

T.C.
ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI GÜÇTE VE MESAFEDEKİ IŞIĞIN *TRİTİCUM*
AESTİVUM L. (BUĞDAY) VE *HORDEUM VULGARE* L. (ARPA)
ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Ayşegül ARICIOĞLU

Danışman: Doç. Dr. Yunus AKALTUN
İkinci Danışman: Doç. Dr. Etem OSMA

ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

ERZİNCAN
2021

Her Hakkı Saklıdır.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI GÜÇTE VE MESAFEDEKİ IŞIĞIN *TRITICUM AESTIVUM* L. (BUĞDAY) VE *HORDEUM VULGARE* L. (ARPA) ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Ayşegül ARICIOĞLU

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Yunus AKALTUN

Bu araştırmada bitki büyümesi için etkili bir yapay ışık kullanma yöntemi incelenmiştir. Küresel nüfus artışı ve devam eden iklim krizi gibi problemler, istikrarlı gıda tedariki için verimli yöntemlere olan ihtiyacı artırmaktadır. Bu çalışmada 250W, 400W, 600W MH değerlerine sahip gelişim dönemi lambaların, 1m, 1,5 m ve 2,5 m'lik farklı mesafeler için arpa (*H. vulgare* L.) ve buğday (*T. aestivum* L.) üzerindeki etkileri incelenmiştir. Yetiştirme, gün ışığı olmaksızın tek ışık kaynağı olarak 250W, 400W, 600W MH değerine sahip ışıkla aydınlatılan büyütme odalarında gerçekleşmiştir. Günlük 13-14 saat ışığa maruz kalan bitkiler 15 günün sonunda hasat edilmiştir. Yapılan çalışmalarda farklı mesafelerde 250W, 400W, 600W MH lambasının buğday ve arpada hasat sonrası elektrolit sızıntı miktarı, klorofil ve karoten miktarı, topraktan B (Bor), Cu (Bakır), Fe (Demir), Mn (Manganez), Zn (Çinko), Mg (Magnezyum), K (Potasyum), Ca (Kalsiyum), P (Fosfor) alımı miktarı tespit edilmiştir. Elde edilen veriler incelendiğinde buğday ve arpanın 250W, 400W, 600W MH değerine sahip gelişim dönemi lambası ile farklı mesafelere göre tolerans durumlarının karşılaştırılması yapılmıştır.

2021, 52 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Gelişim dönemi lambası, *H. vulgare* L., Metal halojen lamba, *T. aestivum* L.

ABSTRACT

MSc Thesis

EFFECTS OF LIGHT AT DIFFERENT DISTANCES AND DIFFERENT POWER ON GROWING *TRITICUM AESTIVUM* L. (WHEAT) AND *HORDEUM VULGARE* L. (BARLEY)

Ayşegül ARICIOĞLU

Erzincan Binali Yıldırım University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Electrical and Electronics Engineering.

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Yunus AKALTUN

With this research, an effective method of using artificial light for plant growth has been investigated. Problems such as global population growth and the ongoing climate crisis increase the need for efficient methods for stable food supply. In this study, the effects of grow lamps with 250 W, 400 W, 600 W MH values on barley (*H. vulgare* L.) and wheat (*T. aestivum* L.) for different distances of 1m, 1,5 m and 2,5 m were examined. Growing took place without daylight, within light magnification rooms with a value of 250 W, 400W, 600 W MH as the only light source. Plants exposed to light for 13-14 hours daily were harvested after 15 days.

In the studies, the amount of the electrolyte leaks, chlorophyll, carotene and intake of B (Boron), Cu (Copper), Fe (Iron), Mn (Manganese), Zn (Zinc), Mg (Magnesium), K (Potassium), Ca (Calcium), (P) Phosphorus from the soil of the 250 W, 400W, 600 W MH lamp after harvest were determined at different distances. While examining the obtained data, a comparison between 250 W, 400W, 600 W MH growth period lamp of wheat and barley samples and tolerance conditions according to different distances was made.

2021, 52 Pages

Keywords: Grow lamp, *H. vulgare* L. , Metal halide lamp, *T. aestivum* L.

TEŞEKKÜR

“Farklı Güçte ve Mesafedeki Işığın *Triticum Aestivum* L. (Buğday) ve *Hordeum Vulgare* L. (Arpa) Üzerindeki Etkileri” adlı bu çalışma, Erzincan Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince desteklenmiştir (Proje kodu: FYL-2020-698). Teşekkürlerimi arz ederim.

Bu çalışmanın oluşmasında değerli bilgi ve görüşleriyle bana rehberlik eden, bilimsel katkılarını ve yardımlarını esirgemeyen kıymetli hocam, saygıdeğer danışmanım Doç. Dr. Yunus AKALTUN’a, çalışmalarım boyunca her konuda destek olan ve her daim bilimsel bilgi birikimini paylaşan kıymetli hocam saygıdeğer eş danışmanım Doç. Dr. Etem OSMA’ya, çalışma süresince yapmış olduğu yardımları nedeniyle kıymetli hocam Dr. Öğr. Üyesi Müjgan ELVEREN’e ve çalışma konumla ilgili değerli fikirlerini paylaşan jüri üyesi hocam Prof. Dr. Mutlu KUNDAKÇI’ya çok teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca maddi manevi desteğini esirgemeyen, aldığım kararlarda yanımda duran ve her daim yanımda olup cesaretlendiren sevgili aileme çok teşekkür ederim. Son olarak tez çalışmam süresince fikir alışverişinde bulunduğum kıymetli dostlarım aynı zamanda meslektaşlarım KÜÇÜK ve KÖKSAL ailelerine teşekkür ederim.

Ayşegül ARICIOĞLU

Eylül, 2021

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vi
TABLolar LİSTESİ.....	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
3. KURAMSAL TEMELLER.....	10
3.1. Tarımsal Üretimde Kullanılan Lambalar	10
3.1.1. Akkor telli lambalar	10
3.1.2. Metal halojen lambalar	11
3.1.3. Flüoresan lambalar	13
3.1.4. Sodyum buharlı deşarj lambalar.....	13
3.1.5. Cıva buharlı deşarj lambalar	14
3.1.6. Led lambalar.....	15
3.2. Tarımsal Üretimde Işığın Önemi.....	15
3.2.1. Işığın element alımına etkisi.....	16
3.3. Günümüzde Yapay Işık Kaynağı ile Bitki Yetiştiriciliği	18
4. MATERYAL ve YÖNTEM.....	20
4.1. Materyal	20
4.2. Yöntem	20
4.2.1. Hücredeki elektrolit sızıntı miktarının tespit edilmesi.....	24
4.2.2. Klorofil ve karotenoid tayini	24
4.2.3. Element tayini	24
5. ARAŞTIRMA BULGULARI	27
5.1. Arpa ve Buğday Bitkileri Klorofil Miktarları	27
5.1.1. Arpa bitkisine ait klorofil a miktarları.....	27
5.1.2. Buğday bitkisine ait klorofil a miktarları	28

5.1.3. Arpa bitkisine ait klorofil b miktarları	29
5.1.4. Buğday bitkisine ait klorofil b miktarları	30
5.1.5. Arpa bitkisine ait klorofil a+b miktarları	31
5.1.6. Buğday bitkisine ait klorofil a+b miktarları	31
5.2. Arpa ve Buğday Bitkileri İçin Karotenoid Miktarları	33
5.3. Arpa ve Buğday Bitkileri Elektrolit Sızıntı Miktarları	35
5.4. Buğday ve Arpa Bitkilerinin Topraktan Element Alımı Miktarları	36
6. SONUÇ ve TARTIŞMA	39
7. ÖNERİLER	44
KAYNAKLAR	45
EKLER	51
EK-1. Tez Çalışması Süresince Yapılan Akademik Çalışmalar	52

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Metal halojen lamba	12
Şekil 3.2. Klorofilin yapısı.....	17
Şekil 3.3. Farminova bitki fabrikası.....	19
Şekil 4.1. Metal halojen gelişim dönemi lambası	20
Şekil 4.2. Arpa ve buğday tohumlarının ekim aşaması (1.Gün).....	21
Şekil 4.3. Arpa ve buğdayların ışık altında gelişim süreci (4.Gün).....	22
Şekil 4.4. Karanlık oda ortamı	22
Şekil 4.5. Işık altında gelişim süreci (14. Saat).....	23
Şekil 4.6. Işık altında gelişim süreci (2. Gün)	23
Şekil 4.7. Klorofil miktarı tayini.....	25
Şekil 4.8. Klorofil miktarı tayini.....	25
Şekil 5.1. Arpa bitkisinin klorofil a değeri	28
Şekil 5.2. Buğday bitkisinin klorofil a değeri	28
Şekil 5.3. Arpa bitkisinin klorofil b değeri	30
Şekil 5.4. Buğday bitkisinin klorofil b değeri.....	30
Şekil 5.5. Arpa bitkisinin klorofil a+b değerleri	31
Şekil 5.6. Buğday bitkisinin klorofil a+b değerleri	32
Şekil 5.7. Arpa bitkisinin karotenoid değeri	33
Şekil 5.8. Buğday bitkisinin karotenoid değeri.....	34
Şekil 5.9. Arpa bitkisinin elektrolit sızıntı miktarı	35
Şekil 5.10. Buğday bitkisinin elektrolit sızıntı miktarı	36

TABLÖLAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 5.1. Arpa bitkisine ait klorofil a değerleri	27
Tablo 5.2. Buğday bitkisine ait klorofil a değerleri	28
Tablo 5.3. Arpa bitkisine ait klorofil b değerleri.....	29
Tablo 5.4. Buğday bitkisine ait klorofil b değerleri	30
Tablo 5.5. Arpa bitkisine ait klorofil a+b değerleri.....	31
Tablo 5.6. Buğday bitkisine ait klorofil a+b değerleri.	32
Tablo 5.7. Arpa bitkisine ait karotenoid değerleri.....	33
Tablo 5.8. Buğday bitkisine ait karotenoid değerleri	34
Tablo 5.9. Arpa bitkisine ait elektrolit sızıntı miktarı	35
Tablo 5.10. Buğday bitkisine ait elektrolit sızıntı miktarı	36
Tablo 5.11. Arpa bitkisinin topraktan element alımı miktarları.....	37
Tablo 5.12. Buğday bitkisinin topraktan element alımı miktarları	38

SİMGELER ve KISALTMALAR

Simgeler

%	Yüzde
°C	Celsius
°K	Kelvin
g	Gram
lm/W	Etkinlik Faktörü
m	Metre
mg	Miligram
ml	Mililitre
nm	Nanometre
W	Watt

Kısaltmalar

LED	Light Emiting Diode (Işık Yayan Diyot)
MH	Metal Halide Lamp (Metal Halojen Lamba)
PAR	Photosynthetically Active Radiation (Fotosentezde Aktif Işıma)
RB	Red-Blue (Kırmızı-Mavi)
RBW	Red-Blue-White (Kırmızı-Mavi-Beyaz)
UV	Ultraviole

1. GİRİŞ

Işık, aydınlatmanın en önemli ve en temel unsurudur. Biyolojik yaşamın başlangıcından beri bütün canlılar için en önemli gereksinimlerden biri olmuştur. Tüm canlıların yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmeleri için gerekli olan en büyük enerji kaynağı güneş ışınlarının olmadığı gece saatlerinde ve ışınlamanın yeterli seviyede olmadığı durumlarda aydınlatma yapabilmek için çeşitli yapay ışık kaynaklarına ihtiyaç duyulmuştur. Aydınlatmanın sürekliliği amaçlanmış ve gelişen teknoloji ile aydınlatma alanında farklı ürünler ortaya çıkmıştır.

Yapay ışıklandırma ilk olarak 1980'li yıllarda Japonya'da, marul gibi yapraklı sebzelerin üretildiği seralarda uygulanmıştır. 2000'li yılların başında ise meyve fidanları ve sebze fidelerinin üretiminde kullanılmaya başlanmıştır (Goto, 2012).

Bitkinin büyümesi için önemli çevresel faktörlerden biri olan ışık, sadece bitki fotosentezi için enerji sağlamakla kalmaz, aynı zamanda bitki büyüme ve gelişme sürecini de düzenler (Li, 2012; Liao vd., 2001). Işık tüm canlılar üzerinde bir etki oluşturur. Bitkiler ise ihtiyaçları olan farklı çevresel parametrelerle birlikte ışığa ihtiyaç duyarlar (Hay ve Walker, 1989; Kılıç, 2018). İhtiyaç duyulan çevresel faktörler arasında ışık, bitkideki fitokimyasal konsantrasyonları etkileyen önemli değişkenlerden biridir (Wheeler, 2008; Samuolienė vd., 2012). Işık, bitkilerin biyolojik olarak çiçeklenme ve çiçek organlarının oluşmasına, morfolojik olarak organ şekillerine ve fizyolojik gelişmelerine etki etmektedir. Bu nedenle bitkilerin büyüme, gelişme ve diğer metabolik olaylarında oldukça etkilidir. Işık miktarının az olması kadar fazla olması da bitki gelişiminde bir takım olumsuz etkiler yaratır (Hay ve Walker, 1989; Kılıç, 2018). Işık; çimlenme sürecinden itibaren, bitkinin tüm gelişim aşamalarında önemli ve farklı düzeylerde etkili olmaktadır (Er ve Başalma, 2014).

Bağıl nem, sıcaklık, ışık yoğunluğu ve ışık kalitesi gibi çevresel faktörler genellikle bitkilerin büyümesi ve gelişmesi üzerinde önemli bir rol oynar. Bu çeşitli çevresel faktörler arasında ışık kalitesi, gövde uzamasını, yan dallanmayı, yaprak uzamasını, pigmentasyonu ve fotosentetik aktiviteyi etkiler (Heo vd., 2003; Jayakumar vd., 2004; Lee vd., 2014). Işık kalitesi, bitki morfolojisi ve fizyolojisi üzerinde ışık yoğunluğu ve fotoperiyoda kıyasla çok daha karmaşık etkiler gösterir (Taiz ve Zeiger, 2008; Chen vd.,

2017). Bu doğrultuda bitki gelişimi için sadece ışık yeterli olmamakla beraber ışığın kalitesi de oldukça önemlidir. Bitkiler verimli bir gelişim göstermek için belirli dalga boylarında ışığa ihtiyaç duyarlar. Işık şiddetinin belli bir noktaya kadar artması fotosentez hızını artırırken belli bir değerden sonra bu artışın fotosentez hızını düşüşe geçirdiği görülmüştür. Işığın az olması gibi çok fazla olması da bitkiye zarar verebilmektedir (Vardar ve Güven, 1996).

Işığın az olduğu durumlarda ince ve soluk renkli gövde ile düşük karbonhidratlı yapraklar görülür. Ayrıca ışığın az olması bitkide gövde gelişiminin yavaş seyretmesine neden olur (Kandemir, 2005; Demirsoy, 2016). Işık şiddetinin düşük olduğu durumlarda sıcaklığın meyve ağırlığı üzerinde etkisi oldukça azken tüm sıcaklık düzeylerinde ışık şiddetinin artması meyve ağırlığını da artırmaktadır. Işık ve bitki morfolojisi ilişkisine dayanarak düşük ışık düzeyinde bitkilerde kuru madde birikimi de azalmaktadır (Uzun, 1996; Demirsoy, 2016). Işık şiddetinin yüksek olduğu durumlarda ise bitkilerde yapısal bozukluklar oluşmakta ve buna bağlı olarak verim ve kalitede azalma meydana gelmektedir. Bitkilerin şiddetli güneşe maruz kalan kısımlarında pigment oluşumu yavaşlamakta ve hücre ölümleri oluşmaktadır. Özellikle meyvelerde oluşan güneş yanıkları yüksek ışığın olumsuz etkilerindendir (Yıldız, 2013; Demirsoy, 2016).

Flüoresan, yüksek basınçlı sodyum ve metal halojenür lambalar seralar için ikincil veya tamamlayıcı aydınlatmada mevcut olan büyüme ışıklarıdır (Wheeler, 2008; Samuolienė vd.,2012). Son yıllarda kullanımı artan LED lambalar ile birlikte yüksek basınçlı sodyum buharlı deşarj lambaları, akkor telli lambalar, floresan lambalar ve metal halojen lambalar bitki üretimde yaygın olarak kullanılan ışık kaynaklarıdır (Vardar ve Güven, 1996; Dayıoğlu ve Silleli, 2012). Yapay ışık kaynakları bitki yetiştiriciliği alanında hem güneş ışığını desteklemek hem de güneş ışığı olmayan yerlerde bu duruma alternatif bir çözüm olarak kullanılmaktadır.

Küresel gıda krizi, dünya çapındaki nüfus artışı ve artan gıda fiyatları nedeniyle yakın gelecekte ciddi bir sorun haline gelecek ve insanlar yiyeceklerini yerel olarak üretmek zorunda kalabileceklerdir (Yamaguchi vd., 2019; United Nations 2017; Food and Agriculture Organization of the United Nations,2018).

Dünya nüfusunun hızlı artışı, küresel ısınma, iklim değişikliği ve doğal kaynakların tahribatı gibi dünyayı tehdit eden problemler, istikrarlı gıda tedariki için verimli yöntemlere olan ihtiyacı artırmaktadır. Bu nedenle yapay ışıklandırma gittikçe önem kazanmakta, seralarda, doku kültürü çalışmalarında, özel yetiştirme kabinlerinde tohum çimlendirme veya fide, fidan yetiştiriciliğinde ve hayvan yetiştiriciliği gibi tarımın birçok alanında kullanılmaktadır (Ünsal, 2018). Bu çalışma ile bitki büyümesi için etkili olacak yapay bir ışık kullanma yöntemi incelenmiştir.

Bu araştırmada bitki yetiştirmede yapay ışık kaynağı olarak kullanılabilen metal halojen lambaların tarımsal üretimdeki yeri ve 250W, 400W, 600W güçte lambaların, 1m, 1,5 m ve 2,5 m'lik farklı mesafeler için arpa (*H. vulgare* L.) ve buğday (*T. aestivum* L.) üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu bağlamda laboratuvar koşullarında aydınlatma sağlanarak yetiştirilme kolaylığı nedeniyle buğday (*Triticum aestivum* L.) ve arpa (*Hordeum vulgare* L.) bitkileri üzerinde çeşitli parametre değerleri incelenmiş ve analiz edilmiştir. Bu araştırmanın yapılacak yeni çalışmalara ışık tutması ve yön vermesi beklenmektedir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Tez çalışmasının kaynak özetleri bölümünde konu ile ilgili literatür taraması yapılmış, ulusal ve uluslararası yayınlar (tez, makale, bildiri, seminer, kitap, vb.) incelenmiştir. Literatür taraması neticesinde konu ile ilgili sınırlı sayıda çalışmanın olduğu görülmüştür.

Choi vd. (2015), olgun çilek bitkilerinin meyve kalitesini belirleyen fitokimyasalların LED ışıkları altında üretimini araştırmayı ve büyüme özelliklerini değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Araştırmacılar bu çalışmada üç farklı dalga boyuna sahip (kırmızı, mavi ve kırmızı-mavi kombinasyonu) LED ışık ve tek ışık kaynağı olarak LED ışıklarla desteklenen plastik sera ile gün ışığına ilave olarak LED ışıklarla desteklenen büyüme odaları olmak üzere iki farklı yetiştirme alanı kullanmışlardır. Yapılan deneylerde kayda değer sonuçlar elde etmişlerdir.

Li vd. (2012), LED ışık teknolojisinin devam eden gelişimi ve artan önemi ile birlikte küçük hacmi, uzun ömrü, iyi spektrum özelliği, yüksek ışık enerjisi gibi olumlu özellikleri sebebiyle bitki yetiştiriciliği alanında yaptıkları çalışmada LED ışık kaynağına dayalı ve uzaktan kontrol edilebilir, doğal yetiştirme ortamını taklit eden bir sistem tasarlamışlardır. Kısa büyüme döngüsüne sahip olan, kirlilik içermeyen, kolay kontrol edilebilir ve güç tüketimi bakımından maliyeti düşük olan bu sistem ile deneysel doğrulamalar sonunda başarılı ve uygulanabilir sonuçlar elde etmişlerdir.

Wang vd. (2012), nesnelerin interneti temelli çalışan ve farklı dalga boylarına sahip LED ışık kaynaklarının spektral özelliklerinin bitki yetiştirme üzerine etkilerini inceleyebilecekleri ve en verimli ışık kaynağı kombinini ileri sürebilecekleri bir sistem tasarlamayı amaçlamışlardır. Sonuçlar akıllı kontrol sistemi temelli yapay tamamlayıcı aydınlatma sisteminin çevre dostu ve enerji tasarruflu bir yöntem olduğunu göstermiştir.

Yamaguchi vd. (2019), “Küçük Topraksız Bitki Yetiştirme Sisteminde (Hydroponic) LED Enerji Tüketimi ile Bitki Büyümesi Arasındaki İlişki” hakkında bir araştırma yapmışlardır. LED aydınlatma sisteminin güç tüketimi ve marul yapraklarının gelişimi arasındaki ilişkiyi, topraksız bitki yetiştirme sistemi kullanarak araştırmışlardır. Bu çalışmada, aynı miktarda enerji tüketimi koşulları altında bile LED ile aydınlanma süresi ne kadar uzun olursa, bitki büyümesinin de o kadar iyi olduğu sonucuna varılmıştır.

Aydınşakir vd. (2005), “Farklı Işık Kaynaklarının Altınbaşak (*Solidago x hybrida* ‘Tara’)’da Verim ve Kalite Özelliklerine Etkisi” hakkında yaptıkları çalışmada ışık kaynağı olarak akkor telli lamba ve sodyum buharlı lamba kullanmışlardır. Araştırmada kritik gün uzunluğu 13 saat olacak şekilde doğal gün uzunluğuna ilave olarak 400W güçte ek aydınlatma yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda ek ışık kaynakları karşılaştırıldığında sodyum buharlı lamba kullanılan deney grubunun akkor telli lamba deney grubuna göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Sonuçlar arasındaki farklılık ışık kaynaklarının ışık şiddeti arasındaki fark ile ilişkilendirilmiştir.

Aksoy (2008), yapmış olduğu yüksek lisans tezinde “Dış Mekân Aydınlatmalarının Bazı Bitki Türlerine Etkisi” başlığı altında Gelin duvağı, Güvercin Üzümü, İpek Ağacı, Ağaç Hatmi, Çit Hatmi, Çalı Mine, Fıstık Çamı ve Yalancı Akasya bitkilerinin dış mekan aydınlatması olan alanlardaki gelişimini incelemiştir. Çalışmada, ışık kaynağı olarak 250 W’lık cıva buharlı lamba 10 m yükseklikte ve çift yönlü kobra başlıklı olarak kullanılmıştır. Fıstık Çamı, Ağaç Hatmi, Yalancı Akasya ve Çit Hatmi bitkileri üzerinde olumlu yönde gelişim gözlemlenmiş ve diğer bitkiler üzerinde de olumsuz bir etki gözlemlenmemiştir.

Yen vd. (2012), mahsulün kalitesini, değerini, verimini artırmayı ve yetiştirme koşullarını iyileştirmeyi, ayrıca hasat süresini, mahsul kaybını ve kullanılan böcek ilacını azaltmayı amaçlayan bir çalışma yapmışlardır. *Anoectochilus formosanus* Hayata bitkisinin 1600 Lux floresan lamba, 10W güç değerli mavi LED ve 7W güç değerli kırmızı LED ışık kaynağı altında en iyi gelişimi gösterdiği tespit edilmiş olup tasarlanan hibrit ışık kaynağının bitki gelişiminde olumlu etkilere sahip olduğu saptanmıştır.

Limprasitwong ve Thongchaisuratkrul (2018), Tayland’da fazla miktarda tüketilen ve soğuk hava şartlarında daha iyi yetiştiğinden genellikle kış mevsiminde ekimi yapılan arpacık soğan bitkisini, siyah kanvas ile kaplanmış bitki fidanlığı düzeneğinde mikro denetleyiciler ile kontrol ederek yetiştirmişlerdir.

Ong vd. (2019), son yıllarda hızlı kentleşme ve nüfus artışı sebebiyle gıda güvenliği ve sürdürülebilirliğinin Singapur’da ve hatta birçok ülkede birincil kaygı olduğunu, tarım alanlarının azaldığını belirtmiş ve çalışmalarında otomatikleştirilmiş yetiştirme lambası (grow light) ve nesnelerin internetini kullanarak dış mekan (aquaponic) sistem tasarlayıp geliştirmeyi hedeflemişlerdir. Aquaponics sistemde balık yetiştiriciliği ve topraksız bitki

yetiştiriciliği bir arada yapılmaktadır. Kullanılan Su Ispanağı (Water Spinach) bitkisinin günlük 14-16 saat gün ışığına ihtiyaç duyduğu ve ortamdaki ışık yoğunluğu 25000 Lüks eşik değerinin altında kaldığı için LED ışık kaynaklarının genellikle sadece 8 saat aktive edildiği belirtilmiştir. Topraksız ve balık yetiştiriciliği ikilisinden oluşan bu yeni nesil kentsel tarım tekniği LED ışık kaynaklarıyla desteklendiğinde verim açısından olumlu bir farklılık yarattığı sonucuna varılmıştır.

akırer vd. (2017), yayınladıkları bir makalede bahçe bitkilerinde yaygın olarak kullanılan ışık kaynakları üzerine araştırmalar yapmış ve bitkiler üzerindeki etkilerini ayrı başlıklar altında incelemişler. Araştırmada akkor telli lambalar, metal halojen lambalar, flüoresan lambalar, yüksek basınçlı sodyum buharlı deşarj lambaları ve LED ışık kaynaklarının bitkiler üzerindeki etkilerini incelemiş ve literatürde yapılan çalışmalara yer vermiştirler.

Hamamoto ve Yamazaki (2011) tarafından yapılan bir araştırmada sera domateslerine (*Solanum lycopersicum L.*) 40 W değerinde floresan lamba ile güneş doğarken 2 saatlik sürelerle ek aydınlatma verilmiştir. İlkbahar-yaz ve sonbahar-kış aylarında gerçekleştirilen deneyler sonucunda domates verimi ve meyve kalitesinin %10 arttığı saptanmıştır.

Chen vd. (2017), LED kullanımı ile sağlanan alternatif mavi ve kırmızı ışığın marulun büyüme ve besin özellikleri üzerine etkisini incelemişlerdir. Kırmızı ve mavi LED dalga boylarının doğal ışık ortamında bir arada bulunduğu ve yapay ışık ortamlarında tek başına kırmızı ya da mavi LED kullanımının bitki büyümesi için gerekli ihtiyaçları karşılamayacağı çalışmada belirtilmiştir. Bu araştırmada mavi ve kırmızı LED ışıklarını farklı zaman dilimlerinde ve farklı kombinasyonlar kullanarak bitki üzerine uygulamışlardır. Mavi ve kırmızı ışığın farklı kombinasyonlarda uygulanmasıyla marul bitkisinin kalite ve büyüme özelliklerinde bilinçli olarak farklılık yapılabileceği sonucuna varmışlardır.

Dougher ve Bugbee (2001) yüksek basınçlı sodyum ve metal halojen lambaları altında marulun büyüme ve gelişimini incelerken kırmızı ışığa %2 kadar az mavi ışık eklendiğinde marulun bioktlesinin arttığı sonucuna varmışlardır.

Demirsoy vd. (2016) “Farklı Işık Kaynağı ve Renk Uygulamalarının Patlıcan (*Solanum melongena* L.) Fidelerinin Büyüme Parametreleri Üzerine Etkileri” konusunu çalışmışlardır. Araştırmada, üç farklı ışık kaynağının (akkor telli lamba, yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba ve LED lamba) ve bunların kırmızı ve mavi renklerinin sera koşullarında yetiştirilen patlıcan fidelerinin büyümesi ve fide kaliteleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Sonbahar ve ilkbahar dönemlerinde yürütülen çalışmada patlıcan fidelerinde gövde çapı, oransal yaprak ağırlığı, oransal gövde ağırlığı ve yapraklanma sayısı gibi özelliklerin yapay ışık kaynağı kullanımına bağlı olarak olumlu yönde etkilendiği sonucuna varmışlardır.

Ptushenko vd. (2015), eşit fotosentetik aktif radyasyon yoğunluklu geniş spektrumlu yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba ile karşılaştırıldığında dar bantlı kombine kırmızı ve mavi LED ışıkları altında çin lahanasının (*Brassica chinensis* L.) gelişimindeki düşüşü ve bunun olası nedenlerini araştırmışlardır.

Lin vd. (2013), “Kırmızı, Mavi ve Beyaz LED’lerin Suda Yetiştirilen Marul Bitkisinin (*Lactuca sativa* L. var. capitata) Yenilebilir Kalitesi ve Büyüme, Gelişmesi Üzerindeki Etkileri” hakkında yaptıkları araştırmada, Tayvan’da oldukça sık yetiştirilen marul bitkisinin verimini artırmayı hedeflemişlerdir. Daha önceki çalışmalarda da belirtilen kırmızı ve mavi LED ışık kombinasyonlarının bitkilerin büyümesi ve gelişimi üzerinde etkili bir kaynak olduğu gerçeği ile kırmızı-mavi (RB) LED, kırmızı, mavi, beyaz (RBW) LED ve kontrol grubu olarak floresan lamba kullanmışlardır. Kırmızı-mavi (RB) LED kombinasyonları ile karşılaştırıldığında, kırmızı, mavi ve beyaz (RBW) LED uygulaması altında yetişen bitkilerde çözülebilir şeker ve protein içerikleri sırasıyla daha yüksek ve daha düşüktür.

Jung vd. (2013), farklı LED ışıkları altında pirinç yaprakları (*Oryza sativa* cv. Ilmi) yetiştirerek, bitkinin kısa süreli tepkilerinin metabolik profili ve antioksidan aktiviteleri ile ilişkisini belirlemek üzere, çalışmalarında 3W gücünde beyaz (kırmızı, mavi ve yeşil ışıkların karışımı), kırmızı (R, 660 nm), yeşil (G, 530 nm), mavi (B, 450 nm) renkli 4 farklı LED ve kontrol grubu olarak ışısız gölge ortamı kullanmışlardır. Pirinç yaprakları tek LED ışığı altında günlük 16 saatlik periyotlarla yaklaşık 25±2 °C sıcaklıkta 7 gün yetiştirilmiştir. Araştırmada bitkideki bazı morfolojik ve kimyasal değişimleri analiz etmişlerdir.

Çağlayan (2013), “Seralar İçin Led Lambalı Aydınlatma Otomasyon Sisteminin Tasarlanmasına ve Uygulanmasına Yönelik Bir Çalışma” isimli doktora tez çalışmasında, bitki yetiştirme odaları ve seralar için LED (Light Emitting Diode) lamba kullanarak aydınlatma üzerine bir otomasyon sistemi tasarlamış ve örnek bir imalatını yapmıştır. Mesafeyi de inceleyen bu çalışma sonucunda tarımsal üretimde gerekli olan aydınlatma değerlerini sağlayan bir aydınlatma otomasyon sisteminin tasarımı ve uygulaması başarılı bir şekilde yapılmıştır.

Başer (2006), “Farklı Aydınlatma Programları ile Mısır ve Tritikale Esaslı Rasyonların Etlik Piliçlerin Verim Performansı Karkas Özellikleri ve Yağlanması Üzerine Etkileri” alanında yapmış olduğu doktora tez çalışmasında 4 farklı aydınlatma programı kullanmıştır. 3 yem kaynağının 4 farklı aydınlatma programı altında etlik piliçler üzerine etkisini incelendiği araştırmada, aydınlatma ve yem kombinasyonlarının etlik piliçlerin abdominal yağının azaltılmasında bir metot olarak kullanılabileceği sonucuna erişilmiştir.

Sang-Won Lee vd. (2014), yaptıkları çalışmada karabuğday filizlerinde ve tartary buğday filizlerinde fenolik bileşik seviyesini ölçümlemiş, çalışmada ise kırmızı LED lambaları kullanmışlardır.

Kılıç (2018), ışık üretim metotlarına göre farklılık gösteren ve bu sebeple farklı fiziksel ve yapısal özelliklere sahip akkor flamanlı, LED, sodyum buharlı, cıva buharlı ve metal halojenli deşarj ışık kaynaklarının kullanıldığı farklı aydınlatma ortamları oluşturmuş ve bu ortamlarda “*Triticum aestivum* L. (Buğday) ve *Hordeum vulgare* L. (Arpa)” bitkileri yetiştirmiştir. Yetiştirme ve hasat işlemleri gerçekleştirildikten sonra bitkilerin boy ölçümleri, ağırlık değerleri, klorofil, karoten ve elektrolit sızıntı, miktarları belirlenmiştir.

Karagöz Küçük (2018), “Farklı Renk Sıcaklığına Sahip Yarıiletken Tabanlı Aydınlatma Sistemlerinin *Triticum Aestivum* L. (Buğday) Ve *Hordeum Vulgare* L. (Arpa) Üzerindeki Etkileri” alanında yapmış olduğu yüksek lisans tez çalışmasında laboratuvar ortamında farklı CCT (Correlated Color Temperature; İlişkili Renk Sıcaklığı) değerine (2000, 3000, 6000 °K) sahip LED ışıkları altında buğday (*Triticum aestivum* L.) ve arpa (*Hordeum vulgare* L.) bitkileri yetiştirmiştir. Çalışmada artan renk sıcaklığına paralel olarak klorofil, karoten ve magnezyum alımı miktarlarında, boy ve ağırlık değerlerinde artış görülürken elektrolit sızıntı miktarında azalma olduğu tespit edilmiştir. CCT değerinin

bitki verimi ile doğru orantılı olduğu sonucuna varılmıştır, renk sıcaklığı arttıkça tarımsal verimi arttığı gözlemlenmiştir.

Ünsal (2018), “Farklı Renklerdeki Led Işıkların Rhododendron Luteum Sweet Tohumlarının Çimlenmesi Üzerine Etkileri” konulu yüksek lisans tez çalışmasında farklı renklerde (Mavi, gün ışığı, kırmızı ve mavi+kırmızı (%50+%50)) LED ışıklarının R. luteum tohumlarının fide gelişimleri ile çıkış oranları üzerine etkilerini incelemek amacıyla çeşitli araştırmalar yapmıştır. Çalışmada fide büyüme parametreleri ve çıkış oranı baz alındığında en iyi sonuçlar gün ışığı uygulamasında alınmıştır.

Bu çalışmada ise literatürdeki çalışmalardan farklı olarak 250,400 ve 600W MH değerine sahip gelişim dönemi lambalarının 1m,1,5m ve 2,5 m mesafeli farklı ışık mesafelerinde yetiştirilen arpa ve buğday bitkileri üzerindeki fiziksel ve kimyasal etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

3. KURAMSAL TEMELLER

3.1. Tarımsal Üretimde Kullanılan Lambalar

Seracılık ve tarımda teknolojik yöntemlerin ilerlemesiyle birlikte bitkinin tüm büyüme gelişme evrelerinde oldukça önemli olan güneşin battığı zamanlar ya da güneşten gelen ışığın yetersiz kaldığı zamanlarda yapay ışıklandırmaya ihtiyaç duyulmuştur. Tarımsal üretimde yapay ışık kaynakları güneş ışığını desteklemek amacıyla kullanılabildiği gibi, yetiştirme kabinleri veya dolapları gibi güneş ışığı almayan yerlerde de kullanılabilmektedir (Koç vd., 2009).

Bitki büyümesini desteklemek, homojen bir kalite ve verimlilik sağlamak, bitkiler için morfolojik ve fitokimyasal olayları düzenlemek gibi farklı amaçlarla yapay ışık kaynakları kullanılabilmektedir (Çakırer vd., 2017). Seralarda yapay aydınlatma uygulaması ilk olarak 1980'lerde Japonya'da uygulanmıştır. İlk uygulamaları yapraklı sebzeler üzerine olan yapay aydınlatma uygulamaları, 2000'li yıllarda meyve fidanı ve sebze fidesi üretiminde de kullanılmaya başlanmıştır (Goto, 2012). Akkor telli lambalar, metal halojen lambalar, floresan lambalar, yüksek basınçlı sodyum buharlı deşarj lambaları ve gelişen teknolojiyle LED lambalar yapay ışık kaynağı olarak kullanılan lambalara örnek gösterilebilir (Çakırer vd., 2017).

3.1.1. Akkor telli lambalar

Yapay aydınlatmanın tarihi ateşle başlayıp mum ve gaz lambasıyla aydınlatmaya kadar oldukça eskiye dayanmaktadır (Yüce, 20). Elektrikli ışık kaynaklarının belki de en basit formu olan akkor (enkandesan) lambalar diğer lamba tipleri içinde ortam sıcaklığından en az etkilenen lambalardır. Aynı zamanda diğer lamba türleri içinde enerji açısından en az verimli olanıdır. Akkor lambaların çalışma prensibi basit bir direnç devresinin flaman lamba teline elektrik akımı uygulandığında ısıması esasına dayanmaktadır (Cole ve Driscoll, 2013). Isı enerjisindeki yüksek kayıp miktarı ve verimsiz olmasına rağmen akkor telli lambalar sıcak renk tonları, kurulum kolaylığı ve düşük maliyeti sebebiyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Akkor telli lambalar ışık yayan bir tel, telden elektrik akımının geçmesini sağlayan bir başlık ve cam balon içinde bulunan nitrojen (azot) ve az miktarda da argon gibi asal gazların birleşiminden oluşmaktadır (Taylor ve Alma, 2000; Kılıç, 2018).

Lambayı açma/kapama sıklığı lamba ömrünü etkilemesine rağmen halojen bulunduran enkandesan lambalar bu operasyondan etkilenmemektedirler. Geri dönüşümleri uygun şekilde yapılmadığında deşarj lambalarına nazaran enkandesan lambalar cıva gibi çevreye zarar veren toksik maddeler içermezler. Yaklaşık 1000 saatlik kullanım ömürlerinde lambadaki toz,kir gibi sebeplerle ışık akısı miktarı başlangıçtaki miktara göre %10-15 dolaylarında azalmaktadır. Ayrıca enkandesan lambalar güvenli olarak başlatılmaları için özel bir elektronik sürücüye ihtiyaç duymazlar ve bu sebeple akımda harmonik problemler meydana gelmemektedir (Aman vd., 2013).

Akkor telli lambalar 1806'da Humphrey Davy, Thomas Edison'dan birkaç yıl önce Joseph Swan tarafından da geliştirilmiş fakat 1879 yılında Edison kendi geliştirdiği akkor lambanın patentini alarak, akkor lambanın ticari kabul görmesini ve elektriksel aydınlatmada yer edinmesini sağlamıştır (Cole ve Driscoll, 2013).

3.1.2. Metal halojen lambalar

Cıva buharlı lambaların çalışma prensibine dayanarak çalışan metal halojen (MH) lambalar 1960'lı yıllarda hayatımıza girmiştir. Akabinde, geniş kullanım alanı ile pratik bir ışık kaynağı olarak oldukça popüler hale gelmiştir. Yüksek etkinliğine ve üstün renksel geriverim özelliğine bağlı olarak uygulama yelpazesi oldukça geniş olan metal halojen lambalar tesislerin iç ve dış aydınlatmasında, mağaza aydınlatmasında akkor lambaların yerini almıştır (Sugiura, 1993).

Bu lambalar cıva buharı ve argona ek olarak talyum, indiyum ve sodyum gibi metal halojenler içermektedir. Lambanın çalışma sıcaklığına ulaşmasıyla içerisinde bulunan metal halojenler buharlaşır. Halojen buharı yüksek deşarj sıcaklık eşik değerine ulaştığında, metal ve halojenin birbirinden ayrılmasıyla metal molekülleri kendi spektrumlarını yaymaktadır.

Metal ve halojenler difüzyon ve konveksiyon yaparak deşarj tüpünün daha soğuk bölümlerine hareket ederler. Bu işlemde özellikle dış duvarlara hareket eden metal ve halojenler çevrimi yeniden başlatmak üzere birleşmektedir (Büyükkınacı, 2008).

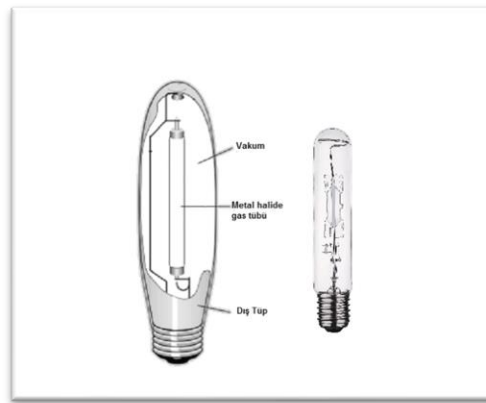
Etkinlik faktörü 75-125 lm/W aralığında olan metal halojen lambaların renksel geriverim özellikleri cıva buharlı lambalara kıyasla oldukça yüksektir. Lambaların renksel geriverimi 70 ile kullanılan halojen miktarına göre 95'e kadar çıkılabilmektedir. Renk

sıcaklıkları 3600-4200 °K ve lamba ömrü 6000-20000 saat arasındadır. Metal halojen lambaların güçleri ise 35W ile 20000W arasında değişmektedir. Metal halojen lambalar çalışmak için ateşleyiciye ihtiyaç duyarlar. Metal Halojen lambaların rejime girme süresi 1-4 dakika arasındadır. Metal halojen lambalar sıcakken yeniden ateşlenemediği için enerji kesintilerinde tekrar ateşlemenin yapılabilmesi için 2-10 dakika gibi bir sürenin geçmesi ve lamba basıncının düşerek lambanın soğuması beklenmelidir (Simpson, 2003).

Metal halojen lambalar oldukça iyi renk özelliklerine sahip olmasına karşın etkinlik faktörleri ve kullanım ömürleri yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalara göre daha düşüktür. Renk özelliklerinin önemli olduğu alanlarda kullanılmaları oldukça uygundur.

Tarım faaliyetlerinde kullanılan diğer lambalara nispeten bu lambalar en iyi genel spektral dağılımı sağlar. Genel amaçlı kullanımlarda renk sıcaklıkları 3600- 4200 °K aralığında olan ve güçleri 35W ile 20000W aralığında değişebilen bu lambalar özellikle sarı-kırmızı spektrumlarda fotosentezde etkisi olan spektrum (PAR) aralığında enerji dönüşümü yüksek basınca sahip sodyum lambalar kadar etkili değildir (Çakırer vd., 2017).

Yaygın olarak mavi spektrumlarda ışık yayan Metal Halojen lambalar, vejetatif ya da yaprak gelişmesi ihtiyacı olan ıspanak veya marul gibi bitkilerin üretim sürecinde kullanılabilir. Vejetatif büyüme üzerinde oldukça etkisi bulunan metal halojen lambalar dallar arasındaki boğum mesafelerinin kısalmasına ve bitkilerin gelişimlerinin sonraki safhalarında meyve çiçek gelişimine destek olacak dal ve büyük yapraklar geliştirmelerine olanak sağlar (Ünsal, 2018). Metal halojen lambaların iç yapısı Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Metal Halojen Lamba (Bektaş, 2014)

3.1.3. Flüoresan lambalar

Elektriksel aydınlatma kaynaklarından bir diğeri olan Flüoresan lambalar 1930'lu yılların sonlarına doğru ortaya çıkmıştır. Lambanın temel yapısı, iç yüzeyi fosfor kaplı cam tüp içerisinde soy gazlar ve az miktarda cıvadan oluşmaktadır. Katotların tarafından lamba içerisinde oluşturulan ark ile cıva buharlaşır ve ultraviyole ışığı oluşur. Oluşan ultraviyole ışık cam tüp içerisinde bulunan fosforla reaksiyona girer ve ışık meydana gelmiş olur. Flüoresan lambalarda enerjiyi kontrolünü sağlamak için balast ve lambanın çalışmasını başlatmak için başlatma mekanizmasına (starter) ihtiyaç duyulmaktadır (Cole ve Driscoll, 2013). Balastlar, elektronik ve manyetik olmak üzere 2 çeşittir. Ateşleme elektrotların ısıtılması ile başlayacağından lambaya başlangıçta yüksek bir gerilim uygulanması gerekmektedir (Gündüz, 2012).

Flüoresan lambalar, mavi, yeşil ve kırmızı renk spektrumunda ışık yayabilirler. Lamba tüplerinin iç kısmında bulunan ve UV radyasyonu görünür ışığa çeviren kimyasal katmana lambanın rengini ve renksel geriverim özelliklerini belirlemektedir. Kullanımı ile enerji tasarrufu sağlamasının yanında flüoresan lambaların ilk kurulum maliyeti de oldukça düşüktür. Ayrıca geniş bir ışık spektrumuna sahip olması ve çalışma süresince etrafa az ısı yayması sebebiyle aydınlatmada olduğu gibi bitki yetiştiriciliğinde de kullanım avantajı sağlamaktadır (Ünsal, 2018). Bitki yetiştiriciliğinde gerekli olan PAR aralığı için dengeli bir spektrum oluşturlar ve etrafa ısı yaymaması sebebiyle iklim odalarında ve özellikle de çok katlı yetiştiriciliğin yapıldığı sistemlerde bitkilere yakın olarak monte edilebilmesine olanak sağlamaktadır (Çakırer vd., 2017).

3.1.4. Sodyum buharlı deşarj lambalar

Sodyum buharlı lambalar yüksek basınçlı ve düşük basınçlı olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Yüksek basınçlı sodyum lambaları ksenon ve sodyum-cıva karışımı içerir ve turuncumsu bir parıltı yayar. Emisyon spektrumu sarı-turuncu-kırmızı aralığındadır (500-650nm), bitkisel üretimde sıklıkla tercih edilen yapay ışık kaynaklarıdır. HPS lambaların ürettiği sarı-turuncu-kırmızı spektrumundaki ışık, bitkilerin üreme süreçlerinde kullanılmaktadır. Dolayısıyla şartlar uygun olduğunda bu lambalar bitkilerin çiçek ve meyve üretimine olumlu katkı sağlamaktadır (Ünsal, 2018). Tarımsal üretimde oldukça önemli olan mavi spektrum HPS lambalarda oldukça düşüktür ve tarımsal faaliyetlerde

kullanılması halinde mavi ışığın yüksek olduğu diğer ışık kaynaklarından takviye alınması önerilmektedir (Çakırer vd., 2017).

Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar 5-10 kPa basınçta çalışırlar. Yüksek basınçlarda sodyumun aşındırıcı etkisinden dolayı cam balon içine yerleştirilmiş seramik deşarj tüpü kullanılmaktadır (Büyükkınacı, 2018). Yüksek basınçlı sodyum buharlı lambalar uzun ömürlüdür ve çevre sıcaklıklarından etkilenmezler. Buna karşın renksel geri verimleri düşüktür ve gerilim dalgalanmalarına karşı hassaslardır. Tekrar yanma süreleri ise oldukça geçtir (Bektaş, 2014).

3.1.5. Cıva buharlı deşarj lambalar

Cıva buharlı lambaların çalışmasındaki temel ilke cam tüp içinde bulunan yüksek basınçlı cıva buharından bir ark akımının geçirilmesidir. Ark akımının kontrolünün sağlanması için balast kullanılması gereklidir. Deşarj lambalarının tamamında olduğu gibi cıva buharlı lambaların da ilk çalışmasında ve sonrasında balast kullanılması gerekir (Bektaş, 2014).

Cıva yoğunlukla, argon gazı ile beraber şeffaf ya da flüoresan malzeme ile kaplanmış dış balon içerisindeki kuvars tüpü ve başlıktan meydana gelmektedir. Kuvars tüpü içinde bulunan yardımcı elektrot, ana elektrot, cıva gazı ve ateşleme gazı olarak doldurulan argon gazı vardır. Yardımcı elektrotunun ateşlemeyi başlatması esnasında ana elektrotlar da deşarjın devamlılığının sürdürülmesini sağlamaktadır (Gordon, 2003).

Gelişmiş ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de 2006 yılından itibaren zehirli etkileri olduğu gerekçesiyle yol aydınlatmalarında cıva yoğunluklu deşarj lambalarının kullanımını yasaklanmıştır. Bu nedenle cıva yoğunluklu lambalara artık nadiren rastlanmaktadır (Bektaş, 2014).

Cıva buharlı lambaların ömrü 6000 ile 9000 saat aralığında değişmektedir. Cıva buharlı lambalar ışık tayfında mor ötesi ışıma alanındadır. Görünür alanda bulunmaması nedeniyle, tüpün iç duvarına sürülen flüoresan madde ile görünür bölgeye çevrilir. Işık tayflarında kırmızı ışık üretmezler. Cıva buharlı lambalarda sarı renkte (579 nm) çok kuvvetli çizgiler bulunurken yeşil renkte (546,1 nm), mavi renkte (453,8 nm), menekşe renginde (404,7 nm) ise nispeten daha az çizgiler bulunmaktadır (Kılıç, 2018).

3.1.6. Led lambalar

LED aydınlatmalar günümüzde bitkiler için ek aydınlatmada önemli bir rol oynamaktadır. LED aydınlatmalar ile bitkilerin büyüme evrelerinde ışık reçeteleri uygulanabilmektedir. Bu lambaların kullanım ömrü uzundur, ısı oluşumu düşük, ışık ve enerji verimliliği yüksektir. LED ışık kaynaklarının morötesinden (UV) kızılötesine (IR) kadar uzanan ve görünür ışık bölgesini de kapsayan geniş bir aralıkta üretimi bulunmaktadır ve bu durum araştırmacılar için oldukça iyi olanaklar sunmaktadır (Koç vd., 2009).

3.2. Tarımsal Üretimde Işığın Önemi

Işık, fotosentez için enerji sağlamanın yanında bitkinin büyüme ve gelişme süreçlerinde de etkili olan en önemli çevresel faktördür. Dünya üzerinde gelişimini devam ettirmek isteyen bütün canlılar gibi bitkiler de enerjiye ihtiyaç duyarlar. Bitkiler bu enerjiyi, depoladıkları kimyasal gıda enerjisinden sağlarlar ve bu kimyasal enerjinin kaynağı güneştir. Bitkiler kloroplastları içerisinde bulundurdıkları özel pigmentler sayesinde ışık enerjisini kimyasal enerjiye dönüştürme özelliğine sahiptirler (Kaçar vd., 2010).

Bitkiler fotosentez yaparken mavi, sarı ve kırmızı renkli orta dalga boylu ışınları daha çok kullanmaktadır. Orta dalga boylu bu ışınlar klorofil oluşumu, dokuların gelişimi ve çiçeklenmeye katkı sağlamaktadır (Bozcuk, 1997; Taiz ve Zeiger, 2008). Botanik araştırmalara göre, yeryüzüne ulaşan güneş ışığının dalga boyu yaklaşık olarak 300 ~ 2600 nm, fotosentez için gerekli olan etkin dalga boyu ise 400 ~ 700 nm'dir. Fotosentez için oldukça etkili olan mavi ışık 425 ~ 490 nm ve kırmızı ışık ise 610 ~ 700 nm aralığındadır (Li, 2012). Kullanılan yapay ışık kaynakları da dalga boylarına, renklerine ve çeşitli özelliklerine göre farklılıklara sahiptir. Işık spektrumunda ki farklılıklar her bitki türü için farklı fotosentetik ve morfogenetik tepkilere yol açmaktadır (Urbonavičiūtė vd., 2008).

Işıktan etkilenen bir diğer madde ise bitkilerde bulunan, sarı-kırmızı arasındaki renkleri veren karoten pigmentidir. Karoten pigmentlerinin insan vücudu için önemli işlevleri vardır. Bazı karotenler A vitamini sentezinin sağlanması için gerekliyken beta karotenin vücudu kansere karşı koruma, antioksidan oluşumu, bağışıklık sistemini güçlendirme ve tümör gelişimini engelleme gibi etkileri vardır (Kahyaoğlu, 2007).

Klorofil bitkilerin inorganik maddeleri kullanarak organik maddeler üreterek büyüme gelişmelerinin temelini oluşturmaktadır (Katsuhara, 1990). Yaprakların fotosentez üretimi, yeşil renk pigmenti olan klorofil konsantrasyonu ile doğru orantılıdır (Kırbay, 2015). Klorofiller fotoelektrik etkisi gibi uyarılma ile fotonları absorbe etmektedir. Bu pigmentler porfirin halkası olarak adlandırılan karmaşık bir halka ve tek veya çiftli bağlar içermektedir. Bu halkanın merkezinde Mg^{++} atomu yer almaktadır (Çiftçi, 2014). Klorofilin yaklaşık 20 türü bulunmaktadır. Bunlar içinde en önemliler a ve b klorofilleridir. Bu renk pigmentlerinin oluşması için ışık en temel gereksinimdir.

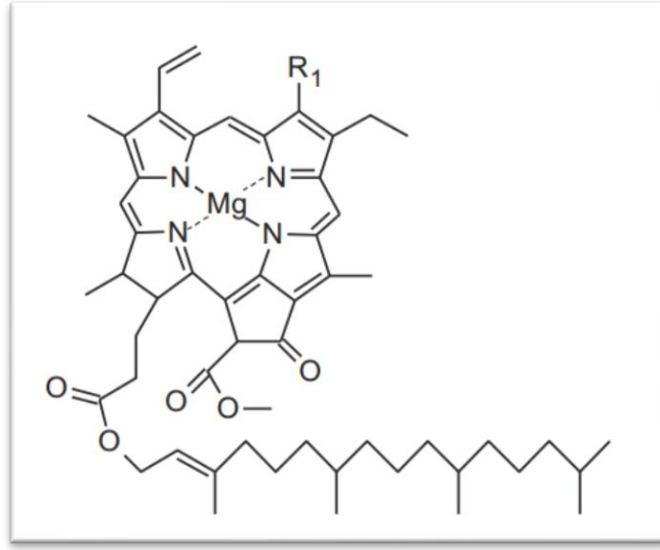
Işık yapraklarda klorofilin oluşması için temel etkindir. Özellikle yaz mevsiminde güneş ışınları dünyaya dik açıyla geldiği için yüksek miktarda ışık şiddetine maruz kalan bitkilerde fotosentez yapan sistemin işleyişi bozulabilmektedir. Yüksek ışık şiddetine maruz kalan bitkilerde klorofilin parçalanması hızlanmakta ve fotosentez kabiliyeti azalmaktadır (Aybak, 2002; Taiz ve Zaiger, 2008; Kırbay ve Özer, 2015).

3.2.1. Işığın element alımına etkisi

İklim şartlarının elverişli olduğu yerlerde bitki besin elementleri büyük önem arz eder.

Klorofil sentezi ve bazı proteinler için gerekli olan demir, içinde enzimleri barındırması nedeniyle hücre metabolizmasında önemli etkiye sahiptir (Tosun, 1992; May ve Pritts, 1990; Ersoy ve Demirsoy, 2012). Düşük potasyum düzeyi ve bitki bünyesindeki düşük çinko yüksek mangan içeriği demir alımını azaltmaktadır DRT (2021).

Magnezyum, klorofil moleküllerinin önemli bir bileşeni olup protein sentezlenmesinde, karbonhidrat metabolizmasında ve enzim aktivitesinde etkiye sahiptir. Bitkiler magnezyumu Mg^{+2} iyonu olarak alırlar. Magnezyum, klorofilin merkez atomudur ve fotosentezde büyük önem arz eder. Bu bağlamda magnezyum eksikliği olması durumunda klorofil miktarı düşer ve fotosentez oluşumu azalır. Fosforun taşınması ve yerleştirilmesinde de önem arz eder. Magnezyum eksikliğinde verimlilikte önemli düzeyde düşüş olur. Yüksek miktarda potasyum ve kalsiyum Mg alımını azaltmaktadır DRT (2021). Klorofilin yapısı Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Klorofilin yapısı (Chen ve Roca, 2018)

Çinko bitkiler için önemli etkileri olan indol asetik asidin sentezinde olması gereken bir elementtir. Klorofil ve karbonhidrat üretiminde ve enzim aktivitelerinde yer alır (Kessel, 2003; May ve Pritts, 1990; Ersoy ve Demirsoy, 2012). Fazla miktarda fosfor, kalsiyum, mangan ve bakır içeren topraklar ile Çinko içeriği düşük olan topraklar çinko alımını zorlaştırmaktadır.

Manganın ise bitkilerde temel etkisi katalizör olması, oksidasyon ve redükasyon olaylarında etkili olmasıdır (Tosun, 1992; Ersoy ve Demirsoy, 2012). Bununla beraber klorofil sentezinde ve sitrik asit döngüsünde enzim reaksiyonları içinde gereklidir (Kessel, 2003; Ersoy ve Demirsoy, 2012). Mangan eksikliği magnezyum eksikliği ile benzerdir fakat mangan fazlalığında, fosforun indirgenmesiyle demirin etkinlik kazanması engellenmiş olur ve bu durum bitkide demir noksanlığı görülmesine sebep olur. Çinko, demir ve bakır gibi elementlerin fazlalığı mangan alımını azaltır.

Bor (B) toprakta iyonlaşmamış borik asit $(BHCO)_3$ halinde bulunur. Bor noksanlığı ile toksitesinin sınırları çok dar bir pencerede seyrederek ve bu sebeple gübreleme yapılırken oldukça dikkat edilmelidir. Bor ve bitki protein sentezi arasında ilişki vardır. Karbonhidratların oluşumu ve taşınmasında görev alan bor, kalsiyum taşınmasında ve yerine yerleştirilmesinde de yardımcı olur. Meyve ve çiçek tutumunu etkiler. Ayrıca bitkide polen oluşması ve hormon sentezi için de gereklidir DRT (2021).

Bakır (Cu), bitkide klorofil oluşumu ve karbondioksit alımı süreçlerinde etkilidir ve bu sebeple fotosentez için oldukça önemli bir elementtir. Potasyum (K), bitkinin bazı hayati olaylarında önem arz eder. Örnek olarak bitkinin su potansiyelinin ayarlanması, karbonhidratların oluşturulması ve taşınmasında rol oynamaktadır. Solunum ve fotosentez için gerekli ve önemli olan birçok enzimin faaliyetine yardımcı olur. Toprakta fosforun fazla miktarda bulunması K alımını azaltmaktadır DRT (2021).

Kalsiyum (Ca) bitkilerin kök uçları aracılığıyla Ca^{+2} iyonu olarak alınmaktadır. Fosfor (P) enerji transferi (ATP), şeker ve nişasta gibi maddelerin taşınması ve depolanmasında etkilidir. Fosforun fazla olması veya aşırı fosfor gübrelmesi kalsiyum (Ca^{+2}), bor (B), demir (Fe^{+2}), çinko (Zn^{+2}) ve mangan (Mn^{+2}) alınımına engel olur DRT (2021).

Işık gereksinimi ile toprak verimliliği doğrudan ilişkilidir. Verimli topraklarda yetişen yapraklarda klorofil miktarı yüksek olduğundan verilen ışık miktarı ile daha fazla fotosentez oluşumu gerçekleştirilir. Işık ve sıcaklık bitkinin gelişmesine olumlu yönde bir etki yapmaktadır (Brohi vd, 1994). Yapraklar tarafından kesilen ışık miktarının artmasının fotosentezi artırarak kuru madde birikimini artırdığı ve verimin yükselmesini sağladığı bilinmektedir (Uzun, 1997; Ersoy ve Demirsoy, 2012).

3.3. Günümüzde Yapay Işık Kaynağı ile Bitki Yetiştiriciliği

Antalya Organize Sanayi Bölgesi'nde uzun yıllardır gıda saklama, işletme ve soğutma teknolojileri alanında faaliyet gösteren Cantek Gorup bünyesinde Türkiye'nin ilk bitki fabrikası 'Farminova' adıyla kuruldu ve faaliyete başladı. Fabrikada topraksız ve güneş görmeyen kapalı alanda yüzde 95 daha az su kullanılarak yapay ışık kaynağı kullanılarak üretim yapılmaktadır. Hava ve güneş gibi dışarıdaki şartlardan tamamen bağımsız üretim yapan tesis, sağlıklı ürün ve sabit fiyat garantisi sağlanmaktadır. Geliştirdiği üretim sistemiyle, 7 gün 24 saat kapalı alanda, hiçbir dış faktörden etkilenmeden, dilenilen yerde, dilenilen zamanda, tüm koşullarda tarım yapmanın önünü açmaktadır. Tamamen kapalı ortamda, yapay ışık kaynakları altında bitki yetiştirmeyi hedefleyen Farminova adlı bitki fabrikasının iç ortamı Şekil 3.3'de gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Farminova Bitki Fabrikası (Farminova, 2021)

4. MATERYAL ve YÖNTEM

4.1. Materyal

Bu çalışma, piyasada kolaylıkla temin edilebilecek yapay ışık kaynaklarının tarımsal faaliyetlerde kullanılabilirliğini araştırmak ve kullanılan ışık kaynakları arasında en uygun güç ve mesafeyi tespit ederek tarımsal üretimdeki verimin artırılmasına yönelik buğday (*Triticum aestivum* L.) ve arpa (*Hordeum vulgare* L.) üzerindeki potansiyel etkilerini incelemek amacıyla yapılmıştır.

Bu çalışmada, kurulacak olan sistemde Şekil 4.1’de gösterilen metal halojen gelişim dönemi lambaları 250W, 400W ve 600W güç değerinde kullanılmıştır ve bu lambalar üç farklı yükseklikte olacak şekilde çalışma ortamlarına monte edilmiştir.



Şekil 4.1. Metal Halojen Gelişim Dönemi Lambası (Growkent, 2021)

4.2. Yöntem

Bu çalışma, Erzincan Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü ve Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, kullanılmak üzere 3 ayrı karanlık oda oluşturulmuş ve 1m, 1,5 m ve 2,5 m’lik mesafelerde lamba montajı gerçekleştirilecek düzenek kurulmuştur. 20 günlük periyotlarla sırasıyla 250W MH lambası, 400W MH Lambası ve

600 W MH lambası 1m, 1,5 m ve 2,5 m'lik mesafelerde hazırlanan düzeneğe monte edilmiştir.

Bu çalışmada Erzincan'ın tarımsal faaliyetlerin gerçekleştiği, kirlilikten uzak verimli arazilerden getirilen toprak kullanılmıştır. Çalışma için yetiştirme saksılarına 750 g hayvan gübresi ile karıştırılan tarla toprağı hazırlanmış, 5'er g buğday ve 4'er g arpa tohumu hazırlanarak ekim yapılmıştır. Tarla kapasitesine uygun olarak 7 gün toprağı 100-150 ml kadar su uygulanmıştır.

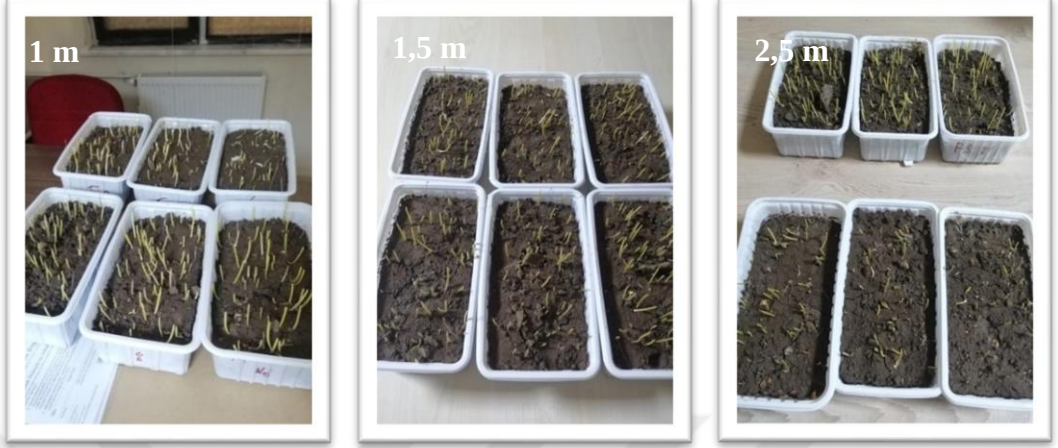
Çimlenme gerçekleştikten sonra su verme işlemi gerek yapraklar üzerine püskürtme gerek toprağı uygulama şeklinde yapılmıştır. Çimlenme sonrası buğday ve arpalar yaklaşık 13-14 saat 250W MH, 400W MH ve 600 W MH lambaları altında farklı mesafelerde ışığı maruz bırakılmıştır.

400 W MH lamba altında yetiştirilen arpa ve buğdaylara ait görseller Şekil 4.2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Arpa ve Buğday Tohumlarının Ekim Aşaması (1.Gün)

Karanlık odada bulunan arpa ve buğdaylar çimlenme başladıktan sonra 400W MH ışıqla desteklenmiş ve ilgili görseller Şekil 4.3’de gösterilmiştir.



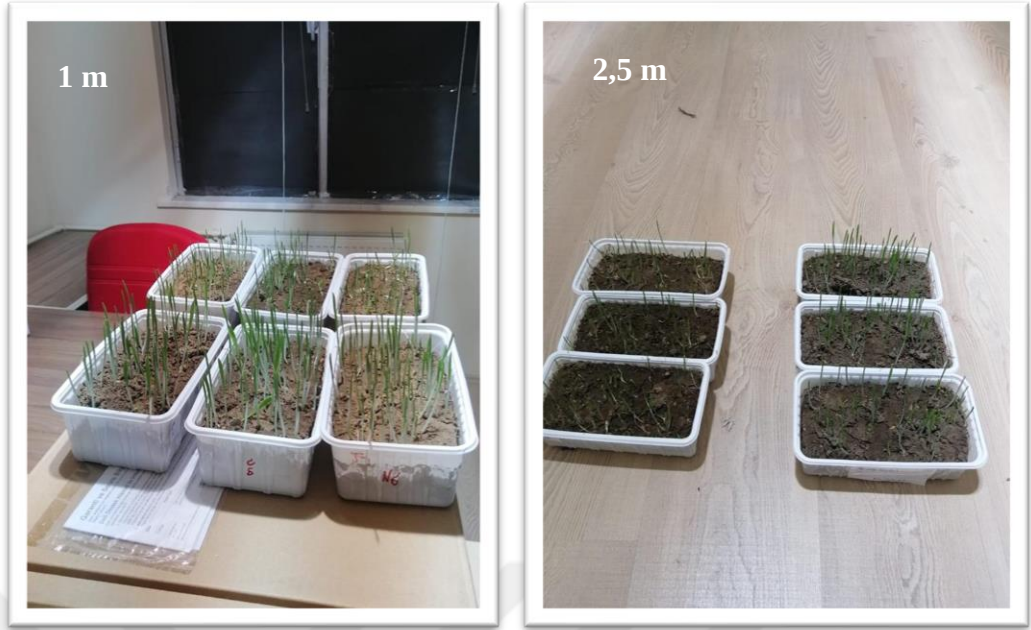
Şekil 4.3. Arpa ve buğdayların gelişim süreci (4.gün)

Arpa ve buğdaylara ışık verilmeye başlanan karanlık oda ortamına ait görseller Şekil 4.4’te verilmiştir.



Şekil 4.4. Karanlık oda ortamı

Arpa ve buğdaylara ışık verilmeye başlandıktan 14 saat sonra gelişimleri gözle kontrol edilmiş ve ışık altındaki gelişim sürecine ait ilk görseller Şekil 4.5’te verilmiştir.



Şekil 4.5. Işık altında gelişim süreci (14. Saat)

Arpa ve buğdaylara ışık vermeye başlandıktan 2 gün sonraki görseller Şekil 4.6’da verilmiştir.



Şekil 4.6. Işık altında gelişim süreci (2. Gün)

4.2.1. Hücredeki elektrolit sızıntı miktarının tespit edilmesi

Hasat sonrasında bitki yapraklarından 0.1 g taze bitki numunesi alınarak 12 adet deney tüpünün her birine konulmuştur. Tüplerin içerisine 4 ml saf su eklenerek 4 °C de 1 gün süreyle bekletilmiştir. Daha sonra hücrelere verilen hasarın tespiti için alınan örneklerden saf suya geçen iyon miktarları elektrik kondüktivimetre ile ölçülmüştür (Griffith vd., 1992).

4.2.2. Klorofil ve karotenoid tayini

Klorofil miktarı için Şekil 4.7’de gösterildiği gibi hasat yapraklarından 0,1 g numune, porselen havan içerisine alınarak 10 ml %80 lik aseton içinde porselen havanda tokmakla ezilerek homojenize edilmiştir. Karışım filtre kağıdından süzülerek santrifüj tüpüne alınıp 10 ml’ye tamamlanmıştır. Şekil 4.8’de gösterilen karışım 10 dakika süreyle santrifüj edilmiştir. Elde edilen karışımın 663, 646 ve 440 nm absorbans değerleri spektrofotometre cihazında ayrı ayrı tespit edilmiştir.

Klorofil miktarının hesaplanması için;

$$Chla = 12,25A_{663} - 2,55A_{646}$$

$$Chlb = 20,31A_{646} - 4,91A_{663}$$

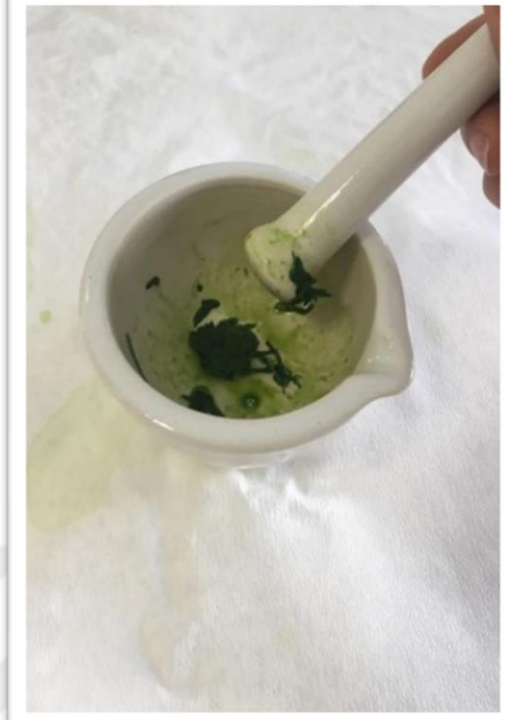
$$Chla + Chlb = 17,76A_{646} + 7,34A_{663}$$

$$\text{Karotenoid (Car)} = 4,69A_{440} - 0,267Chla+b$$

Formüllerinden yararlanılmıştır. Sonuçlar mg/ml şeklinde elde edilmiştir (Porra vd., 1989; Osma vd., 2014).

4.2.3. Element Tayini

Yetiştirilen buğdaylar 15. arpalar ise 11. günün sonunda hasat edildikten sonra 80 °C ‘ye ayarlanmış etüv içinde bir gün boyunca kurutuldu. Kurutma işleminden sonra havanda toz haline getirilen örnekler ayrı poşetlere konulup isimlendirilerek saklandı. Toz haline getirme işlemi sırasında örneklerin tozlarının birbirine karışmaması için her örneğin toz haline getirme işleminden sonra havan etil alkol ile temizlendi (Osma vd., 2013).



Şekil 4.7. Klorofil Miktarı Tayini



Şekil 4.8. Klorofil Miktarı Tayini

Bitki numunelerinden 0,5'er g tartılarak teflon hücrelere konulup, örnekler içine 10 mL %65'lik HNO₃ ilave edildikten sonra 180 °C'de ve 280 PSI basınçtaki mikrodalga cihazı içinde yirmi dakika boyunca yakıldı. Hücreler, mikrodalga işleminden sonra soğumaya bırakıldı. Soğuyan hücreler içerisindeki numunelerin üzerleri, saf su ile 50 mL'ye tamamlandı. Daha sonra filtre kağıdından süzülerek ICP-OES cihazında uygun dalga boylarında okundu (Osma vd., 2013).

Yaptığımız çalışmanın sonucunda elde edilen veriler kullanılarak çeşitli analizler yapılmıştır. Elde edilen verilerin istatistiksel karşılaştırılmasında $p \leq 0,05$ değeri anlamlı olarak değerlendirilerek %95'lik güven aralığında örneklerin ortalama değerleri, standart sapmaları, ANOVA testi ve çoklu karşılaştırmalar yapılmıştır.

5. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu bölümde, laboratuvar ortamında, 3 farklı mesafe (1m, 1,5m, 2,5m) ve 3 farklı güçte (250W, 400W, 600W) metal halojen armatürler altında yetişen arpa (*Hordeum Vulgare* L.) ve buğday (*Triticum Aestivum* L.) bitkilerinin klorofil miktarı, karoten miktarı, elektrolit sızıntı ve topraktan Bor (B), Bakır (Cu), Demir (Fe), Manganez (Mn), Çinko (Zn), Magnezyum (Mg⁺⁺), Potasyum (K), Kalsiyum (Ca), Fosfor (P) alımı miktarı verileri sunulmuştur. Elde edilen veriler grafiklerle gösterilerek analiz edilmiştir.

5.1. Arpa ve Buğday Bitkileri Klorofil Miktarları

Bu uygulamada arpa ve buğday bitkilerinden gerekli miktarda yaprak örneği alınmış ve porselen havanda aseton ile birlikte homojenize edilmiştir. Filtre kağıdından süzülerek santrifüj edilen numuneler spektrofotometre cihazında ölçülmüş olup klorofil-a, klorofil-b ve klorofil a+b miktarı tayini yapılarak aşağıdaki grafiklerde gösterilen sonuçlara ulaşılmıştır.

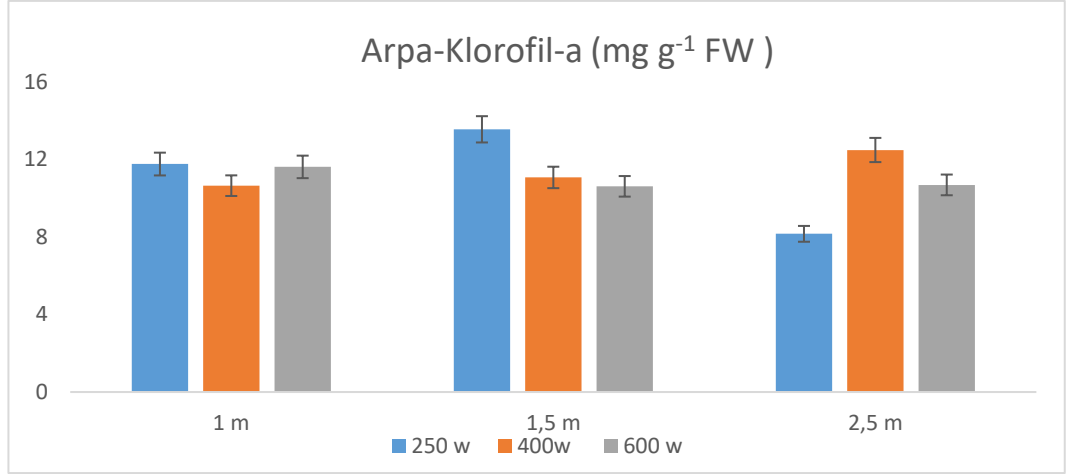
5.1.1. Arpa Bitkisine Ait Klorofil-A Miktarları

Çalışmada, farklı mesafelerde (1 m, 1,5 m 2,5 m) 250 W, 400 W, 600 W MH lambalarının altında yetiştirilen arpa bitkisinin hasat sonrası klorofil-a miktarı tespit edilmiştir. Arpa bitkisine ait klorofil-a değerleri Tablo 5.1’de gösterilmiştir.

Tablo 5.1. Arpa Bitkisine Ait Klorofil -A Değerleri

Klorofil A			
ARPA	250 W	400W	600 W
1 m	11,76	10,65	11,62
1,5 m	13,56	11,07	10,61
2,5 m	8,16	12,49	10,69

Tablo 5.1’de verilen değerler doğrultusunda arpa bitkisi için 250 W güçte 2,5 m mesafede, 400 W güçte 1 m mesafede ve 600 W güçte 1,5 m mesafede en düşük sonuçlar alınırken, 250 W güçte 1,5 m mesafe, 400 W güçte 2,5 m mesafe ve 600 W güçte 1 m mesafede en iyi klorofil-a değerleri ölçülmüştür. Bu değerler Şekil 5.1’de gösterilmiştir.



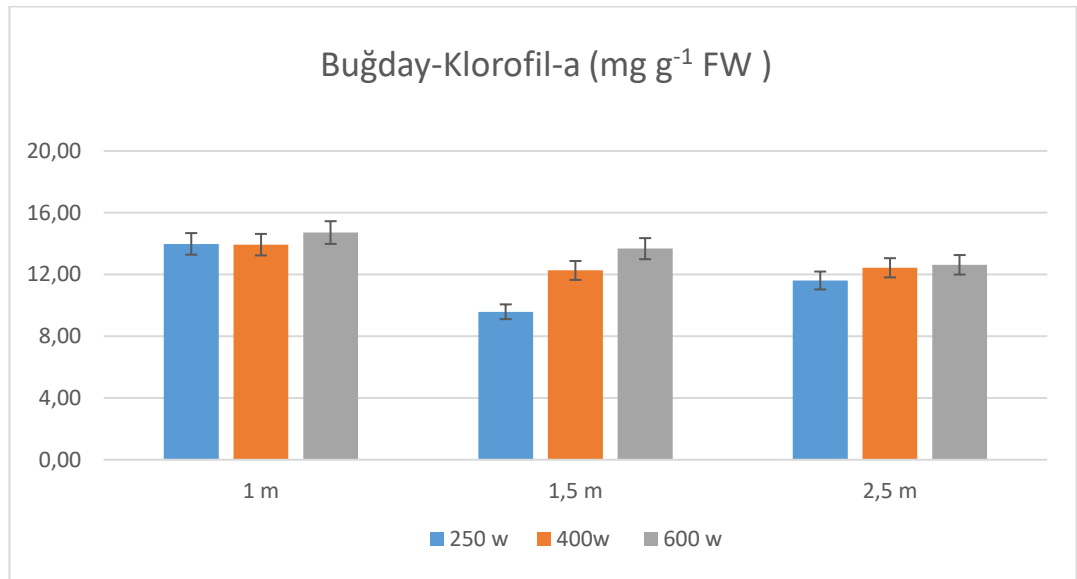
Şekil 5.1. Arpa Bitkisinin Klorofil A Değeri

5.1.2. Buğday Bitkisine Ait Klorofil A Miktarları

Buğday bitkisine ait klorofil-a değerleri Tablo 5.2’de ve Şekil 5.2’de gösterilmiştir.

Tablo 5.2. Buğday Bitkisine Ait Klorofil A Değerleri

Klorofil A			
BUĞDAY	250 W	400W	600 W
1 m	13,98	13,93	14,72
1,5 m	9,58	12,26	13,67
2,5 m	11,61	12,43	12,63



Şekil 5.2. Buğday Bitkisinin Klorofil A Değeri

Mesafeye bağılı olarak 250W,400W ve 600W MH lambalarının altında yetiştirilen arpa ve buğdaylarda anlamlı farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Arpa bitkisi için 250W 1,5m mesafede olumlu yönde anlamlı farklılıklar tespit edilmiş, fakat aynı mesafede 400W ve 600W MH lamba altında yetiştirilen numunelerde ciddi bir değişiklik görülmemiştir.

Buğday bitkisi için 600W 1m mesafede olumlu yönde anlamlı sonuçlar alınmış fakat 250W ve 400W MH lamba ile kıyaslandığında ciddi bir değişiklik görülmemiştir. Buna karşın 1,5m mesafede 600W ile 250W MH lamba arasında anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. 2,5m mesafede ise 3 farklı güçteki lamba için de ciddi bir değişiklik görülmemiştir.

Yaprakların fotosentez kabiliyetleri, yani ışık kullanım etkinlikleri, yeşil renk pigmenti olan klorofil konsantrasyonu ile doğru orantılı olduğundan Arpa bitkisi için 250W, 1,5m ve buğday bitkisi için 600 W, 1m mesafede olumlu yönde anlamlı farklılıklar olduğu tespit edilmiştir.

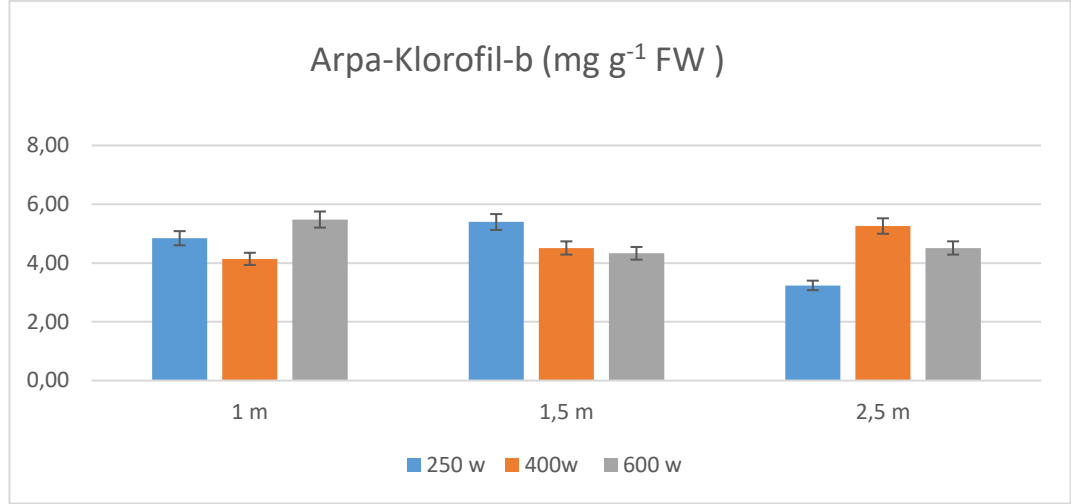
5.1.3. Arpa Bitkisine Ait Klorofil B Miktarları

Arpa bitkisine ait klorofil-b değerleri Tablo 5.3’de gösterilmiştir.

Tablo 5.3. Arpa Bitkisine Ait Klorofil B Değerleri

Klorofil B			
ARPA	250 w	400w	600 w
1 m	4,84	4,14	5,48
1,5 m	5,39	4,51	4,33
2,5 m	3,24	5,26	4,51

Tablo 5.3’de verilen değerler doğrultusunda arpa bitkisi için 250 W güçte 2,5 m mesafede, 400 W güçte 1 m mesafede ve 600 W güçte 1,5 m mesafede en düşük sonuçlar alınırken 250 W güçte 1,5 m mesafede, 400 W güçte 2,5 m mesafede ve 600 W güçte 1 m mesafede en iyi klorofil-b değerleri ölçülmüştür. Elde edilen bu değerler Şekil 5.3’de grafik üzerinde gösterilmiştir.



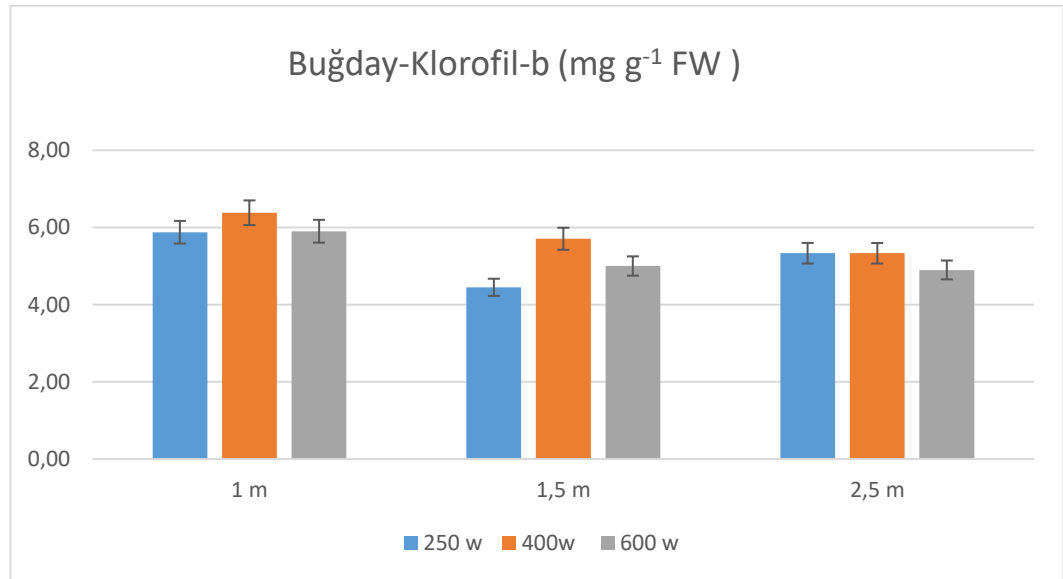
Şekil 5.3. Arpa Bitkisinin Klorofil B Değeri

5.1.4. Buğday Bitkisine Ait Klorofil B Miktarları

Buğday bitkisine ait klorofil-b değerleri Tablo 5.4’de ve Şekil 5.4’de gösterilmiştir.

Tablo 5.4. Buğday Bitkisine Ait Klorofil B Değerleri

Klorofil B			
BUĞDAY	250 W	400wW	600 W
1 m	5,88	6,38	5,90
1,5 m	4,45	5,71	5,00
2,5 m	5,33	5,33	4,90



Şekil 5.4. Buğday Bitkisinin Klorofil B Değeri

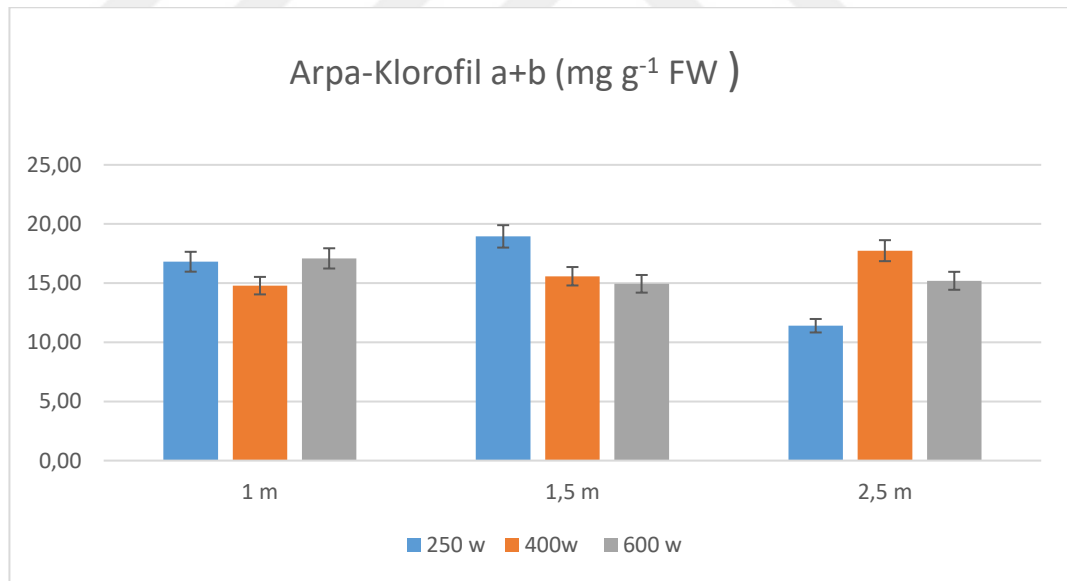
Yaprakların fotosentez kabiliyetleri, yani ışık kullanım etkinlikleri, yeşil renk pigmenti olan klorofil konsantrasyonu ile doğru orantılı olduğundan Arpa bitkisi için 600 W, 1 m ve buğday bitkisi için 400 W, 1m mesafede olumlu yönde anlamlı farklılıklar olduğu tespit edilmiştir.

5.1.5. Arpa Bitkisine Ait Klorofil A+B Miktarları

Arpa bitkisinden elde edilen klorofil a+b değerleri Tablo 5.5 ve Şekil 5.5’de gösterilmiştir.

Tablo 5.5. Arpa Bitkisine Ait Klorofil A+B Değerleri

ARPA	Total		
	250 W	400W	600 W
1 m	16,81	14,79	17,09
1,5 m	18,95	15,58	14,94
2,5 m	11,40	17,75	15,20



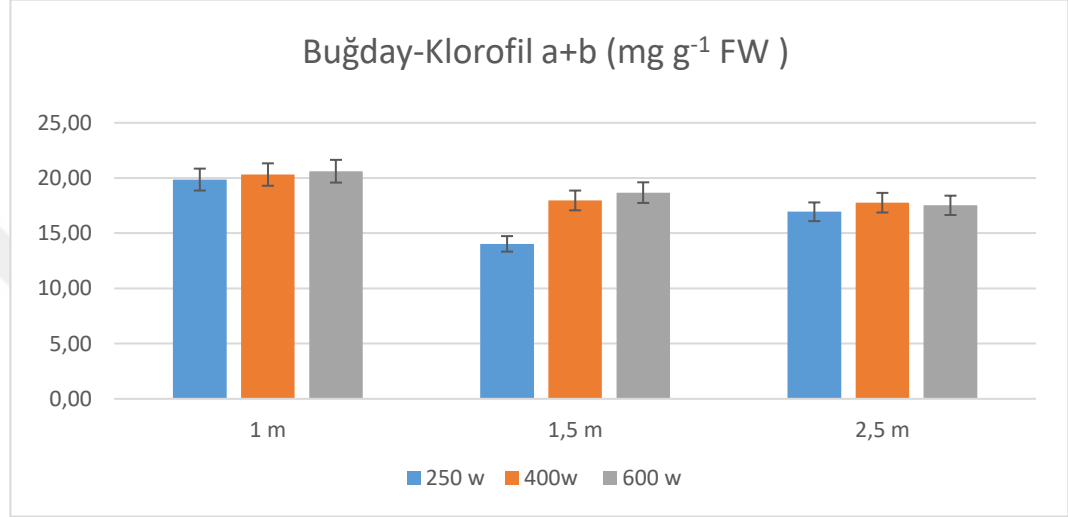
Şekil 5.5. Arpa Bitkisinin Klorofil A+B Değerleri

5.1.6. Buğday Bitkisine Ait Klorofil A+B Miktarları

Buğday bitkisinden elde edilen klorofil a+b değerleri Tablo 5.6 ve Şekil 5.6’de gösterilmiştir.

Tablo 5.6. Buğday Bitkisine Ait Klorofil A+B Değerleri (Total)

Total			
BUĞDAY	250 W	400W	600 W
1 m	19,86	20,31	20,61
1,5 m	14,04	17,97	18,68
2,5 m	16,94	17,76	17,52



Şekil 5.6. Buğday Bitkisinin Klorofil A+B Değeri

Klorofil a+b değerleri için analiz sonuçlarının anlamlılık durumları: 250 W MH altında yetişen Arpa bitkisi için farklı mesafedeki değerler arasında çok anlamlı farklar görülmekte olup, 400 W MH ve 600 W MH altında yetişen Arpa bitkisi için güçlü bir anlamlı fark görülmemiştir. 250 W MH altında yetişen Buğday bitkisi için farklı mesafedeki değerler arasında anlamlı farklar tespit edilmiş olup 400 W MH ve 600 W MH altında yetişen Buğday bitkisi için güçlü yönde anlamlı bir fark görülmemiştir.

Klorofil a+b değerleri açısından Arpa bitkisinde 250 W 1,5m mesafede, Buğday bitkisinde ise her 3 farklı güçte ışık kaynağının bitkiye 1m mesafede konumlandırıldığı düzenekte yüksek düzeyde anlamlı fark olduğu tespit edilmiştir.

Klorofil-a miktarı, arpada 8,16-13,56 mg g-1 FW arasında en yüksek 250 W 1,5 m mesafede, buğdayda ise 9,58-17,75 mg g-1 FW olup en fazla 400 W 2,5 m mesafede olduğu belirlenmiştir. Klorofil-b konsantrasyonu, arpada 3,24-5,48 mg g-1 FW ve 600 W 1 m uzaklıkta, buğdayda 4,45-5,90 mg g-1 FW, arasında olup 600 W 1 m mesafede olduğu tespit edilmiştir. Toplam klorofil arpada 11,4-18,95 mg g-1 FW, 250 W 1,5 m

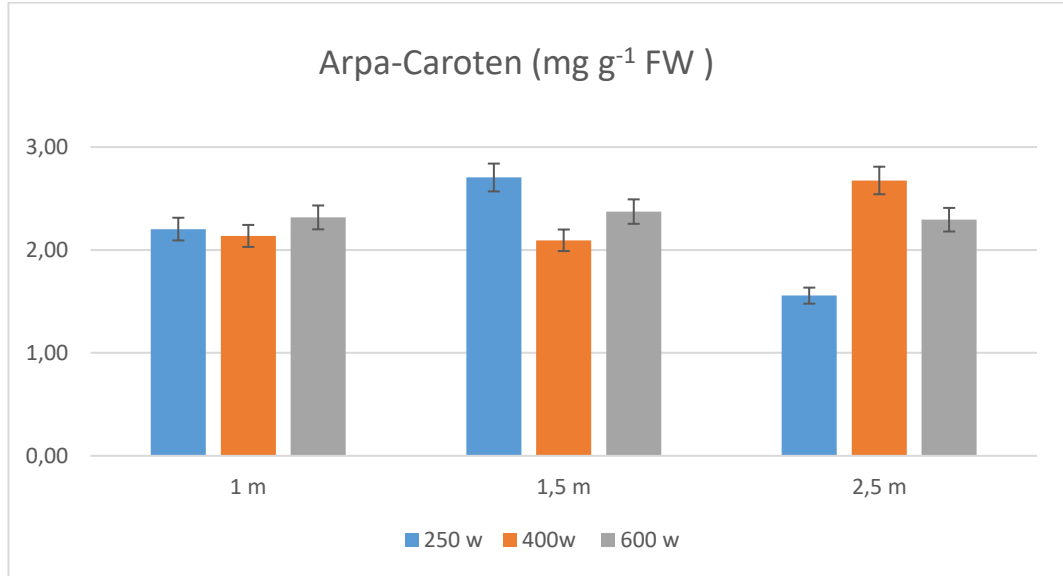
mesafede, buğdayda ise 14,04-20,61 mg g⁻¹ FW, 600 W 1 m uzaklıkta olduğu görülmüştür.

5.2.Arpa ve Buğday Bitkileri İçin Karotenoid Miktarları

Karoten değerleri için analiz sonuçlarının anlamlılık durumlarına baktığımızda Arpa bitkisi için 250 W MH lamba altında yetişen bitkilerin farklı mesafelerdeki değerleri arasında çok anlamlı farklar görülmekte ancak 600 W MH lamba altında yetişen bitkilerin farklı mesafelerdeki değerleri arasında anlamlı bir fark görülmemiştir. 400 W MH lamba altında yetişen arpalarda ise 1 m ve 1,5 m arasında anlamlı bir fark görülmezken 2,5 m mesafede anlamlı farklar tespit edilmiştir. Arpa bitkisinden elde edilen karotenoid miktarları Tablo 5.7’de ve Şekil 5.7’de gösterilmiştir.

Tablo 5.7. Arpa Bitkisine Ait Karotenoid Değerleri

Caroten			
ARPA	250 W	400W	600 W
1 m	2,20	2,14	2,32
1,5 m	2,70	2,09	2,37
2,5 m	1,56	2,68	2,29



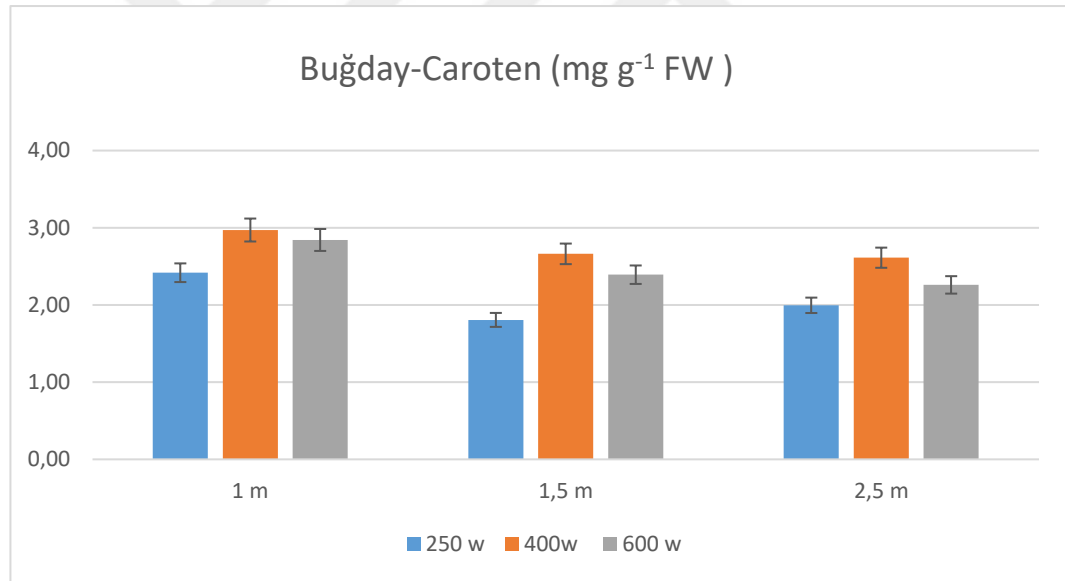
Şekil 5.7. Arpa Bitkisinin Karotenoid Değeri

Buğday bitkisi için 250 W MH lamba altında yetişen bitkilerin 1,5m ve 2,5m mesafe arasında anlamlı fark görülmezken 1 m mesafe ile aralarında olumlu yönde anlamlı

farklılıklar görülmüştür. 400W MH lamba altında yetişen bitkilerin 1,5m ve 2,5m mesafe arasında anlamlı fark görülmezken 1 m mesafe ile aralarında olumlu yönde anlamlı farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. 600W MH lamba altında yetişen bitkilerin 1,5 m ve 2,5 m mesafe arasında anlamlı fark görülmezken 1 m mesafe ile aralarında olumlu yönde anlamlı farklılıklar görülmüştür. Buğday bitkisinden elde edilen karotenoid miktarları Tablo 5.8’de ve Şekil 5.8’de gösterilmiştir.

Tablo 5.8. Buğday Bitkisine Ait Karotenoid Değerleri

Caroten			
BUĞDAY	250 W	400W	600 W
1 m	2,42	2,97	2,84
1,5 m	1,81	2,66	2,39
2,5 m	2,00	2,61	2,26



Şekil 5.8. Buğday Bitkisinin Karotenoid Değeri

Karotenoid miktarı arpada 1,56-2,70 mg g⁻¹ FW, 250 W 1,5 m de, buğdayda 1,81-2,84 mg g⁻¹ FW, 600 W 1 m olduğu belirlenmiştir.

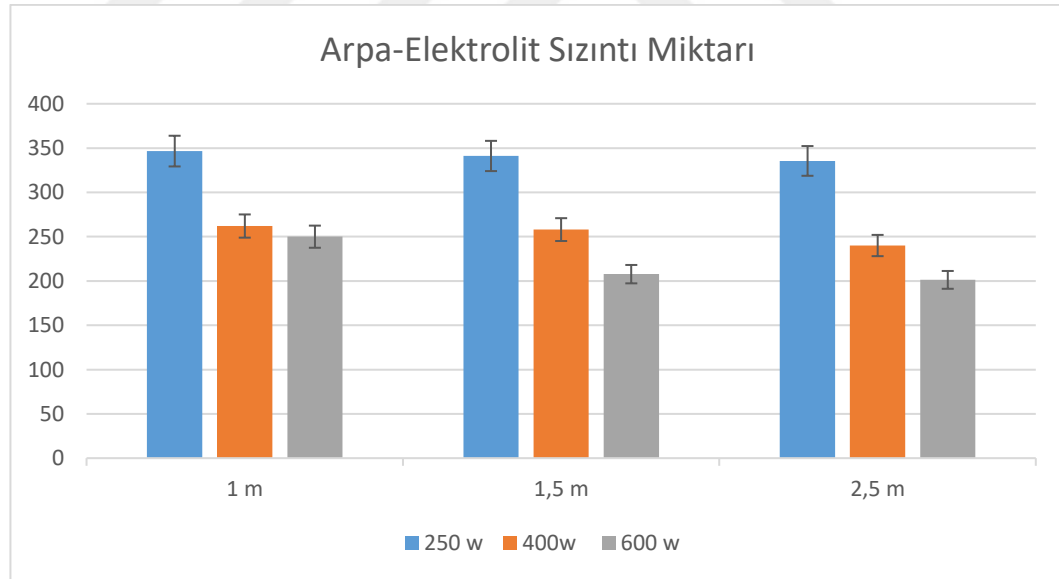
A vitamini ön maddesi olarak aktivite gösteren ve insan vücudu için gerekli olan A vitamininin sentezi açısından önem arz eden karoten miktarı için Arpa bitkisinde 250 W 1,5 m ve 400W 2,5 m mesafede, Buğday bitkisinde ise 400 W 1m mesafede yüksek düzeyde anlamlı fark olduğu tespit edilmiştir.

5.3. Arpa ve Buğday Bitkileri Elektrolit Sızıntı Miktarları

Yapılan çalışmada, farklı mesafelerde 250 W, 400 W, 600 W MH lambalarının altında yetiştirilen buğday ve arpada hasat sonrası elektrolit sızıntı miktarı tespit edilmiştir. Elde edilen elektrolit sızıntı verileri incelendiğinde mesafenin artmasına bağlı olarak elektrolit sızıntı miktarının arpa ve buğdaylarda azaldığı tespit edilmiştir. Işık şiddeti ile birlikte lambaların mesafesi yaklaştıkça ortam sıcaklığının derecesi de artmaktadır. Bu sıcaklık artışından bitkilerin olumsuz etkilenebileceği açıktır. Arpa bitkisine ait elektrolit sızıntı miktarları Tablo 5.9 ve Şekil 5.9’da gösterilmiştir.

Tablo 5.9. Arpa Bitkisine Ait Elektrolit Sızıntı Miktarı

Elektrolit Sızıntı Miktarı			
ARPA	250 W	400W	600 W
1 m	346,6	262	250
1,5 m	341,1	258	207,7
2,5 m	335,5	240	201,25

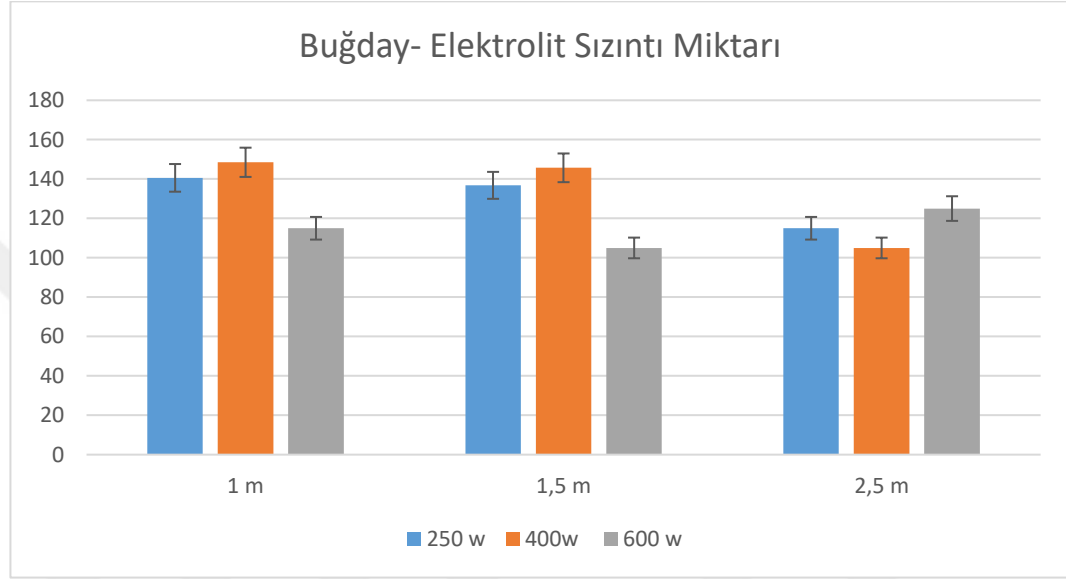


Şekil 5.9. Arpa Bitkisinin Elektrolit Sızıntı Miktarı

Ölçümler sonucu elde edilen, buğday bitkisine ait elektrolit sızıntı miktarı Tablo 5.10 ve Şekil 5.10’da gösterilmiştir:

Tablo 5.10. Buğday Bitkisinin Elektrolit Sızıntı Miktarı

Elektrolit Sızıntı Miktarı			
BUĞDAY	250 W	400W	600 W
1 m	140,6	148,5	115
1,5 m	136,8	145,7	105
2,5 m	115	105	125



Şekil 5.10. Buğday Bitkisinin Elektrolit Sızıntı Miktarı

5.4. Buğday ve Arpa Bitkilerinin Topraktan Element Alımı Miktarları

Çalışmada elde edilen element verileri incelendiğinde B (5,11-15,48 mg/kg dw), Mn (35,79-58,06 mg/kg dw), Zn (42,38-61,55 mg/kg dw), K (55399,22-63472,64 mg/kg dw), P (8498,05-13279,74 mg/kg dw) konsantrasyonları 250 W 2,5 m lik mesafede, Cu (11,47-14,82 mg/kg dw) 600 W 2,5 m mesafede, Mg (3397,84-5203,72 mg/kg dw) ve Ca (2069,43-2954,47 mg/kg dw) miktarı ise 400 W 2,5 m mesafedeki ışık şiddeti altında daha fazla olduğu belirlenmiştir. Arpada ise B (10,14-17,46 mg/kg dw), Cu (14,02-19,22 mg/kg dw), Fe (81,30-1980,97 mg/kg dw), Mn (26,02-79,47 mg/kg dw), Zn (54,53-95,74 mg/kg dw), Ca (2118,20-4527,11 mg/kg dw), P (8099,02-12060,92 mg/kg dw), Mg (3750,32-6265,76 mg/kg dw) miktarı 250 W 2,5 m mesafede, K (55804,74-77735,07 mg/kg dw) miktarı 600 W 2,5 m mesafedeki ışık şiddetinde yetiştirilen örneklerde yüksek olduğu belirlenmiştir. Element verileri incelendiğinde ışık şiddetinin ve mesafenin bitki yetiştirilmesinde önemli olduğu görülmüştür. Işık mesafesi arttıkça element konsantrasyonunun arttığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte farklı ışık şiddeti ve farklı

mesafede element konsantrasyonları arasında güçlü yönde anlamlı farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Elementlere ait analiz sonuçları Tablo 5.11 ve Tablo 5.12’de gösterilmiştir.

Tablo 5.11. Arpa Bitkisinin Toprakdan Element Alımı Miktarları

Element	Mesafe	250 W			400 W			600 W		
B	1 m	16,08	± 0,46		11,44	± 0,09		12,41	± 0,25	
	1,5 m	17,46	± 0,51	***	10,14	± 0,43	***	12,38	± 0,16	***
	2,5 m	14,67	± 0,12		11,65	± 0,43		10,55	± 0,05	
Cu	1 m	14,57	± 0,20		17,17	± 0,40		14,02	± 0,24	
	1,5 m	17,32	± 0,25	***	15,69	± 0,46	***	16,14	± 0,21	***
	2,5 m	19,22	± 0,42		17,44	± 0,32		19,14	± 0,56	
Fe	1 m	455,70	± 9,54		102,23	± 0,64		302,52	± 3,08	
	1,5 m	467,68	± 36,78	***	81,30	± 2,26	***	161,51	± 6,96	***
	2,5 m	1980,97	± 50,04		103,25	± 1,95		735,11	± 7,38	
Mn	1 m	40,03	± 0,87		32,42	± 0,35		26,02	± 0,57	
	1,5 m	51,81	± 0,52	***	34,19	± 1,30	***	28,49	± 0,43	***
	2,5 m	79,47	± 2,56		35,50	± 0,72		45,89	± 0,34	
Zn	1 m	71,96	± 0,45		59,94	± 1,08		62,18	± 0,66	
	1,5 m	82,88	± 0,88	***	54,53	± 1,72	***	75,76	± 1,00	***
	2,5 m	95,74	± 0,73		63,57	± 0,96		76,37	± 0,81	
Mg	1 m	5832,81	± 51,30		4850,59	± 67,11		3750,32	± 53,37	
	1,5 m	6082,06	± 57,37	***	4246,60	± 106,30	***	3648,32	± 23,87	***
	2,5 m	6265,76	± 100,87		4612,11	± 42,46		4875,18	± 60,52	
K	1 m	55804,74	± 766,65		72275,60	± 677,35		66225,41	± 1469,05	
	1,5 m	64262,84	± 1243,47	***	60815,29	± 789,35	***	66496,31	± 590,98	***
	2,5 m	62666,88	± 762,25		68985,34	± 594,97		77735,07	± 1370,60	
Ca	1 m	3237,02	± 51,52		2795,42	± 19,11		2138,25	± 21,39	
	1,5 m	3183,73	± 26,04	***	2501,06	± 63,81	***	2118,20	± 16,70	***
	2,5 m	4527,11	± 43,20		2510,24	± 18,55		2482,91	± 37,63	
P	1 m	9695,01	± 36,09		8685,79	± 57,56		8140,76	± 155,47	
	1,5 m	11139,23	± 77,25	***	7325,36	± 113,93	***	8099,02	± 43,16	***
	2,5 m	12060,92	± 116,51		8474,12	± 87,41		10405,94	± 157,21	

Tablo 5.12. Buğday Bitkisinin Topraktan Element Alımı Miktarları

Element	Mesafe	250 W				400 W				600 W			
B	1 m	7,64	±	0,04		11,96	±	0,22		7,41	±	0,10	
	1,5 m	5,11	±	0,08	***	10,96	±	0,16	***	11,57	±	0,12	***
	2,5 m	15,48	±	0,38		15,30	±	0,11		11,50	±	0,09	
Cu	1 m	13,60	±	0,48		13,44	±	0,46		14,81	±	0,43	
	1,5 m	13,44	±	0,25	***	12,79	±	0,37	***	13,77	±	0,25	***
	2,5 m	14,10	±	0,22		11,47	±	0,47		14,82	±	0,21	
Fe	1 m	79,01	±	1,17		486,33	±	18,66		268,90	±	9,31	
	1,5 m	160,54	±	2,13	***	209,16	±	1,58	***	515,88	±	5,18	***
	2,5 m	450,01	±	11,23		114,59	±	0,38		275,91	±	0,81	
Mn	1 m	51,72	±	0,34		45,68	±	0,70		50,36	±	0,69	
	1,5 m	51,61	±	0,67	***	37,72	±	0,44	***	55,74	±	0,92	***
	2,5 m	58,06	±	0,21		35,79	±	0,78		46,75	±	0,86	
Zn	1 m	51,02	±	0,43		45,34	±	1,21		47,10	±	0,99	
	1,5 m	51,19	±	0,26	***	45,08	±	0,66	***	42,38	±	0,30	***
	2,5 m	61,55	±	0,28		46,90	±	0,62		43,96	±	0,14	
Mg	1 m	3397,94	±	89,73		4170,64	±	77,10		3608,67	±	42,52	
	1,5 m	3453,10	±	51,20	***	4827,04	±	19,88	***	4816,63	±	48,20	***
	2,5 m	3564,80	±	85,76		5203,72	±	114,67		3952,2	±	57,05	
K	1 m	63227,93	±	638,50		57697,99	±	790,39		57353,81	±	700,23	
	1,5 m	56474,17	±	948,92	***	61662,83	±	872,96	***	55399,22	±	880,10	***
	2,5 m	63472,64	±	795,55		58022,29	±	942,19		60791,34	±	757,24	
Ca	1 m	2166,38	±	34,99		2295,42	±	48,11		2085,18	±	23,61	
	1,5 m	2069,43	±	33,88	***	2169,52	±	96,43	***	2901,06	±	17,33	***
	2,5 m	2477,25	±	25,00		2954,47	±	38,33		2556,94	±	20,77	
P	1 m	11666,47	±	72,90		7842,98	±	43,64		11802,58	±	164,83	
	1,5 m	12051,04	±	205,65	***	8597,70	±	19,66	***	9159,05	±	53,08	***
	2,5 m	13279,74	±	54,81		8498,05	±	120,51		9892,25	±	59,34	

6. SONUÇ ve TARTIŞMA

Bu çalışma ile önemli sonuçlara ulaşılmıştır. Klorofil-a miktarı, arpada 8,16- 13,56 mg g⁻¹ FW arasında olup en yüksek değer 250 W ışığın 1,5 m mesafeden verildiği grupta, buğdayda ise 9,58-17,75 mg g⁻¹ FW olup en yüksek değer 400 W ışığın 2,5 m mesafeden verildiği grupta ölçülmüştür.

Klorofil-b konsantrasyonu, arpada 3,24-5,48 mg g⁻¹ FW arasında olup 600 W 1 m uzaklıkta, buğdayda ise 4,45-5,90 mg g⁻¹ FW arasında olup 600 W 1 m mesafede en iyi değerlere ulaşılmıştır. Toplam klorofil arpada 11,4-18,95 mg g⁻¹ FW arasındadır ve en iyi değerler 250 W 1,5 m mesafede elde edilmiştir. Buğdayda ise 14,04-20,61 mg g⁻¹ FW arasındadır ve en iyi değerlerin 600 W 1 m uzaklıkta olduğu görülmüştür. Karetenoid miktarı arpada 1,56-2,70 mg g⁻¹ FW arasındadır ve 250 W 1,5 m mesafede en iyi sonuçlar elde edilmiştir. Buğdayda 1,81-2,84 mg g⁻¹ FW arasındadır ve 600 W 1 m mesafede en iyi değerler elde edilmiştir. Ayrıca, buğday ve arpada mesafeye bağlı olarak elektrolit sızıntı konsantrasyonunun farklılık gösterdiği gözlenmiştir.

Çalışmada elde edilen element verileri incelendiğinde buğdayda B (5,11-15,48 mg/kg dw), Mn (35,79-58,06 mg/kg dw), Zn (42,38-61,55 mg/kg dw), K (55399,22-63472,64 mg/kg dw), P (8498,05-13279,74 mg/kg dw) konsantrasyonlarının 250 W 2,5 m lik mesafede, Cu (11,47-14,82 mg/kg dw) 600 W 2,5 m mesafede, Mg (3397,84-5203,72 mg/kg dw) ve Ca (2069,43-2954,47 mg/kg dw) miktarının ise 400 W 2,5 m mesafede bulunan ışık şiddeti altında yetiştirilen örneklerde daha fazla olduğu belirlenmiştir. Arpada ise B (10,14-17,46 mg/kg dw), Cu (14,02-19,22 mg/kg dw), Fe (81,30-1980,97 mg/kg dw), Mn (26,02-79,47 mg/kg dw), Zn (54,53-95,74 mg/kg dw), Ca (2118,20-4527,11 mg/kg dw), P (8099,02-12060,92 mg/kg dw), Mg (3750,32-6265,76 mg/kg dw) miktarının 250 W 2,5 m mesafede, K (55804,74-77735,07 mg/kg dw) miktarının 600 W 2,5 m mesafedeki ışık şiddetinde yetiştirilen örneklerde yüksek olduğu belirlenmiştir. Element verileri incelendiğinde ışık şiddetinin ve mesafenin bitki yetiştirilmesinde önemli olduğu görülmüştür. Işık mesafesi arttıkça element konsantrasyonunun arttığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte farklı ışık şiddeti ve farklı mesafede element konsantrasyonları arasında güçlü yönde anlamlı farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen veriler, daha önce yapay ışık ile ilgili yapılmış çalışmalar ile kıyaslanmıştır.

Demirsoy vd. (2016), yaptıkları çalışmada, üç farklı ışık kaynağının (yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba (HPS), akkor telli lamba (ATL) ve ışık yayan diyot (LED) iki farklı döneminde (sonbahar ve ilkbahar), patlıcan (*Solanum melongena* L.) fidelerinin oransal yaprak ağırlığı, oransal gövde ağırlığı, oransal kök ağırlığı, yaprak alanı, yaprak kalınlığı, özgül yaprak alanı ve oransal yaprak alanı gibi özelliklerin yapay ışık kaynağı kullanımına bağlı olarak olumlu yönde etkilendiği sonucuna ulaşmışlardır. Bu çalışmada ise arpa ve buğday bitkilerinin, tek ışık kaynağı olarak metal halojen gelişim dönemi lambası altında mesafe ve güç parametrelerine bağlı olarak gelişimi incelenmiş ve değerlendirilmesi yapılmıştır. Kıyaslamalar sonucunda olumsuz bir etkiye rastlanmamış olup her bir parametrenin farklı olumlu etkileri olduğu tespit edilmiştir.

Ming-ChangWu (2007), bezelye tohumları üzerine yaptığı çalışmada, fideler karanlıkta ve farklı LED ışık altında 4 gün inkübe edilmiştir. Karanlıkta ve LED altında yetişen fidelerde sap çapında bir farklılık gözlenmemiş, ancak gövde uzunluğu, yaprak alanı ve fide ağırlığının ışık kalitesinden büyük ölçüde etkilendiği tespit edilmiştir. Bu çalışmada ise metal halojen büyüme lambaları altında yetiştirilen arpa ve buğdayların ışık mesafesine verdiği tepkiler incelenmiş ve birbirleriyle kıyaslanmıştır.

Islam vd. (2012), hem sera hem de büyüme odasında yetişen bitkiler yüksek basınçlı sodyum buharlı lamba ile karşılaştırıldığında LED için %20-34 daha kısa boylu olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Bu çalışmada ise farklı ışık kaynakları yerine tek tip ışık kaynağı kullanılmış ve arpa ve buğday bitkilerinde mesafeye bağlı olarak meydana gelen değişimler incelenmiştir.

Choi vd. (2015), üç farklı dalga boyuna sahip (kırmızı, mavi ve kırmızı-mavi kombinasyonu) LED ışık ve tek ışık kaynağı olarak LED ışıklarla desteklenen plastik sera ile gün ışığına ilave olarak LED ışıklarla desteklenen büyüme odaları olmak üzere iki farklı yetiştirme alanı kullanmışlardır. Yapılan deneylerde kayda değer sonuçlar elde etmişlerdir. Bu çalışmada ise üç farklı mesafeden, üç farklı elektrik gücü ile desteklenen arpa ve buğday bitkilerinin gelişiminde, güç ve mesafeye bağlı olarak kayda değer değişimler olduğu tespit edilmiştir.

Yamaguchi vd. (2019), LED aydınlatma sisteminin güç tüketimi ve marul yapraklarının gelişimi arasındaki ilişkiyi, topraksız bitki yetiştirme sistemi kullanarak araştırmışlardır. Bu çalışma, LED ışık yoğunluğunun elektriksel güç tüketimi ile olan doğrudan ilişkisine dayanarak sabit elektrik enerjisi tüketen üç farklı koşulda gerçekleştirilmiş. Çalışmada elektrik gücü düşük ve aydınlatma süresi uzun, elektrik gücü orta seviyede-aydınlatma süresi orta seviyede, elektrik gücü büyük-aydınlatma süresi kısa olarak belirlenen üç deney grubunda yetişen marulların durumu takip edilmiştir. Elektrik gücü düşük ve aydınlatma süresi uzun olan yetiştirme sistemindeki marulların gelişiminin mükemmel seviyede olduğu tespit edilmiş. Bu çalışmada kullanılan metal halojen büyüme lambaları ile, aydınlatma süresi sabit tutulmuş fakat hem elektrik gücü hem de mesafe baz alınarak değerlendirme yapılmıştır. Elektrik gücü bakımından arpa ve buğday bitkilerinde klorofil miktarı, karoten miktarı ve çeşitli mineraller incelendiğinde her birinin farklı güçlere daha duyarlı olduğu ve olumlu sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Mesafe bakımından ise genel itibariyle ışık mesafesi arttıkça element konsantrasyonunun da arttığı görülmüştür.

Limprasitwong ve Thongchaisuratkrul, (2018) Tayland'da fazla miktarda tüketilen ve soğuk hava şartlarında daha iyi yetiştiğinden genellikle kış mevsiminde ekimi yapılan arpacık soğan bitkisini rastgele seçilen 48 arpacık soğandan, 16 arpacık soğan gün ışığında, 16 arpacık soğan LED ışık ve son 16 arpacık soğan da yetiştirme lambası altında bitki fidanlığında takip edilmiştir. İlk 7 günde Led ışık ve yetiştirme lambası altında büyüyen arpacık soğanların çimlenme oranının LED ve yetiştirme lambasında gün ışığına göre daha fazla olduğunu ve ilk 3 günde ise yetiştirme lambasının LED'e göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Yetiştirme lambası altında yetiştirilen 2 arpacık soğanın ortamdaki yüksek nem miktarı ve buna bağlı mantar oluşumu sebebiyle öldüğü tespit edilmiş ve yetiştirme lambalarının karakteristik özellik olarak mantar yetiştirmeye elverişli olduğu, bununla beraber LED ışık altında yetiştirilen arpacık soğanlarda herhangi bir mantar oluşumu gözlenmediği belirtilmiştir. Araştırma sonucunda, arpacık soğan bitkisini bitki fidanlığı sisteminde yetiştirmenin sıcaklık- nem kontrolü sağlanması halinde çimlenme ve gelişme evrelerinde bitkiyi olumlu etkilediği saptanmıştır. Bu çalışmada, yetiştirme lambası altında yetiştirilen arpa ve buğday bitkilerinin 250 W, 400 W, 600 W güç ve 1m, 1,5 m, 2,5 m mesafeye göre elektrolit sızıntı miktarı ölçülmüş ve bitkinin gelişim, kalite ve verimliliği üzerine etkisi olan stres ve iyon kaybı durumu incelenmiştir.

Lin vd. (2013) Sera domateslerine (*Solanum lycopersicum* L.) 40 W değerinde floresan lamba ile güneş doğarken 2 saatlik sürelerle ek aydınlatma verilmiştir. İlkbahar-yaz ve sonbahar-kış aylarında gerçekleştirilen deneyler sonucunda domates verimi ve meyve kalitesinin %10 arttığını tespit etmişlerdir (Hamamoto and Yamazaki 2011). Tayvan’da yaptıkları çalışmada kırmızı-mavi (RB) LED, kırmızı, mavi, beyaz (RBW) LED ve kontrol grubu olarak floresan lamba (FL) kullanmışlardır. Çalışmada, marul yaprağındaki klorofil birikimi, bitki biyokütlesi, karotenoidler, çözülebilir protein, şeker ve nitratin 3 farklı ışık kaynağına olan tepkileri incelenmiştir. Kırmızı-mavi (RB) LED kombinasyonları ile karşılaştırıldığında, kırmızı, mavi ve beyaz (RBW) LED uygulaması altında yetişen bitkilerde çözülebilir şeker yüksek ve protein içerikleri düşük olduğu görülmüştür. Marul yapraklarında klorofil, karotenoid ve çözülebilir proteinlerinde önemli bir farklılık görülmemiştir. Bu çalışmada mesafeye bağlı olarak bitkinin mineral element alımı ve klorofil miktarında önemli farklılıklar görülmüştür.

Sang-Won Lee vd. (2014), LED lambaların uygulandığı karabuğday filizlerinde fenolik bileşiklerin üretimini etkileyebileceği ve fenolik bileşikleri artırmak için büyüme odası içinde belirli ışık yoğunluğunu ve LED yanma süresinin önemli olabileceğini tespit etmişlerdir. Bu çalışmada kullanılan beyaz LED armatürlerin renk sıcaklığı arttıkça bitkide bulunan klorofil ve karoten miktarında artma olduğu gözlenmiştir. Bu çalışmada ise renk sıcaklığından ziyade mesafe temelli incelemeler yapılmış, yanma süresi sabit tutularak farklı güç ve mesafeye göre klorofil ve karoten miktarları incelenmiştir.

Yen vd. (2012), yaptıkları çalışmada bitkide ribofilavin tutulumunu sağlayan ve fotosentezde temel olan mavi ve kırmızı ışığın yerini mavi ve kırmızı LED’e bırakarak mahsulün kalitesini, verimini artırmayı, böcek ilacı kullanımını azaltmayı amaçlamışlardır. Araştırmada ihtiyaç duyulan spektrum değeri güneş ışığı spektrumuna oldukça benzer değerler taşıyan floresan lambalarla sağlanmıştır. Deneylerde 1200 Lux, 1600 Lux ve 2000 Lux floresan lamba ile 4W, 7W, 10 W güç değerlerinde mavi LED ve kırmızı LED kullanılmıştır. *Anoectochilus formosanus* (Hayata) bitkisinin 1600 Lux floresan lamba, 10W güç değerli mavi LED ve 7W güç değerli kırmızı LED ışık kaynağı altında en iyi gelişimi gösterdiği tespit edilmiş olup tasarlanan hibrit ışık kaynağının bitki gelişiminde olumlu etkilere sahip olduğu saptanmıştır. Bu çalışmada ise 250 W, 400 W ve 600 W elektrik gücüne sahip büyüme lambaları kullanılmış olup, klorofil-a miktarının

arpa bitkisi için 250 W-1,5 m mesafede, buğday bitkisi için ise 400 W-2,5 m mesafede en yüksek olduğu tespit edilmiştir. Çalışma ile ışık şiddeti ve mesafenin bitki yetiştiriciliğinde önemli olduğu görülmüştür.

Çağlayan (2013), “Seralar İçin Led Lambalı Aydınlatma Otomasyon Sisteminin Tasarlanmasına Ve Uygulanmasına Yönelik Bir Çalışma” isimli doktora tez çalışmasında, bitki yetiştirme odaları ve seralar için LED (Light Emitting Diode) lamba kullanarak aydınlatma üzerine bir otomasyon sistemi tasarlamış ve örnek bir imalatını yapmıştır. Tasarlanan lambada kırmızı, mavi, gün ışığı ve UV-A dalga boylarında ışık veren 400 adet (20x20) LED lamba kullanılmış ve her bir LED lambanın ayrı ayrı kontrol edilebilmesi ile ışığın homojen dağılımı sağlanmış. Bu sebeple LED düzenini belirlemek için laboratuvar ortamında çalışmalar yapılmış. Ayrıca geliştirilen LED lambanın performansını anlamak adına lamba 20, 40, 60, 75 ve 90 cm yüksekliklerinde ayarlanmış ve bitki üzerine düşen PAR değeri ve aydınlık şiddeti değeri ayrı ayrı ölçülmüş. Gerçekleştirilen aydınlatma otomasyon sistemi ile domates (*Solanum lycopersicum*) fideleri üzerinde denemeler yapılmış. Araştırmalar sonucunda en fazla yaprak alanı ve yaprak sayısı, %20 mavi-%80 kırmızı ışık verilen grupta saptanmıştır. Kök ve boy uzunluğu en fazla olan bitkiler, metal halojen lamba altında yetişenler olurken en kısa boylu bitkiler mavi ışığın fazla olduğu denemede saptanmıştır. En yüksek toplam klorofil miktarı metal halojen lamba altında yetişen grupta tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda tarımsal üretimde gerekli olan aydınlatma değerlerini sağlayan bir aydınlatma otomasyon sisteminin tasarımı ve uygulaması başarılı bir şekilde yapılmıştır. Bu çalışmada ise metal halojen lambalar kullanılarak farklı mesafe ve güçte 9 farklı grup oluşturulmuştur. Klorofil, karoten ve elektrolit sızıntı miktarı ile mineral element alımı incelenmiş olup kayda değer sonuçlar elde edilmiştir.

Yapılan tüm bu çalışmalarda yapay ışıkların bitkiler üzerindeki etkisinin olduğu görülmektedir. Bu çalışmada ise daha önce yapılan çalışmalardan farklı olarak ışık şiddeti ve mesafesi birlikte dikkate alınarak ışığın bitkilerde mineral element alınımı ile klorofil miktarını etkilediği görülmüştür.

7. ÖNERİLER

Işığın bitkiler üzerindeki etkileri farklı birçok araştırmaya konu olmuştur. Gelişen teknolojik imkânlar ve yapay ışık kaynaklarındaki gelişmelerle beraber araştırmalar hız kazanmıştır. Bitkilerin yoğun ışığa maruz bırakılması kadar ışığın az olması da sınırlayıcı bir etkiye neden olmaktadır. Yapay ışık kaynaklarının kullanımı ile bitkiler için uygun olacak özellikte bir aydınlatma sağlanmalıdır. Çalışmamızda, klorofil boyutunun mesafeye göre değiştiği ve bitkide element alımının mesafe ile doğru orantılı olarak arttığı tespit edilmiştir. Yapay ışıkların tarımda kullanılması ile ilgili yapılan araştırmalarda ve tarımsal faaliyet gerçekleştiren özellikle sera gibi yerlerde, kullanılan ışığın güç ve mesafe değeri önemli olup, incelenen parametrelerin en yüksek değerde ölçüldüğü güç ve mesafe değerlerinin gelecek çalışmalara ışık tutması beklenmektedir.

Tarımsal üretimde verimliliği optimum düzeyde kullanmak, ışığın kalitesini ve çeşitli çevresel faktörlerin etkileşimini tespit etmek için araştırmaların sürdürülmesi gereklidir. Gün ışığına takviye olarak yapay aydınlatma kullanılmasında amaç ekonomik koşullar da gözetilerek uygun ışık ile tarımsal verimin artırılmasıdır. Rastgele bir ışık kullanımı yerine bitki için en uygun koşulları oluşturacak özellikte ışıktan faydalanılmalıdır. Gün geçtikçe artan insan nüfusu göz önüne alındığında, gelecekte bitki yetiştiriciliği için yapay ışık kaynaklarının önemli hale geleceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Aksoy E., (2008) “Dış Mekân Aydınlatmalarının Bazı Bitki Türlerine Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, **Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Adana.
- Aman, M. M., Jasmon, G. B., Mokhlis, H., and Bakar, A. H. A. (2013)” Analysis Of The Performance Of Domestic Lighting Lamps”, **Energy Policy**, 52, 482-500.
- Aybak HÇ., (2002) “Biber Yetiştiriciliği”, **Hasad Yayıncılık**, İstanbul.
- Aydınşakir, K., Özkan, H., Karagüzel, Ö., ve Kaya, A. (2005) “Farklı Işık Kaynaklarının Altınbaşak (Solidago X Hybrida ‘Tara’)’Da Verim ve Kalite Özelliklerine Etkisi”, **Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 18(3), 377-384.
- Başer, E. (2006) “*Farklı Aydınlatma Programları ile Mısır ve Tritikale Esaslı Rasyonların Etlik Piliçlerin Verim Performansı Karkas Özellikleri ve Yağlanması Üzerine Etkileri*” (Doctoral Dissertation, **Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**).
- Bektaş, N. (2014) “*Deşarj Lambalarında Lamba-Balast Uyumluluğunun Regresyon Yaklaşımı Kullanılarak Analizi*” (Yüksek Lisans Tezi), **Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**.
- Bozcuk S (1997) “Bitki Fizyolojisi (Metabolik Olaylar)”, **Hatioğlu Yayınevi**, Ankara.
- Brohi, A., Aydeniz, A., Karaman, M.R., Erşahin, S., (1994) “Bitki Besleme”, **Gazi Osman Paşa Üniversitesi Yayınları**: 4 Kitaplar Serisi: 4.
- Büyükkınacı, B. (2008) “Yol Aydınlatması Otomasyonu”, **Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Enerji Enstitüsü**, İstanbul.
- Chen K. and Roca M. (2018) “In Vitro Bioavailability Of Chlorophyll Pigments From Edible Seaweeds” **Journal Of Functional Foods**, 25-33
- Chen, X. L., Yang, Q. C., Song, W. P., Wang, L. C., Guo, W. Z., and Xue, X. Z. (2017) “Growth And Nutritional Properties Of Lettuce Affected By Different Alternating Intervals Of Red And Blue LED Irradiation. **Scientia Horticulturae**, 223, 44-52.
- Choi, H. G., Moon, B. Y., and Kang, N. J. (2015) “Effects Of LED Light On The Production Of Strawberry During Cultivation In A Plastic Greenhouse And In A Growth Chamber”, **Scientia Horticulturae**, 189, 22-31.
- Cole, M., and Driscoll, T. (2013) “The Lighting Revolution: If We Were Experts Before, We’re Novices Now”, **IEEE Transactions On Industry Applications**, 50(2), 1509-1520.
- Çağlayan N. (2013) “Seralar İçin Led Lambalı Aydınlatma Otomasyon Sisteminin Tasarlanmasına ve Uygulanmasına Yönelik Bir Çalışma”, Yayımlanmış Doktora Tezi, **Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Antalya, 39.

- Çakırer G., Akan, S., Demir, K., ve Yanmaz, R., (2016) “Bahçe bitkilerinde kullanılan ışık kaynakları”, *Akademik Ziraat Dergisi*, Cilt:6 Özel Sayı:63-70.
- Çiftçi Ö. Y. (2014) “Fotosentez Mbg-101 Genel Biyoloji I”, Ders Notları, *Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü*, Gebze, 13-15.
- Dayıoğlu, M.A., ve Silleli, H. (2012) “Sera İçin Yapay Aydınlatma Sistemi Tasarımı: Günlük Işık İntegrali Yöntemi”, *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi (Journal Of Agricultural Machinery Science)*, 8(2): 233-240.
- Demirsoy, M., (2016), “Sera Koşullarında Farklı Yapay Işık, Renk ve Kaynaklarının Domates (*Lycopersicon Esculentum* Mill.), Biber (*Capsicum Annuum* L.) Ve Patlıcan (*Solanum Melongena* L.)’Da Fide Büyüme, Gelişme, Kalite ve Dikim Sonrası Adaptasyonlarına Etkilerinin Kantitatif Yöntemlerle İncelenmesi”, Doktora Tezi, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Samsun.
- Demirsoy, M., Balkaya, A., ve Uzun, S. (2016) “Farklı Işık Kaynağı ve Renk Uygulamalarının Patlıcan (*Solanum Melongena* L.) Fidelerinin Büyüme Parametreleri Üzerine Etkileri”, *Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi*, 3(2), 238-247.
- Dougher, T. A., and Bugbee, B. (2001) “Evidence For Yellow Light Suppression Of Lettuce Growth”, *Photochemistry And Photobiology*, 73(2), 208-212.
- DRT. “Işığın Element Alımına Etkisi”,
<https://www.drt.com.tr/TeknikBilgi.aspx?page=BitkiBesinElementleri>
Son erişim tarihi: 06.09.2021
- Er C, Başalma D (2014) “Tohumluk ve Tohumculuk: Temel İlkeler ve Teknoloji”, 1.Basım, Nobel *Akademik Yayıncılık*, Ankara.
- Ersoy, B., ve Demirsoy, H. (2012) “Değişik Gölgeleme Uygulamalarının Camarosa Çilek Çeşidinde Bazı Elementlerin Mevsimsel Değişimine Etkileri Üzerine Bir Araştırma”, *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 21(1), 82-88.
- Farminova Plant Factory. “Farminova Bitki Fabrikası”, <https://www.farminova.com>
Son erişim tarihi: 06.09.2021
- Food And Agriculture Organization Of The United Nations, FAO Food Price Index, <Http://Www.Fao.Org/Worldfoodsituation/Foodpricesindex/En/> (May, 2018)
- Goto E (2012) “Plant Production İn A Closed Plant Factory With Artificial Lighting”, *In VII International Symposium On Light İn Horticultural Systems* 956, 37-49.
- Griffith M, Ala P, Yang DSC, Hon WC, Moffatt BA. (1992) “Antifreeze Protein Produced Endogenously İn Winter Rye Leaves.”, *Plant Physiol* 100: 593-596.
- Growkent. “Metal Halojen Gelişim Dönemi Lambası”, <https://www.growkent.com>
Son erişim tarihi: 06.09.2021
- Gündüz N. (2012) “Led Işık Kaynaklı Enerji Verimli Endüstriyel Aydınlatma Armatürü Optik Tasarımı”, Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi*, İstanbul, 22.

- Hamamoto, H., and Yamazaki, K. (2009) “Supplemental Lighting Inside The Plant Canopy Increased The Yield And Quality Of Three-Truss-Ordered Tomato”, *In VI International Symposium On Light In Horticulture* 907 (Pp. 283-286).
- Hay, R.K.M., and Walker, A.J., (1989) “An Introduction To Do Physiology Of Crop Yield”, *Longman Scientific And Technical*, England.
- Heo, J.W., Lee, C.W., Murthy, H.N., and Paek, K.Y., (2003) “ Influence Of Light Quality And Photoperiod On Flowering Of Cyclamen Persicum Mill. Cv”, *Dixie White. Plant Growth Regul.* 40, 7–10.
- Islam, M.A., Kuwar, G., Clarke, J.L., Blystad, D., Gislerod, H.R., Olsen J.E., and Torre, S., (2012) “Artificial light from light emitting diodes (LEDs) with a high portion of blue Light result in shorter poinsettias compared to high pressure sodium (HPS) lamps”, *Scientia Horticulturae*, 136–143.
- Jayakumar, M., Amudha, P., and Kulandaivelu, G. (2004) “Effect of low doses of UV-A and UV-B radiation on photosynthetic activities inPhaseolus mungo L.” *Journal of Plant Biology*, 47(2), 105-110.
- Jung, E. S., Lee, S., Lim, S. H., Ha, S. H., Liu, K. H., and Lee, C. H. (2013) “Metabolite Profiling Of The Short-Term Responses Of Rice Leaves (Oryza Sativa Cv. Ilmi) Cultivated Under Different LED Lights And Its Correlations With Antioxidant Activities”, *Plant Science*, 210, 61-69.
- Kaçar, B., Katkat, V., ve Öztürk,Ş., (2010) “Bitki Fizyolojisi”, *Nobel Yayın Dağıtım Tic.Ltd.Şti.*, Kızılay, Ankara
- Kahyaoğlu M., ve Kıvanç M. (2007) “Endüstriyel Atık Maddelerden Mikrobiyal Yolla Beta Karoten Üretimi”, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi (J. Agric. Sci.)*, 17(2): 61-66
- Kandemir, D., (2005) “Sera Şartlarında Sıcaklık ve Işığın Biberde (Capsicum Annuum L.) Büyüme, Gelişme ve Verim Üzerine Kantitatif Etkileri”, Doktora Tezi, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Samsun, 198760.
- Karagöz Küçük, Z. (2018) “Farklı Renk Sıcaklığına Sahip Yarıiletken Tabanlı Aydınlatma Sistemlerinin Triticum Aestivum L. (Buğday) ve Hordeum Vulgare L. (Arpa) Üzerindeki Etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, *Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Erzincan.
- Katsuhara, M., T.Mimura, and M., Tazawa (1990) “ATP-Regulated İon Channels İn The Plasma Membrane Of A Characeae Alga”, *Nitellopsis Obtusa, Plant Physiol.*, 93, 343-346.
- Kessel, C., (2003) “Strawberry Diagnostic Workshops: Nutrition. Strawberry Diagnostic Workshops”, *Ministry Of Agriculture And Food*. Ontario.
- Kılıç, E. (2018) “Termik, Deşarja Dayanan ve Elektrolüminesans Yollarla Üretilen Işığın Triticum Aestivum L. (Buğday) ve Hordeum Vulgare L. (Arpa) Üzerindeki

Biyokimyasal Etkilerinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, **Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Erzincan.

- Kırbay E., ve Özer H. (2015) “Farklı Gölgeleme Uygulamalarının Örtüaltında Organik Olarak Yetiştirilen Hıyarın (*Cucumis Sativus* L.) Verim ve Kalite Üzerine Etkisi”, **Uluslararası Tarım Ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi (UTYHBD)**, 7-14.
- Koç, C., Vatandaş, M., ve Koç, A.B., (2009) “LED Aydınlatma Teknolojisi ve Tarımda Kullanımı”, **25. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi**, 01-03 Ekim, Isparta.
- Lee, S. W., Seo, J. M., Lee, M. K., Chun, J. H., Antonisamy, P., Arasu, M. V., and Kim, S. J. (2014) “Influence Of Different LED Lamps On The Production Of Phenolic Compounds İn Common And Tartary Buckwheat Sprouts” **Industrial Crops And Products**, 54, 320-326.
- Li, M., Tian, L., Chen, Z., Wu, X., and Wang, Y. (2012) “A Kind Of İmitated Environment System For Plant Growth Based On LED Light Source”, **In 2012 24th Chinese Control And Decision Conference (CCDC) (Pp. 652-655)**. IEEE.
- Liao, X., Zhang, L., and Xu, J. (2001) “Light Role İn The Plant Development”, **Journal Of Hebei University**, 21(3).
- Limprasitwong, P., and Thongchaisuratkrul, C. (2018) “Plant Growth Using Automatic Control System Under LED”, Grow, And Natural Light. In **2018 5th International Conference On Advanced Informatics: Concept Theory And Applications (ICAICTA) (Pp. 192-195)**. IEEE.
- Lin, K. H., Huang, M. Y., Huang, W. D., Hsu, M. H., Yang, Z. W., and Yang, C. M. (2013) “The Effects Of Red, Blue, And White Light-Emitting Diodes On The Growth, Development, And Edible Quality Of Hydroponically Grown Lettuce (*Lactuca Sativa* L. Var. *Capitata*)”, **Scientia Horticulturae**, 150, 86-91.
- May, G.M., and Pritts, M.P., (1990) “Strawberry Nutrition”, **Advances İn Strawberry Production** 9:10-24.
- Ong, Z. J., Ng, A. K., and Kyaw, T. Y. (2019) “Intelligent Outdoor Aquaponics With Automated Grow Lights And İnternet Of Things”, **In 2019 IEEE International Conference On Mechatronics And Automation (ICMA) (Pp. 1778-1783)**. IEEE.
- Osma, E., İlhan, V., and Yalçın, İ. E. (2014) “Heavy metals accumulation causes toxicological effects in aquatic *Typha domingensis* Pers”, **Brazilian Journal of Botany**, 37(4), 461-467.
- Osma, E., Serin, M., Leblebici, Z., and Aksoy, A. (2013) “Assessment of Heavy Metal Accumulations (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, and Zn) in Vegetables and Soils”, **Polish Journal of Environmental Studies**, 22(5).
- Porra R.J., Thompson W.A., and Kriedemann P.E., (1989) “Determination Of Accurate Extinction Coefficients And Simultaneous Equations For Assaying Chlorophylls A And Bextracted With Four Different Solvents: Verification Of The Concentration Of Chlorophyll Standards By Atomic Absorption Spectroscopy”,

- Ptushenko, V.V., Avercheva, O.V., Bassarskaya, E.M., Berkovich, Y.A., Erokhin, A.N., Smolyanina, S.O., and Zhigalova, T.V., (2015) “Possible Reasons Of A Decline In Growth Of Chinese Cabbage Under A Combined Narrowband Red And Blue Light In Comparison With Illumination By High-Pressure Sodium Lamp”, ***Scientia Horticulturae*** 194, 267–277.
- Samuolienė, G., Sirtautas, R., Brazaitytė, A., and Duchovskis, P. (2012) “LED Lighting And Seasonality Effects Antioxidant Properties Of Baby Leaf Lettuce”, ***Food Chemistry***, 134(3), 1494-1499.
- Sang-Won Lee vd. (2014) “Influence of different LED lamps on the production of phenolic compounds in common and Tartary buckwheat sprouts” , ***Industrial Crops and Products*** 54 320–326
- Simpson, R. S. (2003) Lighting Control: Technology And Applications, ***Focalpress***, Italy.
- Sinha, N. K., Sidhu, J., Barta, J., Wu, J., and Cano, M. P. (Eds.). (2012), ***Handbook of fruits and fruit processing***. John Wiley & Sons.
- Sugiura, M. (1993). Review Of Metal-Halide Discharge-Lamp Development 1980–1992. ***IEEE Proceedings A (Science, Measurement and Technology)***, 140(6), 443-449.
- Taiz L., and Zeiger E., (2008), Bitki Fizyolojisi (Üçüncü Baskıdan Çeviri; Çeviri Editörü İsmail Türkan). ***Palme Yayıncılık***, Ankara.
- Taylor F., and Alma E., (2000) “Illumination Fundamentals”, ***Light Research Center***, New York, 5, 22-35.
- Tosun, F., 1992. Bitki Yetiştiriciliğinin Fizyolojik Esasları. ***O.M.Ü, Zir. Fak. Ders Notu*** No: 5
- United Nations, World Population Prospects, The 2017 Revision (2017)
- Urbonavičiūtė, A., Samuolienė, G., Brazaitytė, A., Ulinskaitė, R., Jankauskienė, J., Duchovskis, and 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), “ The Quantitative Effects Of Temperature And Light Environment On The Growth, Development And Yield Of Tomato And Aubergine” (Unpublished Phd Thesis). ***The Univ. Of Reading***, England.
- Uzun, S., (1997). Sıcaklığın ve Işığın Bitki Büyüme, Gelişme ve Verimine Etkisi (I. Büyüme). ***O.M.Ü. Zir. Fak., Dergisi***, 12(1): 147-156.

- Ünsal, M. (2018) “Farklı Renklerdeki Led Işıkların Rhododendron Luteum Sweet Tohumlarının Çimlenmesi Üzerine Etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, **Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Kırşehir.
- Vardar, Y., ve Güven, A., (1996), “Bitki Fizyolojisine Giriş”, **Barış Yayınları**, Fakülteler Kitapevi, İzmir.
- Wang, S., Ji, H., Zhu, Z., Chen, H., and Zhang, Y. (2012), “An Intelligent Controlling System For LED Plant Supplemental Lighting Greenhouse”. **In 2012 Symposium On Photonics And Optoelectronics** (Pp. 1-3). IEEE.
- Wheeler, R. M. (2008). “A Historical Background Of Plant Lighting”, **An Introduction To The Workshop**. Hortscience, 43, 1942–1943.
- Yamaguchi, S., Motosugi, T., Uchiyama, R., Takahashi, Y., and Hayashi, T. (2019), “Relationship Between LED Energy Consumption And Plant Growth In Small Hydroponic Plant Cultivation System”. **In 2019 19th International Conference On Control, Automation And Systems (ICCAS)** (Pp. 450-455). IEEE.
- Yen, H. C., Hong, J. C., and Yen, C. T. (2012), “Optimal Research Of Artificial-Lighting Sources For Anoectochilus Formosanus Hayata”, **In 2012 7th IEEE Conference On Industrial Electronics And Applications (ICIEA)** (Pp. 642-646). IEEE.
- Yıldız, D., (2013), “Gölgelemenin Sırık Domates Yetiştiriciliğinde Verim, Kalite ve Bazı Argonomik Özellikler Üzerine Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, **Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, Tokat, 338612.
- Yüce, D., Perdahçı, C., ve Ünsalan, H. (2015), “Aydınlatmada Geleneksel Işık Kaynaklarından Led’e Kadar Uzanan Tarihçe”, **8. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu**, İzmir.



EKLER

EK-1. Tez Çalışması Süresince Yapılan Akademik Çalışmalar

Arıcioğlu A., Akaltun Y. , Elveren M. , ve Osma E. (2020) “ Investigation of the effects of light at different distances on growing *Triticum aestivum* l. (wheat) and *Hordeum vulgare* l. (barley)” , **European Conference On Mathematics, Engineering**, Natural & Medical Sciences, Faryab, Afganistan, 23 - 25 Ekim 2020, ss.262-266

