995. **Bahçe Bitkileri Fizyolojisi**. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi. (1): 201- 209
- Folta, K.M. ve Childers, K.S., 2008. Light as a growth regulator: controlling plant biology radiation influence black nightshade (*Solanum nigrum*) and eastern black nightshade (*Solanum ptycanthum*) growth. **Weed Science** **51**: 208–213.
- Çakmak, I., Marschner, H., 1992. Magnesium deficiency and highlight intensity enhance activities of superoxide dismutase, ascorbate peroxidase and glutathione reductase in bean leaves. **Plant Physiology**, **98**: 1222-1226.
- Çakmak, I. 1994. Activity of ascorbate-dependent H₂O₂ scavenging enzymes and leaf chlorosis are enhanced in magnesium and potassium deficient leaves, but not in phosphorus deficient leaves. **Journal of Experimental Botany**, **45**: 1259- with narrow-bandwidth solid-state lighting systems. **HortScience** **129**; 467-472.
- Goto, S., Sato, Y., Furumichi, M., Tanabe, M. 2012. KEGG for integration and interpretation of large-scale molecular data sets. **Nucleic Acids Research**, **40**(D1): 109-114.
- Griffith, T.M., Sultan, S.E. 2005. Shade tolerance plasticity in response to neutral vs. green shade cues in Polygonum species of contrasting ecological breadth. **New Phytologist** **166**: 1411-148.
- Günay, A. 2005. **Domates. Sebze Yetiştiriciliği. Cilt II**. (Özel Sebze Yetiştiriciliği) Ders Kitabı:318-344, İzmir.
- Hoagland, D.R. and Arnon, D.I. 1938. **The Method for Growing Plants without Soil: Water -Culture**, University of California, Berkeley, CA, USA. **347**. p 32
- Hobson, G. E., Davies, J. N. 1971. **The Tomato. The Biochemistry of Fruits and Their Products**, Ed. Hulme AL. **2**: 210-220.

- Kacar, B. 1984. **Bitki Besleme Uygulama Kılavuzu**. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 900. Uygulama Kılavuzu: 214. Ankara. 140s.
- Kacar, B., Inal, A. 2008. **Plant analysis**. Nobel Pres, 1241, 891.
- Kadioğlu, A. 1999. **Bitki Fizyolojisi**, Trabzon, 370s.
- Karakaş, A. 2008. **Sera Aydınlatmacılığı**. Elektrik Mühendisliği, Ağustos, **434**: 142-144.
- Karakaş, H. M., Fırat, A. K. 2008. **Subareolar Breast Abscess: Advanced Magnetic Resonance Imaging Findings**. Eur J Breast Health, **4**: 174-177.
- Keskin, G., Çakaryıldırım, N., Dölekoglu, C. 2005. **Domates ve Domates Salcası Durum ve Tahmin 2005-2006**. Teae Yayın, **(140)**: 1-47.
- Kim, K. H., Bang, S.W., Kim, S.R. 2004. Emotion recognition system using short- term monitoring of physiological signals. **Medical and Biological Engineering and Computing**, **42**(3): 419-427.
- Lee, D.W. 1988. Simulating forest shade to study the developmental ecology of tropical plants: juvenile growth in three vines in India. **Journal of Tropical Ecology** **4**: 281-292.
- Lee, D.W., Krishnapilay, B., Mansor, M., Mohamad, H., Yap, S.K. 1996. Irradiance and spectral quality affect Asian tropical rain forest tree seedling development. **Ecology** **77**: 568-580.
- Lee, D.W., Oberbauer, S.F., Krishnapilay, B., Mansor, M., Mohamad, H., Yap, S.K. 1997. Effects of irradiance and spectral quality on seedling development of two southeast asian hopea species. **Oecologia** **110**: 1-9.
- Lee, D.W., Oberbauer, S.F., Johnson, P., Krishnapilay, B., Mansor, M., Mohamad, H., Yap, S.K. 2000. Effects of irradiance and spectral quality on leaf structure and function in seedlings of two southeast asian hopea (dipterocarpaceae) species. **American Journal of Botany** **87**: 447-455.
- Li, Q., Kubota, C. 2009. Effects of supplemental light quality on growth and phytochemicals of baby leaf lettuce. **Environmental and Experimental Botany**, **67**(1): 59-64.
- Lin, J.T., Chen, Y.C., Lee, Y.C., Hou, C.W.R., Chen, F.L. and Yang, D.J., 2012. Antioxidant, anti-proliferative and cyclooxygenase-2 inhibitory activities of ethanolic extracts from lemon balm (*Melissa officinalis* L.) leaves, **LWT- Food Science and Technology**, **49**(1): 1-7.
- Luna, C., Seffino, L.G., Arias, C., Taleisnik, E. 2000. Oxidative stress indicators as selection tools for salt tolerance in *chloris gayana*. **Plant Breeding**, **119**: 341-345.
- Melo A, Cunha SC, Mansilha C, Aguiar A, Pinho O, Ferreira IM 2012. Monitoring pesticide residues in greenhouse tomato by combining acetonitrile-based extraction with dispersive liquid-liquid microextraction followed by gas-chromatography-mass spectrometry. **Food Chem** **135**:1071-1077
- Mizuno, Y., Watanabe, S., Taguchi, T. 2020. Tissue-sealing and anti-adhesion properties of an in situ hydrogel of hydrophobically-modified Alaska pollock-derived gelatin. **International Journal of Biological Macromolecules**, **(163)**: 2365-2373.
- Özkaraman F., 2004. **Sera Koşullarında Sıcaklık, Işık Ve Farklı Budamaların Kavunda (Cucumis melo L.) Büyüme, Gelişme Ve Verime Kantitatif Etkileri**. Doktora Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.

- Öztürk, H.H. and Başçetinçelik, A., 2002. *Seralarda Havalandırma*. Türkiye Ziraat Odaları Birliği, yayın No:227, Ankara.
- Padem, H., Özdamar, H. 2002. Sebze büyüme ve gelişiminde fotoreseptörler *Derim* 9(2):1-8.
- Sancar, A. 2003. Structure and function of DNA photolyase and cryptochrome blue-light photoreceptors. *Chemical reviews*, 103(6): 2203-2238.
- Senger, H. 1982. The effect of blue light on plants and microorganisms. *Photochemistry and Photobiology*, 35(6): 911-920.
- Singh, A. K., Dave, M., Mohan, A. 2014. Hybrid technique for robust and imperceptible dual watermarking using error correcting codes for application in telemedicine. *International Journal of Electronic Security and Digital Forensics*, 6(4): 285-305.
- Smith, J. A., Harré, R., Van Langenhove, L. (Eds.). 1995. *Rethinking methods in psychology*. Sage.
- Spalding, E. P., Folta, K. M. 2005. Illuminating topics in plant photobiology. *Plant, Cell&Environment*, 28(1): 39-53.
- Stevens, M. A., Rick, C. M. 1986. *Genetics and breeding*. In the Tomato Crop Springer, Dordrecht. 35-109.
- Taleisnik, E., Peyrano, G., Arias, C. 1997. Response of chloris gayana cultivars to salinity. 1. germination and early vegetative growth. *Trop. Grassl.* 31:232- 240.
- Taiz, L., Zeiger, E. 2010. Photosynthesis: carbon reactions. *Plant Physiology*. (5): 305-310.
- Taşkaya, B., Keskin, G. 2004. *Kavun-Karpuz*. Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü, TEAE Bakış, Sayı: 6: Nüsha: 9.
- Urbonavičiūtė, A., Samuolienė, G., Brazaitytė, A., Ulinskaitė, R., Jankauskienė, J., Duchovskis, Žukauskas, A., 2008. The possibility to control the metabolism of green vegetables and sprouts using light emitting diode illumination. Scientific Works Of The Lithuanian Institute of Horticulture And Lithuanian University Of Agriculture, *Sodininkystė Ir Daržininkystė*, 28(2): 83-92.
- Uzun, S. 1996. Sıcaklık ve ışığın bitki büyüme, gelişme ve verimine etkisi (I Büyüme). *Ondokuz Mayıs Üniversitesi. Ziraat Fak. Dergisi*, 12(1): 147-156.
- Uzun, S., Demir Y. 1997. Sıcaklık ve ışığın bitki büyüme, gelişme ve verimine etkisi (II, Gelişme). *Ondokuz Mayıs Üniversitesi. Ziraat Fak. Dergisi*, 15(1): 105-108.
- Uzun S, Demir Y, Özkaraman F. 1998. Bitkilerde ışık kesimi ve kuru madde üretimine etkileri. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi. Ziraat Fak. Dergisi*, 13(2): 133-154.
- Uzun, S., 2001. *Serada domates ve patlıcan yetiştiriciliğinde bazı büyüme ve verim parametreleri ile sıcaklık ve ışık arasındaki ilişkiler*. 6. Ulusal Seracılık Sempozyumu, 5-7 Eylül, Muğla.
- Vural, H., D. Eşiyok., İ. Duman, 2000. *Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme)*. Ege Üniversitesi Basım Evi, Bornova, İzmir.
- Xiao-Xue Fan, Zhi-Gang Xu, Xiao-YingLiu,Can-MingTang, Li-Wen Wang, Xue-linHan. 2013. Effects of light intensity on the growth and leaf development of young tomato plants grown under a combination of red and blue light. *Photosynthesis Research*, 39:75–85
- Wojciechowska, R., A. Kołton, O. Długosz-Grochowska, E. Knop, 2016. Nitrate content in Valerianella locusta L. plants is affected by supplemental LED lighting. *Science Horticulturae* 211:179–18

- Wyenandt, C. A., Rhodes, L. H., Riedel, R. M., Bennett, M. A. 2008. Cover crop mulch and fungicide program affect development of Septoria leaf spot and marketable yield in processing tomato production. *Horticulture Science*, **43**(3): 807- 81.
- Yaşar, F., Uzal, Ö., Özpay, T., 2010. Changes of the lipid peroxidation and chlorophyll amount of green bean genotypes under drought stress, *African Journal of Agricultural Research* vol.5(19), pp. 2705-2709
- Yağcıoğlu, A. 2005. Farklı Kurutma Havası Şartlarının Rio Grande Çeşidi Domatesin Kuruma Karakteristiklerine Etkilerinin Belirlenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, **12**(4): 255-266.
- Yanagi, H., Okamoto, S. 1997. Orientation-controlled organic electroluminescence of p-sexiphenyl films. *Applied physics letters*, **71**(18): 2563-2565.



ÖZ GEÇMİŞ

İlk, Orta ve Lise Öğretimimi Diyarbakır'da tamamladı. 2012 yılında Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bahçe Bitkileri Bölümüne yerleşti ve 2016 yılında bitirdi. 2017 yılında Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans eğitimime başladı.

.



T.C
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 16/04/2021

Tez Başlığı / Konusu: İKİ FARKLI IŞIK YOĞUNLUĞUNUN DOMATES BİTKİSİNDE MEYDANA GETİRDİĞİ MORFOLOJİK VE FİZYOLOJİK DEĞİŞİKLİKLERİN BELİRLENMESİ

Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın Kapak sayfası, Giriş, Ana bölümler ve Sonuç bölümlerinden oluşan toplam 41 sayfalık kısmına ilişkin, 15/04/2021 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 7 (Yedi) dir.

Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

- Kabul ve onay sayfası hariç,
- Teşekkür hariç,
- İçindekiler hariç,
- Simge ve kısaltmalar hariç,
- Gereç ve yöntemler hariç,
- Kaynakça hariç,
- Alıntılar hariç,
- Tezden çıkan yayınlar hariç,
- 7 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit inatch size to 7 words)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.

Tarih ve İmza

Adı Soyadı: Seyfettin AKİN

Öğrenci No:169101151

Anabilim Dalı: Bahçe Bitkileri

Programı: Yüksek lisans

Statüsü: Y. Lisans ☒ Doktora ☐

DANIŞMAN ONAYI
UYGUNDUR

Prof. Dr. Fikret YAŞAR

(Unvan, Ad Soyad, İmza)

ENSTİTÜ ONAYI
UYGUNDUR

(Unvan, Ad Soyad, İmza)