

**ÖRTÜ ALTI SEBZE YETİŞTİRİCİLİĞİNDE LED AYDINLATMA
SİSTEMLERİNİN BİTKİ GELİŞİMİNE VE VERİMİNE
ETKİSİNİN BELİRLENMESİ**

Zafer AVCI

Yüksek Lisans Tezi

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman: Prof. Dr. Yılmaz BAYHAN

2019

T.C
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÖRTÜ ALTI SEBZE YETİŞTİRİCİLİĞİNDE LED AYDINLATMA SİSTEMLERİNİN
BİTKİ GELİŞİMİNE VE VERİMİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

ZAFER AVCI

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman: Prof. Dr. Yılmaz BAYHAN

TEKİRDAĞ-2019

Her Hakkı Saklıdır

Prof. Dr. Yılmaz BAYHAN danışmanlığında Zafer AVCI tarafından hazırlanan ‘ÖRTÜ ALTI SEBZE YETİŞTİRİCİLİĞİNDE LED AYDINLATMA SİSTEMLERİNİN BİTKİ GELİŞİMİNE VE VERİMİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ’ isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Prof. Dr. Yılmaz BAYHAN
(Danışman)

İmza:

Üye: Prof. Dr. İlker H. ÇELEN

İmza:

Üye: Doç. Dr. Osman GÖKDOĞAN

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Doç. Dr. Bahar UYMAZ
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÖRTÜ ALTI SEBZE YETİŞTİRİCİLİĞİNDE LED AYDINLATMA SİSTEMLERİNİN BİTKİ GELİŞİMİNE VE VERİMİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

Zafer AVCI

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Yılmaz BAYHAN

Bu araştırmada, güneşlenme süresinin az olduğu bölgelerde ve metro gibi kapalı alanlarda LED aydınlatma sistemleri kullanılarak, örtü altında yetiştirilen yeşil aksamli bitkilerin gelişmesi üzerine olan etkisi, yetiştirilen ürünün kalite parametreleri ve verime olan etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışma Tekirdağ İli, Hayrabolu İlçesi, Ergün Korkmaz Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi seralarında LED ışık kaynağı ile yetiştirilen marul, araştırmanın ana materyalini oluşturmaktadır. Denemede mavi kırmızı ve sarı renkli LED aydınlatma sistemleri ve bu renklerin kombinasyonları kullanılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre; Farklı LED ışığının kullanılması sonucunda ürünler 63 günde olgunlaşmayı tamamlayarak, hasada gelme süresi kısalmıştır. Toplam bitki ağırlığı en yüksek değer 1175,12 g ile mavi+sarı+kırmızı LED uygulamasından ve en düşük değer ise 948,15 g ile mavi+sarı LED uygulamasından elde edilmiştir. Uygulanan LED aydınlatma sistemlerinin kullanıldığı denemede birim alanda en fazla 41,24 ton/ha ile mavi+sarı+kırmızı LED yönteminde, en düşük verim ise 28,58 ton/ha ile mavi+sarı LED yönteminde bulunmuştur. Farklı renkli LED ışık kaynağı uygulamalarının C vitamini yoğunluğu üzerine istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Bu sonuçlar neticesinde ürünler erken olgunlaştığı için pazarda yüksek fiyattan satılmasını sağlamaktadır. LED kullanımı seralarda üretilen yeşil yapraklı bitkilerde birim alanda verimi arttırmaktadır. Örtü altı sebze yetiştiriciliğinde LED aydınlatma sistemlerinin enerji tüketimi az olup, diğer ışık üreteçlerinden daha ucuzdur. Güneş ışık yoğunluğunun az olduğu kış aylarında, alternatif ışık kaynağı olarak kullanılabilme olanağı mevcuttur.

Anahtar Kelimeler: Marul, LED, Örtü altı, Yetiştirme, Verim

2019, 38 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

DETERMINING THE EFFECTS OF LED LIGHTING SYSTEMS IN GREENHOUSE VEGETABLE GROWING ON THE GROWTH AND YIELD OF PLANTS

Zafer AVCI

Tekirdağ Namık Kemal University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Main Science Division of Biyosistem Engineering
Supervisor: Prof. Dr. Yılmaz BAYHAN

The purpose of this study is to determine the effects of LED lighting systems in places where the hours of sunshine is short and in indoor areas such as subways, on the growth of greenhouse plants, and the quality parameters of the plant as well as the effect on yield. This study has taken place at Tekirdağ Province, Hayrabolu District, Ergün Korkmaz Vocational and Technical High School greenhouse and the main material of the study is lettuce, which has been grown there. During the study, blue, red and yellow colour LED lighting systems and combinations of these colours have been used. According to the study findings; when different LEDs are used, products mature in 63 days and their harvest time is shortened. In terms of total plant weight, the highest value has been obtained from blue + yellow + red LED application by 1175.12 g, while the lowest value has been obtained from blue + yellow LED application by 948.15 g. In the trial where the LED lighting systems have been applied, the greatest productivity per unit area was in blue + yellow + red LED method by 41.24 ton/ha, while the lowest productivity was observed in blue + yellow LED method by 28.58 ton/ha. The effect of different coloured LED light source practises on vitamin C density has been found to be statistically non-significant. Consequently, the products mature earlier and are sold for a higher price at the market. The use of LED increases productivity per unit area in greenhouse plants. In greenhouse vegetable cultivation, LED lighting systems have low energy consumption and it is cheaper than other light generators. It is a possible alternative light source during the winter months when the sunlight density is low.

Keywords: Lettuce, LED, Greenhouse, Growing, Yield

2019, 38 pages

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
SİMGELER DİZİNİ	viii
ÖNSÖZ	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	4
3.MATERYAL ve YÖNTEM	9
3.1. Materyal	9
3.1.1. Tekirdağ İlinin Hayrabolu İlçesinin Coğrafik Konumu ve İklim Verileri	9
3.1.2. Araştırmada Kullanılan Marul Bitkisinin Özellikleri	11
3.1.3. Yüksek Tünel Seranın Özellikleri	12
3.1.4. Prototip Tünel Seranın Özellikleri	12
3.1.5. LED Işık Kaynaklarının Özellikleri	13
3.1.6. Besin Çözeltileri ve Hazırlanması	13
3.1.7. Araştırmada Kullanılan Malzemeler	14
3.1.8. Araştırmada Kullanılan Ölçüm Cihazları	16
3.2. Yöntem	17
3.2.1. Yüksek Tünel Seraya ve Prototip Seraya LED Işıkların Yerleştirilmesi	17
3.2.2. Protatip Sera Bitki Büyütme Ünitelerinin Hazırlanması ve Yüksek Tünel Sera Zeminin Hazırlanması	17
3.2.3. Dikim, Bakım ve Hasat İşlemleri	18
3.2.4. Marulun Özelliklerinin Belirlenmesi	19
3.2.4.1. Hasada Gelme Süresi.....	19
3.2.4.2. Toplam Bitki Ağırlığı	19
3.2.4.3. Pazarlanabilir Yaprak Ağırlığı.....	19
3.2.4.4. Pazarlanabilir Yaprak Sayısı	19
3.2.4.5. Toplam Yaprak Sayısı	20
3.2.4.6. Pazarlanabilir Verim.....	20
3.2.4.7. Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi	20

3.2.4.8. Deneme Deseni ve İstatistiksel Analiz	21
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	22
4.1. Hasada Gelme Süresi.....	22
4.2. Toplam Bitki Ağırlığı.....	23
4.3. Pazarlanabilir Baş Ağırlığı	23
4.4. Pazarlanabilir Yaprak Sayısı	24
4.5. Toplam Yaprak Sayısı	25
4.6. Pazarlanabilir Verim.....	25
4.7. Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi	26
4.7.1. C Vitamini	27
4.7.2. PH	27
4.7.3. Yaprak Rengi.....	28
4.7.4. Klorofil Miktarı	29
4.7.5. Işık Parlaklığı.....	29
5.SONUÇ VE ÖNERİLER	31
6.KAYNAKLAR	33
TEŞEKKÜR	37
ÖZGEÇMİŞ	38

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3. 1: Araştırmada kullanılan besin çözeltisinin içeriği (mg/l)	13
Çizelge 4. 1: Farklı renkli LED ışık kaynağı uygulamalarının bitki verim özellikleri üzerine etkisi.....	22
Çizelge 4. 2: Farklı renkli LED ışık kaynağı uygulamalarının bitki kalite parametreleri üzerine üzerine etkisi.....	26

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 1.1: Dikey torba kültürü	2
Şekil 1.2: LED ışık kaynağı.....	2
Şekil 3.1: Hayrabolu ilçesi ile deneme alanının uydu görünümü.....	9
Şekil 3.2: Hayrabolu ilçesinin 2018 yılı (ortalama sıcaklık ve yağış) iklim verileri	10
Şekil 3.3: Hayrabolu ilçesinin 2018 yılı (bulutlu güneşli ve yağışlı) iklim verileri	10
Şekil 3.4: Hayrabolu ilçesinin 2018 yılı (maksimum sıcaklıklar) iklim verileri	11
Şekil 3.5: Yüksel tünelin görünümü	12
Şekil 3.6: Prototip seranın görünümü	12
Şekil 3.7: Fotosentez emilim spektrumu	13
Şekil 3.8: Yapay ışık ile ilgili SMD LED	14
Şekil 3.9: Cocopeat.....	15
Şekil 3.10: Perlit.....	15
Şekil 3.11: PVC tabanlık ve saksı	15
Şekil 3.12: Alüminyum çita.....	15
Şekil 3.13: Denemede kullanılan cihazlar	16
Şekil 3.14: Prototip tünelde LED ışıklarının yerleştirilmesi	17
Şekil 3.15: Yüksek tünelde LED ışıklarının yerleştirilmesi.....	17
Şekil 3.16: Hazırlan PVC sakların görünümü	18
Şekil 3.17: Toplam bitki görünümü.....	19
Şekil 3.18: Temizlenmiş bitki görünümü	19
Şekil 3.19: Marul yaprakların ayrılması.....	20
Şekil 4.1: Değişik dalga boylarının marul ağırlığı üzerine etkisi	23
Şekil 4.2: Marulun pazarlanabilir baş ağırlığı	24
Şekil 4.3: Değişik diyotların pazarlanabilir yaprak sayısına etkisi	24
Şekil 4.4: LED ışıkların toplam yaprak sayısına etkisi	25
Şekil 4.5: LED ışıkların pazarlanabilir verim arasındaki ilişki	26
Şekil 4.6: Farklı LED ışığının C vitamene olan etkileri.....	27
Şekil 4.7: Değişik LED yöntemlerinin bitkilerdeki pH olan etkisi	28
Şekil 4.8: Değişik LED yöntemlerinin bitkilerdeki yaprak rengine olan etkisi	28
Şekil 4.9: Değişik LED yöntemlerinin bitkilerdeki klorofil yoğunluğuna etkisi	29
Şekil 4.10: Sarı, mavi, kırmızı LED yöntemleri ile ışık parlaklığı arasındaki ilişki	30

Şekil 4.11: Sarı-kırmızı, Sarı-mavi, Mavi-kırmızı ve Sarı-mavi-kırmızı LED yöntemleri ile ışık parlaklığı arasındaki ilişki 30

SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR

LED	: Işık yayan diyot
Ort.	: Ortalama
mg	: Miligram
nm	: Nanometre
kg	: Kilogram
NFT	: Besin film tekniği
ppm	: Milyonda bir
EC	: Elektrik iletkenliği
µmol	: Mikro mol
MT	: Metrik ton
M.S	: Milattan sonra
FAO	: Gıda ve tarım örgütü
FAR	: Fotosentetik aktif radyasyon
SMD	: Yüzey montaj elemanları
TUIK	: Türkiye İstatistik Kurumu
SÇKM	: Suda çözünebilir kuru madde
°C	: Santigrat Derece
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
da	: Dekar
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri
DSİ	: Devlet Su İşleri
kg	: Kilogram
m	: Metre
m ³	: Metreküp
mm	: Milimetre
t	: Ton

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması LED ışık kaynaklarının tarımsal yetiştiricilik üzerindeki etkileri, sektöre faydaları, insan nüfusundan kaynaklı dünya üzerinde alan daralmaları ve ilerleyen dönemlerde besin bulmanın güçleşeceğini göz önünde bulundurarak, güneş ışığını destekleyici enerji kaynaklarının araştırılması sürecinden etkilenecek oluşturulmuş bir çalışmadır.

Öncelikle tez konusunu belirlerken fikirlerimi destekleyip bu çalışmanın yapılabilmesi için büyük katkı sağlayan, yenilikçi fikirlere hep açık olan desteklerini hiçbir şekilde esirgemeyen, tez danışmanım Prof. Dr. Yılmaz Bayhan'a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca bu süreçte araştırmada bana destek olan Prof. Dr. İlker Hüseyin Çelen ve Doç. Dr Fulya Tan'a araştırmalarımı yürüttüğüm ve personeli olduğum. Ergün Korkmaz Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi çalışanlarına, denemelerimde bana yardımcı olan tarım bölümü öğrencilerime, hayatım boyunca maddi manevi desteklerini esirgemeyen sevgili aileme teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Mayıs 2019

Zafer AVCI
(Ziraat Mühendisi-Tarım Öğretmeni)

1.GİRİŞ

Dünyada kullanılan tarım sahalarının azalması ve bu alanların yağmur, su, rüzgar erozyonuna uğraması, toprak taşınması, ticari faaliyetler, sahaların imarlaşması gibi dış etkenlerden dolayı tarım alanları giderek azalmaktadır. Dünya nüfusunun hızla artması ile bu alanların insanların besin ihtiyacını karşılamaya yetmeyecektir Bu sebepten birim alandan maksimum ürün alabilme sistemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Giderek hızlı bir şekilde artan dünya nüfusunun ihtiyacı olan besin maddelerini karşılamak önemli bir problem olarak görülmektedir. Dünyanın ekilebilir alanlarını artıramayacağımızdan dolayı bu problemi birim alandan elde edilecek ürün artışı ile sağlamamız mümkündür (Karaağaç 2007).

Türkiye de tarım alanlarının %40.58 ini tahıllar ve diğer bitkisel ürünler, %10.55 i nadasa bırakılan topraklar %2.10 u sebze bahçeleri, %0.01 i süs bitkileri, %8.67 sini uzun ömürlü bitkiler ve %38.08 ini de çayır meralar oluşturmaktadır (Anonim 2018).

2017 yılı TÜİK verilerine göre toplam örtü altı üretim yapılan alan 752000 dekadır. Bu alandaki üretimimizin %94 ü sebze, %6 sı meyve üretiminden oluşmaktadır. Domates % 49 üretim payı ile 1. sırada yer almakta, bunu %14 ile hıyar, %10 ile karpuz izlemektedir. Bunların yanında 185000 ton kıvırcık marul 223000 ton göbekli marul ve 82000 ton iceberg marul üretimi yapılmıştır (Anonim 2017).

Örtü altı yetiştiriciliğindeki en büyük problem daimi üretim sonucu gün yüzüne çıkan yorgunluktur. Örtü altının yağış almamasından, sera bitkilerinin yaşam fazlalığından kaynaklı, bitki artıklarının yok edilmesi, mikrobiyal oluşumun az olması sebebiyle kimyasal ve organik gübre kullanımını artırmaktadır (Bayraktar, 1970). Bu sebeple örtü altı yetiştiriciliğinde topraksız tarıma geçiş hızlı olmuştur.

Topraksız tarım geleneksel yöntemdeki topraktan kaynaklanan hastalıklar ve zararlılar gibi etmenlerden kaynaklanan kaliteyi düşürücü sebepleri ortadan kaldırmaktadır ve ürün verimini artırmaktadır (Jones, 1983). Toprak olmadan üretim ve ürün yetiştiriciliği bilhassa küçük alanlarda gelişmiştir. Sebze ve süs bitkileri tarımında kullanılmaktadır. Toprak olmadan üretim destek sistemi ve besin karışımı ile yapılan yetiştiricilik türüdür (Varış 1991).

Dikey torba kültürü topraksız yetiştiricilikte dünyada marul ve ilek üretiminde kullanılmaktadır. Bu sistemde katı veya sert bir PVC den oluşmaktadır. Seçilen materyalin esnek, gevrek su ve hava tutma kapasitesi iyi, kolaylıkla drenaj edilebilme özelliğine sahip olmalıdır.



şekil 1.1. Dikey torba kültürü

Bitkilerin gelişiminde büyümeyi etkileyen etmen ışıktır. Bitki bünyesindeki enerji olaylarını da yönetir (Wassink ve Stolwijk, 1956). Sebzelerin retiminde örtü altında kullanılmak üzere yapay ışık kaynakları gündeme gelmiştir. Güneşin aydınlatmadığı bir ortamda yapılan ek ışıklandırmanın sebze gelişimine ve hasat olgunluğuna gelmesinde etkili olan parametreleri bulmuşlardır.

Güneş ışınlarının az olduğu yerlerde veya hiç olmadığı yerlerde, avantajlarından ötürü LED diyotlarının kullanılması artmaktadır. LED diyotlar, uzun ömürlü ve elektrik tüketiminde az enerji harcaması nedeniyle dünyada ve Türkiye’de kullanımı yaygın olarak artmaktadır.



şekil 1.2. LED ışık kaynağı

Işık; bitkilerin büyüme ve gelişmelerinde önemli rol oynayan, tohumların çimlenmesinden, bitkilerin ölümüne kadar geçen süreç içerisinde önemli ve farklı düzeylerde etkili olan çevresel faktörlerden biridir. Bitkisel üretimde güneş enerjisinin yeterli olmadığı durumlarda ve güneş ışığı olmayan yetiştirme kabinlerinde yapay ışık kaynaklarının kullanımı yaygınlaşmaktadır.

Işık kaynakları bitki büyümesini teşvik etmek, kalite ve verimde homojenlik sağlamak, bitkilerin vejetatif ve generatif dönemlerinde fotoperiyot zamanlarını ayarlamak, bitkilerin morfolojik ve fitokimyasal olaylarını düzenlemek gibi farklı amaçla kullanılabilir.

LED lambalar kullanım ömrünün uzun olması, ışık ve enerji verimliliğinin yüksek, ısı oluşumunun düşük olması sebebi ile yapay aydınlatmada önemli rol oynamaktadır. LED lambaların morötesinden (UV) kızılötesine kadar uzanan ve görünür ışık bölgesini de kapsayan geniş bir aralıkta üretimi bulunduğu için de oldukça iyi olanaklar sunmaktadır.

Özellikle ışığın azaldığı güneşli gün sayısının düştüğü soğuk aylarda güneş batarken ve yokken uygulanan alternatif ışıklandırmanın ürün gelişiminde etkisi olduğu bilinmektedir. Örtü altı sebze yetiştiriciliğinde rekolteyi arttırmak için sertifikalı tohum kullanımı, temiz sulama, bitki besleme, mekanizasyondan yararlanma gibi etmenlerin dışında seracılıkta topraksız tarım ve alternatif enerji kaynaklarının kullanımı önem taşımaktadır.

Bu bilgiler ışığında örtü altı yetiştiriciliğinde yaygın olarak üretilen marul bitkisi, üretiminde LED aydınlatma desteği sağlandığında, gelişim oranlarında değişiklikler olacaktır. Bu hipoteze dayanarak yürütülen **bu tezin amacı** marul yetiştiriciliğinde LED aydınlatmanın marul bitkisi gelişimi ve özellikle vejetatif ve generatif özelliklerine nasıl etki ettiğinin tespiti ve değerlendirmesidir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Shillo (1976), yaptığı bir çalışmada 12 saat gün aydınlanma süresi boyunca taçlanmanın geciktiğini, alternatif olarak akkor telli ışık kaynağı kullanılmasıyla gece içerisinde dört saatlik ışık verilmesi ile çiçeklenmeyi artırdığını vurgulamıştır. Buna karşılık akkor telli ışık kaynağı ile gece içerisinde 4 saatlik ek ışık verilmesinin çiçeklenmeyi artırdığı saptanmıştır.

Armitage ve Garner (1979), yılında yaptıkları çalışmada flamanlı ışık kaynağını uzun günlerde kullanarak yüz altmış dört günde taçlandığını, kısa günlerde taçlanmadığını vurgulamışlardır.

Bula ve ark. (1991), lahana bitkisi üzerine yaptıkları çalışmada floresan ve akkor telli lamba arasında bir fark görememişlerdir. Bitki aksamları gelişiminde bir farklılıkta tespit edilememiştir. Tarımsal aydınlatmada kullanılan LED ışık kaynaklarının verimliliğinin floresan lambasına kıyasla iki kat verimliliğe sahip olduğu bulunmuştur.

Tennessee ve ark. (1994), iki farklı ışık yayıcı kıyaslaması sonucunda bitki stomalarının açılmasını incelemişlerdir. Karbondioksit yoğunluğunun fazla olduğu ortamlarda beyaz ve farklı renkteki ışıkların stoma açılımına etkisi sabit bulunmuştur. Yapraklar her iki lamba diziliminde de fotosentez döngüsünü ortaya koymuşlardır.

Yanagi ve Okamoto (1994), yaptıkları çalışmada Ispanak bitkisini kullanarak flöralışıl lambanın verimliliğini o zamanın teknolojisine göre daha verimsiz bulmuşlar fakat LED lamba sistemlerinin de bitki yetiştiriciliğinde kullanılabilir olduğunu kanıtlamışlardır.

Pearson ve ark. (1995) te yapılan çalışmada *Osteospermum* bitkilerini sekiz saatlik zaman diliminde yetiştirerek, flamanlı ışık kaynağı altında on altı saatlik dilim zamanda yetiştirilen otsu bitkiler karşılaştırılmış ve uzun gün koşullarında yetiştirilen otsu bitkilerin daha seri geliştiğini saptamışlardır.

Yanagi ve ark. (1996), Yeşil aksam sebzelerinde LED aydınlatmasını kullanarak gelişimini takip etmişlerdir. Substrat ile yetiştiricilikte yirmi gün süreyle 20-22°C sıcaklığında yetiştirilmişlerdir. Sonuçta kırmızı renk diyottan mavi diyota kıyasla çok

miktarda verim elde edilmiştir; yalnız mavi+kırmızı LED de sebzelerden diğerlerine nazaran minimum yaprak eldesi sağlanmıştır. Kırmızı ve mavi LED kullanılarak yetiştirilen yeşil aksam bitkilerinin kuru madde ağırlıklarının fazla olduğu görülmüştür.

Okamoto ve ark. (1996), LED ışık yayıcısı kullanılarak modern ve doğru tipte bitki geliştirme aparatını ve sebze gelişimi için ışık kaynağı olarak LED ışık kaynağının olasılıklarını incelemişlerdir. Çalışma da değişik oranlarda mavi ve kırmızı LED diyotların marul bitkisine olan etkisini araştırmışlardır. Kırmızı mavi diyot uygulamalarında marul bitkisinin gelişimi üzerinde etkili olduğunu saptamışlardır.

Warner ve Erwin (2001), yaptıkları bu çalışmada *Hibiscus surattensis L.* ve *Hibiscus trionum L.* türlerine halojen (100 µmolm⁻²s⁻¹) ışık kaynaklarının kullanılmasıyla gece aydınlatmalarında bitkide meydana gelen taçlanma ve açılma olayını erkene çektiğini saptamışlardır.

Erwin vs Warner (2002), ise 11 şifalı bitki ile kurduğu denemede bu bitkilerin en az 18 saat ışıklandırılması gerektiğini ve halojen lamba kullanılmasını önermiştir.

Moreno (2004), LED teknolojisinde dizilimin düz ve yuvarlak yerleştirilmesi üzerine yaptığı bu çalışmada verim üzerine değerleri incelemiş ve araştırmanın sonucunda dizilimlerin etkisinin olmadığını fakat köşe ve kenarlara gelen ışık kaynağının verimi etkilediğini vurgulamıştır. Ayrıca köşelerde kaybedilecek spektrumu sağlamak için mercek kullanılabileceği belirtilmiştir.

Kommareddy ve Anderson (2004), algler üzerinde yapılan bu çalışmada üç farklı LED lambaları düzlemde kullanılarak etkileri incelenmiştir.

Berkovich ve ark. (2005), Yapay aydınlatma ile bitki tepkisini araştırmışlardır ve bu sistemle yapılacağını belirtmişlerdir. Bu sayede farklı spektrum yaratan ışık kaynakları kullanılabilir olacaktır. Bitkilerde tepki almak için kullanılacak en uygun kaynak LED'lerdir. Günümüzdeki Power LED bitki gelişiminde ve yetiştiriciliğinde kullanımı yeterlidir.

Pinho ve ark. (2007), yaptıkları bu çalışmada örtü altında yetiştirilen marul bitkisi üzerine etkili olan LED diyotlar ile gelişimlerini incelemişlerdir. Kontrol parselleri halojen

lambalar ile geliştirilmiştir. Birinci diyot sisteminde kırmızı turuncu ve mavi LED'ler kullanılmış. İkinci LED sisteminde sarı diyot kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar diyotların bitki gelişiminde kullanılabileceğini göstermiştir. Kırmızı diyotların bitki ağırlığını artırdığı ve sarı diyotun gelişimi teşvik ettiği gözlemlenmiştir. Bitki uzantıları ve yaprakları artmıştır.

Avercheva ve ark. (2009), halojen lamba ve LED teknolojisini Çin lahanası üzerinde klorofil ve şeker yoğunluğunu belirlemede ve farklarını görmede kullanmışlardır. Bu çalışmada normal FAR seviyesi ($391 \pm 24 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$), düşük FAR seviyesinde ($107 \pm 9 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$) ve normal akı seviyesinde on iki günde düşük, daha sonra normal ışık seviyelerinde üretim yapılmıştır. LED teknolojisi ile yetişen homojen lambalarla yetişen bitkilerden farklılığı saptanmamıştır. Sebzeler her iki ışık kaynağına aynı tepkileri vermiştir. Araştırmacılar bu çalışma esnasında bitkilerde fotosentez artışı gözlemlemiştir.

(Yağcıoğlu 2009), Türkiye'de yetiştiricilik yapılırken günlük ışıklanma süreleri dikkate alınarak ürün seçimine gidilmeli ve ilave ışık kaynakları bu sürelere göre konmalıdır. Bitkilerin ihtiyacı 1,2-1,7 MJ/m² değerleri arasında sağlanmalıdır. Kullanılacak olan bitki türüne göre fotosentez miktarı belirlenmeli ve bu parametre sayesinde yapay ışık kaynağı kullanımı göz önüne alınmalıdır.

Yeh ve Chung (2009), LED'ler diğer ışık kaynaklarına göre 100 kat daha fazla kullanım süresine sahip oldukları için tercih sebebidirler. Isı üretimleri düşük, kapladıkları yer ve boyutları az olduğu için avantajlıdır. Bu sebepten örtü altı yetiştiriciliğinde kullanılması isabetli olur.

Yeh ve Chung (2009), endüstride çok uzun yıllardır kullanılan LED lerin verimlilikleri üzerine çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada ışık kaynağı olarak tüp şekilli akkor telli lamba, sodyum lambası, metal halojen lamba ve flamanlı lambaları kullanmışlardır.

Yeh ve Chung (2009), Yeşil ve sarı LED'ler kırmızı ve mavi LED'lere kıyasla ışığı yansıtmasından kaynaklı aynı zamanda dalga boylarının düşük spektrumda olması sebebi ile örtü altı yetiştiriciliğinde kullanımın zor olduğunu belirtmişlerdir. LED'ler beyaz ışığın içindeki yüksek dalga boylarındaki renkleri severler.

Brazaityte ve ark. (2010), Örtü altı yetiştiriciliğinde beş farklı LED ışık kaynağının (447(L1), 638(L2), 660(L3), 669(L4) ve 731(L5) nm) domates bitkisi üzerine olan etkilerini araştırmışlardır. Araştırma sonunda LED'lerin domates verimine etkisinin olmadığını ve sarı LED'lerin domates verimini düşürdüğüne yönelik bulgular tespit etmişlerdir. Denemede ışık akısının ölçümü için n 2,4 m uzağına bir denetleyici monte etmişlerdir. Alglerin metabolizma faaliyetlerini 400-500 nm ile 600-700 nm dalga boylarındaki enerjileri kıyaslamaya çalışmışlardır. Çalışmanın sonucunda alg üretiminde en iyi dalga boyunun 643 nm LED'lerden kurulmuş sistem tarafından oluşturulduğunu belirlemişlerdir. Denemede dalga boyları haricinde LED'lerin çalışma saati boyunca enerji verimlilikleri değerlendirilmiş ve kullanılabilir olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Çağlayan ve Ertekin (2011), yaptıkları çalışmada bitkisel üretim için LED yetiştirme lambalarının kullanım amaçlarını açıklamışlardır. Bu çalışmada LED'lerin geleneksel bitki büyütme lambalarına göre teknolojik üstünlükleri ve farklılıklarını incelemişler, bitkisel üretim üzerindeki etkileri tartışılmış, kullanımı ve LED sistemlerinin avantajları ve dezavantajlarını belirtmişlerdir.

Ekinci (2011), yaptığı çalışmada diyotların tarımsal aydınlatmada kullanılması incelenmiştir. Araştırmada kullanılan LED'lerin sığla balsamı (*Liquidambar styraciflua*L.,) türü ile örtü altına uyarlanabilirliği ve flüorışıl lamba ile enerji verimliliğinin kıyaslamasının yapıldığı ve maliyet raporu çıkarılarak tespit edilmesi görülmektedir. Sonuç olarak LED teknolojisinin endüstriye ve kurumlara diğer lambalardan daha fazla verim sağlayacağı daha az enerji harcayacağı saptanmıştır.

Köksal ve ark. (2013), yaptıkları bu araştırmalarında kırmızı LED diyotların domates üzerine olan etkilerini saptamışlardır. Bulgularında, kırmızı ve turuncu diyotların bitkinin vejetatif aksamında farklılık yarattığı saptanmıştır. Çalışmada domates bitkisinin yetiştirme sürecinde kırmızı-turuncu LED ışıkların kullanımının bitki boyu, yaprak sayısı, çiçek sayısı ve biomas ağırlığı parametreleri açısından farklılık yarattığını ortaya koymuştur. Sonuçlar domates bitkisinin yetiştirme sürecinde kırmızı-turuncu LED ışıkların kullanılabilirliğini ortaya koymuştur.

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

3.MATERYAL ve YÖNTEM

Bu araştırma Tekirdağ İli, Hayrabolu İlçesinde bulunan Ergün Korkmaz Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi Tarım atölyesinde ve okul araştırma alanında bulunan polietilen serada 2017-2019 yılları arasında yürütülmüştür. Marul yetiştiriciliğinde vegetatif ve generatif özelliklerin nasıl değişim gösterdiği irdelenmiştir.

3.1. Materyal

3.1.1. Tekirdağ İli Hayrabolu İlçesinin Coğrafik Konumu ve İklim Verileri

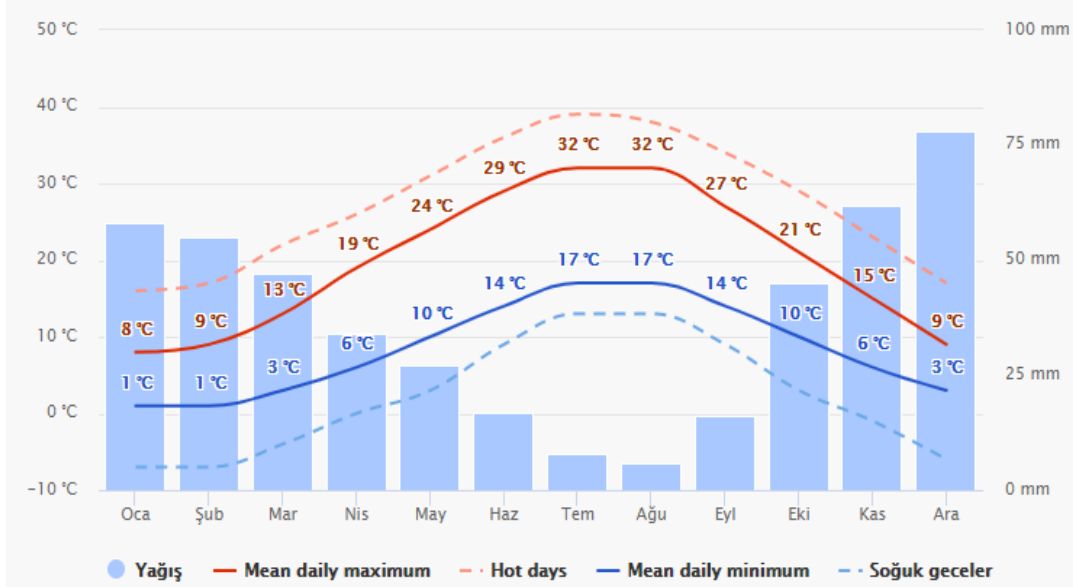
Hayrabolu ilçesi Tekirdağ il sınırları içerisinde olup $41^{\circ} 12' 47''$ kuzey ile $27^{\circ} 6' 24''$ ile doğu boylamları arasında bulunmaktadır. Hayrabolu ilçesi deniz seviyesinden yüksekliği 60 metredir. Denemelerin yapıldığı alanın konum ve uydu görünümü Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Hayrabolu İlçesi ile deneme alanının uydu görünümü

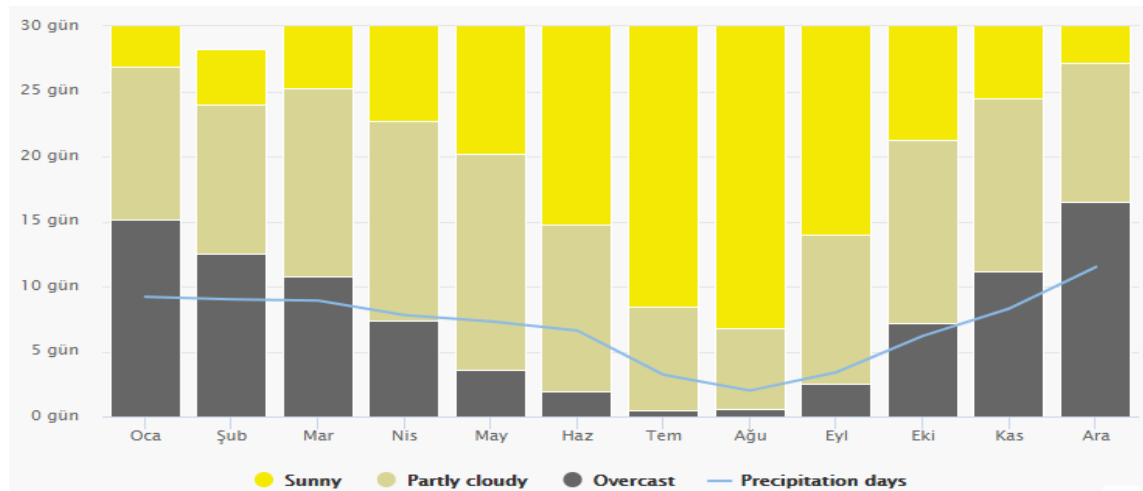
Marmara ve Meriç havzalarında bulunan Tekirdağ ili Hayrabolu ilçesi nemlilik indekslerine göre yarı nemli iklim özelliğine sahiptir. Hayrabolu ilçesinde karasal iklim egemendir, ilçede günlük sıcaklık farkı fazladır. İlçede yaygın olarak yapılmakta olan ürünlerin isteklerine uygun bir yağış rejimi vardır. Tekirdağ Meteoroloji Müdürlüğünden alınan bazı iklim verileri Şekil 3.2 de açıklandığı gibi ortalama günlük maksimum grafiği (koyu kırmızı çizgi) her ay için ve Hayrabolu için ortalama bir günün maksimum sıcaklığını

gösterir. Aynı şekilde ortalama günlük minimum grafiği (koyu mavi çizgi) ortalama minimum sıcaklığı gösterir. Sıcak günler ve soğuk geceler (kesikli kırmızı ve mavi çizgiler) son otuz yıldır her ayın en sıcak ve en soğuk gecelerinin ortalamasını göstermektedir (Anonim 2019).



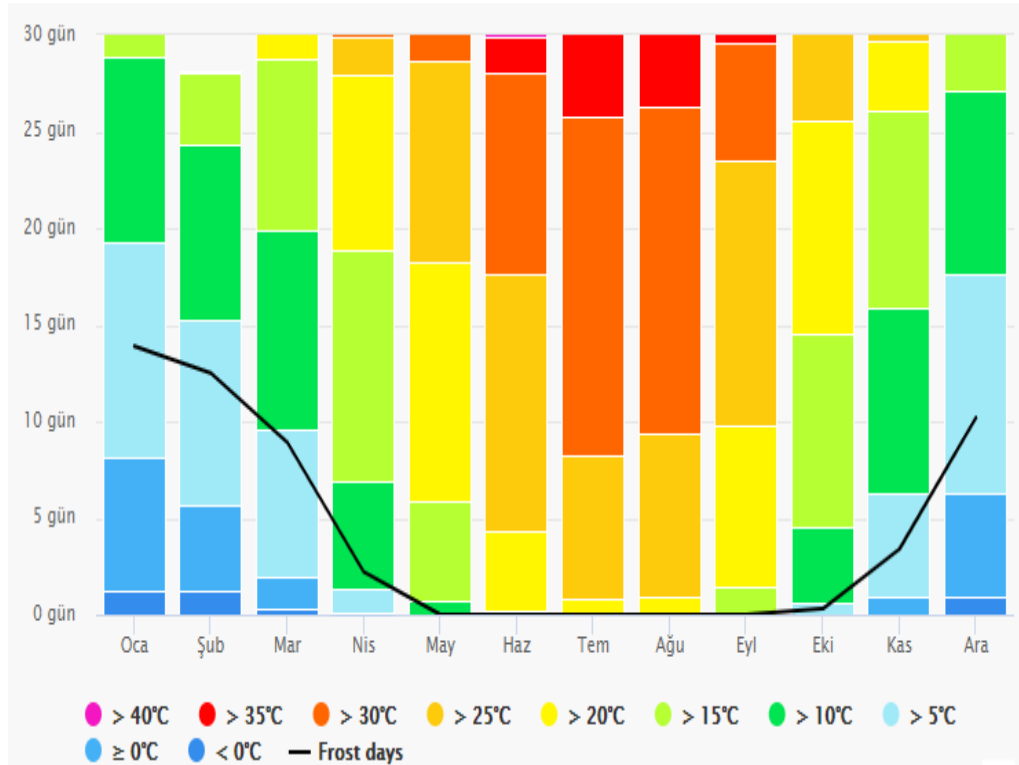
Şekil 3.2. Hayrabolu ilçesinin 2018 yılı (ortalama sıcaklık ve yağış) iklim verileri (Anonim, 2019)

Şekil 3.3 de açıklandığı gibi aylık güneşli, parçalı bulutlu, bulutlu ve yağışlı gün sayısını gösterir. %20 den az bulutlu günler güneşli olarak, %20-%80 arasındaki günler parçalı bulutlu olarak, %80den fazla olan günler kapalı olarak kabul edilir. (Anonim, 2019).



Şekil 3.3 Hayrabolu ilçesinin 2018 yılı (bulutlu güneşli ve yağışlı) iklim verileri (Anonim, 2019)

Şekil 3.4 te açıklandığı gibi Hayrabolu için maksimum sıcaklık diyagramı ayda kaç sayıda günün belirli bir sıcaklığa ulaştığını verir.(Anonim 2019).



Şekil 3.4. Hayrabolu ilçesinin 2018 yılı (maksimum sıcaklıklar) iklim verileri (Anonim, 2019)

3.1.2. Araştırmada Kullanılan Marul Bitkisinin Özellikleri

Araştırmada bitkisel materyal olarak, Türkiye’de en çok yetiştirilen tür olan(*Lactuca sativa L. var crispa.*) çeşit’i seçilmiştir. Bu marul cinsi Türkiye’de her dönem yetiştiriciliği yapılabilen ve randımanlı gelişimine olanak sağlayan bir türdür. Bu sebze türü ortam koşullarına uyum sağlamakta, açık yeşil aksamı dayanıklı bir çeşittir. Pazarda albenisi yüksek ve cezb edicidir. Yeşil aksamı fazladır ve büyüktür. Yaprak kenarları kıvrıktır. Sapa kalkmada mukavemeti yüksektir. Yapısında esneklik sağlayan genler bulunur. Tüketim esnasında kırılma ve parçalanma yapmaz. Raf ömrünü uzun zaman diliminde koruyabilir. Kıvrık yaprak yanıklığı görülmez. Su dolu bir bitki bünyesine sahiptir ve lezizdir. Örtü altı yüksek tip tünel yetiştiriciliğine uygundur (Anonim, 2014).

3.1.3. Yüksek Tünel Seranın Özellikleri

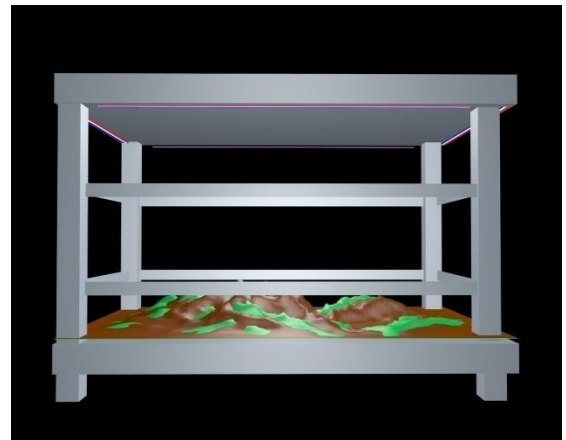
Yüksek tünel doğu-batı yönünde kurulmuş, üzeri 36 aylık polietilen örtü ile kaplanmıştır. Yüksek tünel 15 metre boyunda, 6 metre eninde, yan yükseklikler 2,2 metre ve orta çatı yüksekliği ise 3 metre olarak kurulmuştur (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Yüksel tünelin görünümü

3.1.4. Prototip Tünel Seranın Özellikleri

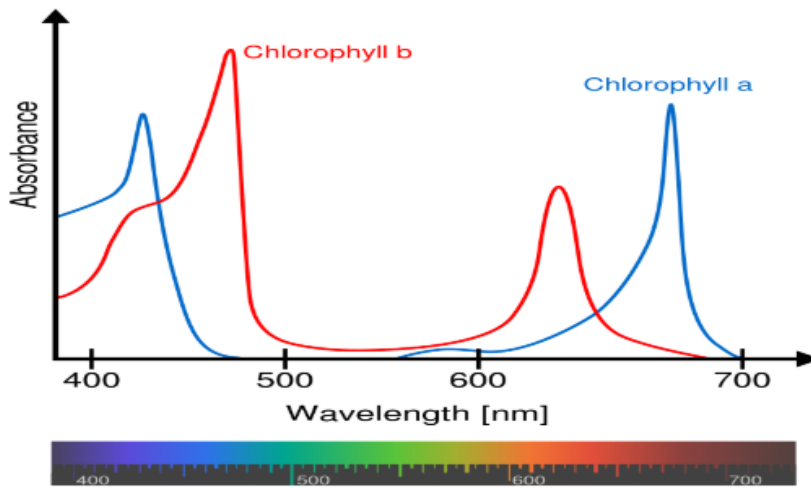
Roka ve Marul yetiştirmek için yapılan prototip sera 1 metre boyunda, 0,5 metre eninde ve 0,5 metre yüksekliğinde alüminyum çita ve polietilen şeffaf sert malzemeden yapılmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Prototip seranın görünümü

3.1.5. LED Işık Kaynaklarının Özellikleri

Araştırmada kullanılan üç çeşit ana renk (mavi kırmızı ve sarı) SMD şerit LED 12 voltluk akım ile çalışan diyottan faydalanılmıştır. Fotosentez faaliyeti için klorofil içeren bitkiler 450 nm dalga boyundaki mavi ve 650 nm dalga boyundaki kırmızı ışıklardan yararlanırlar. Kullanılan diyotların dalga boyları fotosentez faaliyeti için en yüksek verimliliğe sahiptir. Bu renklerin teknik özellikleri kırmızı LED in dalga boyu (625nm-740nm) ,sarı LED in dalga boyu 565nm-690nm) ,mavi LED in dalga boyu (440nm-485nm) Newtonmetre değerlerindedir. Şekil 3.7’de verilmiştir.



Şekil 3.7. Fotosentez emilim spektrumu

3.1.6. Besin Çözeltisi ve Hazırlanması

Bitkilere topraksız kültürde gerekli olan besin element çözeltisi Çizelge 3. 1.’deki gibi oluşturulmuştur. Çözeltinin pH’ı 5,6-6 aralığın da ve EC değeri 1.88-2.21 mmhos/cm arasında sabit tutulmaya çalışılmıştır. Çözeltinin asitlik seviyesini dengelemek için nitrik asit takviyesi yapılmıştır.

Çizelge 3. 1. Araştırmada kullanılan besin çözeltisinin içeriği* (mg/l)

Element	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	B	Cu	Mo
Doz (mg/l)	230	60	200	250	36*	5	0.5	0.05	0.5	0.03	0.02

*Kaynak: Resh, 1991; Kahraman, 1997; Gül ve ark., 2005

3.1.7. Araştırmada Kullanılan Malzemeler

Yapay Işık Kaynağı: Araştırmada kullanılan üç çeşit ana renk (mavi kırmızı ve sarı) SMD şerit LED fotondan yararlanılmıştır Şerit LED'ler çoğunlukla esnek PCB üzerine SMD tipi LED'ler ile birlikte 12V gerilimde çalışmasına uygun akım limitleyici dirençlere sahiptir. Bu sayede basit bir 12V trafo, araba aküsü, LiPo batarya gibi güç kaynakları ile kolay bir şekilde çalıştırılabilirler. (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Yapay ışık ile ilgili SMD LED

Substrat: Bitki büyütme sahasını olarak örtü altı topraksız tarımında sıklıkla kullanılan hindistan cevizi torfu ve perlit aynı oranda karıştırılarak hazırlanır.

Cocopeat: Hindistan cevizinin dış yüzeyinden elde edilmektedir,(Şekil 3.5). Dünyada örtü altı yetiştiriciliğinde ve peyzaj bitkisi yetiştiriciliğinde kullanılmaya başlanmıştır. Yeşil doğaya olumsuz etkileri yoktur. Bu malzeme nem tutucudur Aynı zamanda bol miktarda havalanabilme kapasitesindedir. Organik madde bakımından zengindir. Köklerin aktif büyümesinde rol oynamaktadır ve patojen barındırmamaktadır. Türkiye ye Afrika dan ithal edilmektedir, (Usluer, 2008) .

Perlit: Sillisten oluşan magmatik malzemedir.(Şekil 3.9). Yer altından çıkarılan bu malzeme ufalanır ve parçalanır. Sonra 900-1000°C de fırınlarda yakılır, bu derecelerde içerisindeki su genişler ve patlar böylece patlamış mısıra benzer. Silis küreciklerinin hacmi 20 kata kadar artar Perlitli oluşturan kürelerin rengi beyazdır ve yüksüz taneciklidir (pH 6.5 – 7.5). Perlit blokları içerisinde atmosfer gazı kabarcıkları yer alır, taneciklerin üzerleri ufak çukurlarla kaplı olup, nem barındırma kabiliyeti maksimum düzeydedir (Sevgican, 1999).



Şekil 3.9. Cocopeat



Şekil 3.10. Perlit

PVC Tabanlık ve Saksılar: Bitkisel materyali ekim için hazırlanan perlit ve torf karışımını koymak için PVC plakalıklar $2\text{m} \times 1\text{m} = 2\text{m}^2$ (Şekil 3.10).



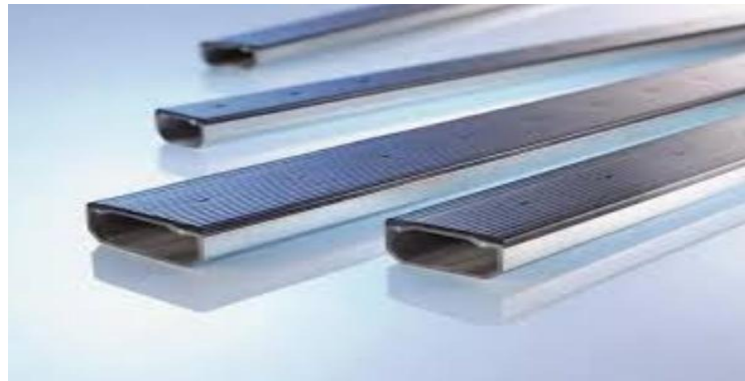
a)PVC düz tabanlık



b)PVC saksı

Şekil 3.11. PVC Tabanlık ve saksı

Alüminyum Çıta: Prototip seranın ana iskeletini oluşturmak için 3 metre tam boy 3 adet alüminyum çıta kullanılmıştır.(Şekil 3.11).



Şekil 3.12. Alüminyum çıta

Sulama Sistemi: Prototip sera ve yüksek tünel sera damla sulama sistemi ile sulanmaktadır. Sulama tankı 20 litre kapasiteye sahip olup, bitki için gerekli olan bitki besin elementleri damla sulama sistemi yardımı ile verilmektedir. Sulama tankı kapasitesi 400 litre olup seranın iç kısmının köşesine monte edilmiştir. Serayı sulamada suyun akışını sağlamak için akvaryum motoru, suyun filtresi için PVC filtre ve saksıların baş kısımlarına ana boru montesi yapılmıştır. Her bir saksıya 2 adet damla deliği bitkilere denk gelecek biçimde üst kısımlara yerleştirilmiştir.

3.1.8. Araştırmada Kullanılan Ölçüm Cihazları

Araştırmada ağırlık ölçmede elektronik terazi, renk ölçümünde spektrometre, Ph ölçümünde Phmetre, kuru madde tayininde refraktometre, klorofil ölçümünde klorofilmetre ve ışık ölçmek için lüksmetre kullanılmıştır (Şekil 3.13).



Elektronik terazi



Renk ölçüm cihazı



Refraktometre



pH metre



Klorofilmetre



Lüksmetre

Şekil 3.13. Denemede kullanılan cihazlar

3.2. Yöntem

3.2.1. Yüksek Tünel Seraya ve Prototip Seraya LED Işıkların Yerleştirilmesi

Deneme parsellerinin sıra üzerine üç sıra şeklinde led ışıkları monte edilmiştir (Şekil 3.13). Her bir sıra 1 metre uzunluğunda kırmızı, sarı ve mavi LED ışıkları 0,5 metre yüksekliğe konumlandırılmıştır. Her bir parselde; kullanılan toplam şerit LED uzunluğu 30 m ve hazırlanan prototip serada ise LED uzunluğu 9 m'dir (Şekil 3.14).

Marul fideleri saksılara dikiminin LED'ler saydam asma tavan bloklarına şeritler halinde yapıştırılmıştır. ve bloklar sera üst kirişlerine balya ipi ile asılmıştır LED şeritler hiç kapatılmadan gece ve gündüz çalıştırılmıştır.



Şekil 3.14. Prototip Tünelde LED Işıkların Yerleştirilmesi



Şekil 3.15. Yüksek Tünelde LED Işıkların Yerleştirilmesi

3.2.2. Protatip Sera Bitki Büyütme Ünitelerinin Hazırlanması ve Yüksek Tünel Sera Zeminin Hazırlanması

Seranın içerisi temizlenerek toprak yüzeyi siyah malç ile kaplanarak saksıların toprakla bağlantıları kesilmiştir.

Araştırmada kullanılan saksıların tabanında iki adet delik (1.5cm) açılmış ve deliklerden gelen çözelti sayesinde bitkiler beslenmektedir. Saksılar birbirlerine 1m mesafe

olacak şekilde 12 adet saksı dizilmiştir. Her bir sıranın sonundaki saksılar elimine edilerek köşe tesiri ortadan kaldırılmıştır.

Her bir sıradaki saksılar içerisine Hindistan cevizi torfu ile perlit aynı oranda karıştırılarak bitki ortamı hazırlanmıştır (Şekil 3. 16).



a) Prototip serada kullanılan saksılar



b) Yüksek tünelde kullanılan saksılar

Şekil 3.16. Hazırlan PVC saksıların görünümü

3.2.3. Dikim, Bakım ve Hasat İşlemleri

Bir saksıya üç bitki gelecek şekilde her bir parselde dokuz bitki gelecek şekilde dikimi yapılmıştır. Bitki gelişimi için tüm besin elementleri damla sulama sistemi ile yapılmıştır. Elektro motorla yardımıyla akıllı saat yardımı ile günde bir kez 15 dakika çalıştırılmıştır. Tüm parsellerde bakım işleri aynı ve aynı uygulamalar yapılmıştır. Marullar büyüklüğüne göre ve olgunlaşma durumu göz önüne alınarak 14 Nisan 2018 tarihinde tüm parseller hasat edilmiştir. Hasata gelme süresi bitkilerin dikiminden itibaren denemede parsellerdeki bitkilerin tamamı 65. günde hasat iriliğine ulaştıkları için hasat edilmişlerdir. Hasat süresi Thompson ve Kelly, (1957)'e göre 70-150 gün, Karataş ve ark. (1995)'a göre 106-124 gün arasında değiştiği belirtilmektedir. Denemede yetiştirilen bitkilerin hasada gelme süresi literatürler ile paralellik göstermesine rağmen bitki ağırlıkları literatür çalışmalarının üzerinde bulunmuştur.

3.2.4. Marulun Özelliklerinin Belirlenmesi

3.2.4.1. Hasada Gelme Süresi

Fidelerin dikiminin yapıldığı gün ile hasat edilen gün arasındaki gün farkı hasada gelme süresi olarak kabul edilmiştir.

3.2.4.2. Toplam Bitki Ağırlığı

Hasat olgunluğuna gelmiş bitkiler parsellerden sökülerek, köklerdeki topraklar ve yabancı maddeler temizlenerek tartımları $\pm 0,1$ g duyarlıktaki terazi ile yapılmıştır. Gül ve ark (2005), topraksız tarımda kıvrıkcık yapraklı salatalarda bitki ağırlığının yetiştirme ortamı ve yetiştirme dönemine bağlı olarak 447,8g ile 683,7g arasında değiştiğini; Koudela ve Petrikova (2008) ise bitki ağırlığının çeşitlere ve yetiştirme dönemlerine bağlı olarak 190-463g arasında değiştiğini belirtmektedirler.(Şekil 3.17).

3.2.4.3. Pazarlanabilir Yaprak Ağırlığı

Hasat olgunluğuna gelmiş bitkiler ilk yaprakları ayıklandıktan sonra kökleri kesilerek kalan bitkinin tartımları $\pm 0,1$ g duyarlıktaki terazi ile yapılmıştır (Şekil . 3.17)



Şekil 3.17. Toplam bitki görünümü



Şekil 3.18. Temizlenmiş bitki görünümü

3.2.4.4. Pazarlanabilir Yaprak Sayısı

Temizlenmiş bitkiler yapraklara ayrılarak bitkideki toplam yaprak sayısı (adet/bitki) bulunmuştur (Şekil 3.19).



Şekil 3.19. Marul yaprakların ayrılması

3.2.4.5. Toplam Yaprak Sayısı

Hasat edilen bitki yapraklarının tamamı (sararmış, çürümüş vs) bitkiden ayrılarak bitkideki bütün yaprak sayısı (adet/bitki) hesaplanmıştır.

3.2.4.6. Pazarlanabilir Verim

Her bir parselde hasat edilen bitkiler temizlenerek pazara sunulan şekliyle $\pm 0,1$ g duyarlıdaki terazi ile tartımları yapılarak, birim alandaki verimi (ton/da) hesaplanmıştır.

3.2.4.7. Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi

C Vitamini (mg/100g): Yaprakların C vitamini spektrofotometre ile ölçülmüştür.

Suda Çözünebilir Kuru Madde (SÇKM) (%): Bitkilerin kuru madde yüzdesini saptamak için refraktometre kullanılmıştır. Yaprakların öğütücü kullanılarak bitki öz suyu elde edilmiştir. Refraktometrenin prizması üzerine 2 damla bitki öz suyu dökülerek kuru madde miktarı ölçülmüştür.

pH:Farklı deneme sıralarından alınan bitki örnekleri robottan geçirilip suyu çıkartılarak ölçüm yapılmıştır.

Yaprak Rengi (L,a,b): Yaprakların rengini ölçmek için renk ölçer cihazı kullanılmıştır. Bu cihaz üç farklı tondaki renkleri ayırmakta ve cihaz da. L,=100 beyaz rengi, L=0 siyah rengi -a yeşil rengi, +b ise sarı rengi göstermektedir (Yılmaz, 2002).

Klorofil Miktarı: Olgun hasat döneminde klorofilmetre ile veriler kaydedilmiştir.

Işık Parlaklığı (400 klux): Işığın insan gözü için ne kadar parlak olduğunu ölçmek amacıyla kullanılan lüksmetre ışık parlaklığı ölçmek için kullanılmıştır.

3.2.4.8. Deneme Deseni ve İstatistiksel Analiz

Araştırmada elde edilen bulunan sonuçların arasındaki farkın olup olmadığı belirlemek için SPSS paket programında istatistiksel analizler yapılmıştır. İstatistiksel olarak önemli bulunan parametrelerin karşılaştırılmasında, denemede elde edilen verilerin değerlendirilmesi ve varyans analizlerinde (ANOVA) SPSS (Version 12.00; Chicago, IL, USA) istatistik yazılımı kullanılmıştır. Ortalamaların karşılaştırılması Duncan testine göre $p \leq 0,05$ düzeyinde yapılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu araştırmada farklı renkteki LED ışık kaynakları, kombinasyonlarının bitkinin ağırlığı, baş ağırlığı, pazarlanabilir yaprak sayısı, toplam yaprak sayısı ve pazarlanabilir verim değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4. 1. Farklı renkli LED ışık kaynağı uygulamalarının bitki verim özellikleri üzerine etkisi

LED	Tek.	Klorofil Miktarı	ORT.	Bitki Ağırlığı (g)	ORT.	Baş Ağırlığı (g)	ORT.	Pazarla-nabilir Yaprak Sayısı	ORT.	Toplam Yaprak Sayısı	ORT.	Pazarlanabilir Verim	ORT.
kırmızı	1	10,40	10,33 ^c	971,04	950,04 ^c	820,00	816,00 ^e	39,00	40,00 ^d	43,00	44,67 ^d	31,12	32,39 ^c
	2	10,25		931,08		810,00		43,00		45,00		33,06	
	3	10,35		948,00		818,00		38,00		46,00		33,00	
mavi	1	11,85	11,92 ^a	1048,58	1063,24 ^b	901,00	898,00 ^c	43,00	45,33 ^{abc}	49,00	50,00 ^{ab}	38,85	35,98 ^b
	2	12,01		1095,57		895,00		46,00		51,00		33,45	
	3	11,90		1045,56		898,00		47,00		50,00		35,65	
mavi+kırmızı	1	9,24	9,27 ^d	1061,12	1074,80 ^b	954,00	953,67 ^b	48,00	46,00 ^{ab}	49,00	48,67 ^{bc}	37,45	36,40 ^b
	2	9,30		1085,14		955,00		44,00		45,00		38,35	
	3	9,26		1078,13		952,00		46,00		52,00		33,40	
mavi +sarı	1	9,24	9,28 ^d	930,47	948,15 ^c	748,00	754,33 ^e	40,00	40,67 ^{cd}	45,00	44,33 ^d	29,42	28,58 ^d
	2	9,28		960,49		765,00		39,00		43,00		30,21	
	3	9,32		953,48		750,00		43,00		45,00		26,10	
m+s+k	1	10,80	10,95 ^b	1100,11	1175,12 ^a	1051,00	1052,00 ^a	49,00	49,67 ^a	52,00	53,00 ^b	42,22	41,24 ^a
	2	11,15		1220,13		1060,00		53,00		51,00		40,26	
	3	10,90		1250,12		1045,00		47,00		56,00		41,24	
sarı	1	9,80	10,07 ^c	1000,58	990,57 ^c	860,00	861,67 ^d	40,00	42,00 ^{bcd}	45,00	46,00 ^{cd}	32,71	33,81 ^{bc}
	2	10,50		950,57		855,00		43,00		45,00		34,91	
	3	9,90		1020,56		870,00		43,00		48,00		33,81	
sarı+ kırmızı	1	9,20	9,30 ^d	950,60	950,61 ^c	772,00	771,67 ^f	38,00	41,00 ^{bcd}	45,00	45,00 ^{cd}	31,10	30,97 ^{cd}
	2	9,35		940,61		750,00		45,00		43,00		30,00	
	3	9,36		960,62		793,00		40,00		47,00		31,80	
kontrol	1	10,10	10,22 ^c	1040,81	1060,82 ^b	885,00	889,33 ^c	48,00	44,67 ^{bcd}	48,00	47,67 ^{bcd}	37,65	35,88 ^b
	2	10,25		1030,83		889,00		41,00		46,00		34,50	
	3	10,30		1110,82		894,00		45,00		49,00		35,50	

*Ortalamalar %5 düzeyinde Duncun testi uygulanmıştır.

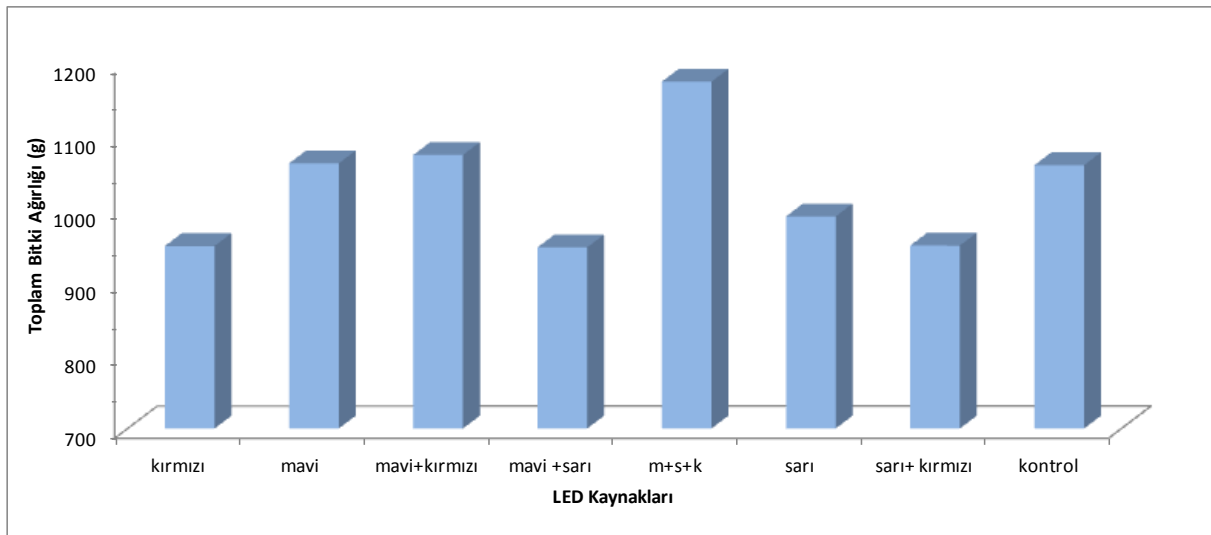
*Aynı harfi taşıyan ortalamalar aynı gruba girmektedir

4.1. Hasada Gelme Süresi

Denemeye alınan bitkiler yetiştirme süresi boyunca farklı renklerdeki LED uygulamalarına maruz bırakılmıştır. Bunun etkisi ilk olarak hasat süresinin kısalmasıyla görülmüştür. Tüm parsellerde hasat süresi 63 gün olarak belirlenmiş ve hasata başlanmıştır. Ancak bazı araştırmacılar LED uygulaması olmadan yaptıkları çalışmalarda farklı süreler tespit etmişlerdir. Thompson ve Kelly (1957) hasat süresini 70-150 gün, Karataş ve ark. (2011) 106-124 gün olarak bulmuşlardır. Yapılan çalışmada ürünün hasada gelme süresi Thompson ve Kelly ‘e göre 7-80 gün, Karataş ve ark.’a göre 43-61 gün daha erken olmuştur. Daha kısa bir ifadeyle LED kullanımı vejetasyon süresini kısaltmaktadır.

4.2. Toplam Bitki Ağırlığı

Denemelerde kullanılan farklı renk ve kombinasyonlarında ki LED lerin toplam ortalama bitki ağırlığı istatistiki olarak önemli bulunmuştur ($F=11.715^{**}$). Bitki toplam ağırlığı en fazla 1175,12 g ile kırmızı+sarı+mavi LED yönteminde ve en ise 948,15 g ile mavi+sarı LED yönteminde saptanmıştır (Şekil 4.1). Gül ve ark (2005), marul yetiştiriciliğinde toplam bitki ağırlığını 447,8g ile 683,7g arasında saptamış; Koudela vs Petrikova (2008) ise bitki ağırlığının 190-463g arasında bulmuşlardır. Buna göre bu tezde saptanan ağırlıklar daha önce yapılan çalışmalarla karşılaştırıldığında daha yüksek bulunmuştur. Bitki ağırlıklarının sonuçları literatüre göre daha fazla (%71.88) saptanmıştır.



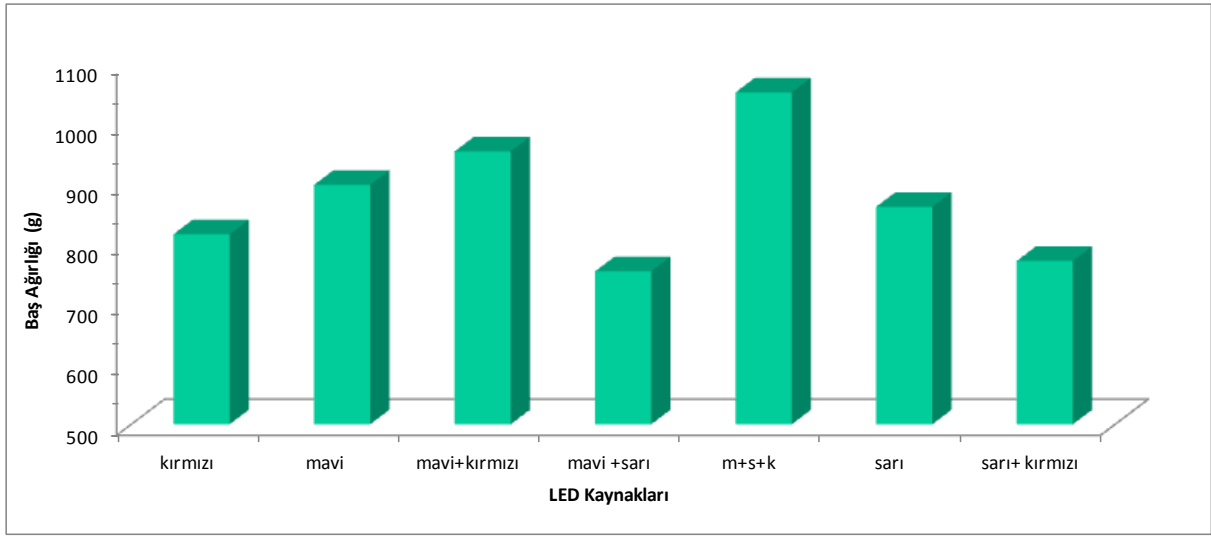
Şekil 4. 1. Değişik dalga boylarının marul ağırlığı üzerine etkisi

4.3. Pazarlanabilir Baş Ağırlığı

Pazarlanabilir ortalama baş ağırlığına LED ışıklarının etkisi istatistiki olarak seviyesinde önemli bulunmuştur ($F=318,13^{**}$). Taşıma sonuçlarına göre en fazla pazarlanabilir baş ağırlığı üçlü ana renk (kırmızı+mavi+sarı) LED yönteminde 1052,1 g olarak saptanmıştır. En az kütleli pazarlanabilir baş ise 754,33 g ile sarı+mavi LED yönteminde bulunmuştur (Şekil 4. 2).

Koudela ve Petrikova (2008), marul baş ağırlığı arasındaki farkın önemli olduğu ve baş ağırlığının 190-463 g arasında değiştiğini belirtmiştir; aynı benzer sonuçlar, tarafından saptamışlardır. Benzer bir çalışmada (Gül ve ark. 2005) baş ağırlığının örtü altı yetiştirme ortamına ve yetiştirme mevsimine bağlı olarak 433,0 g ile 683,7 g arasında değiştiğini

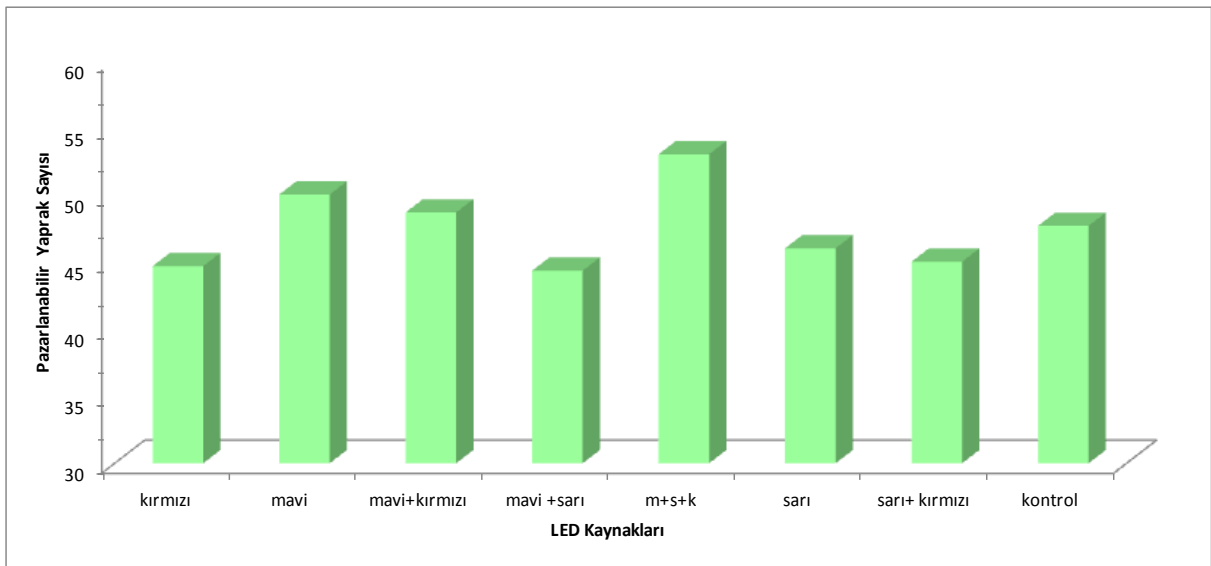
belirtmektedirler. Elde edilen pazarlanabilir baş ağırlıkları literatüre göre yüksek (%53.88) bulunmuştur.



Şekil 4. 2. Marulun pazarlanabilir baş ağırlığı

4.4. Pazarlanabilir Yaprak Sayısı

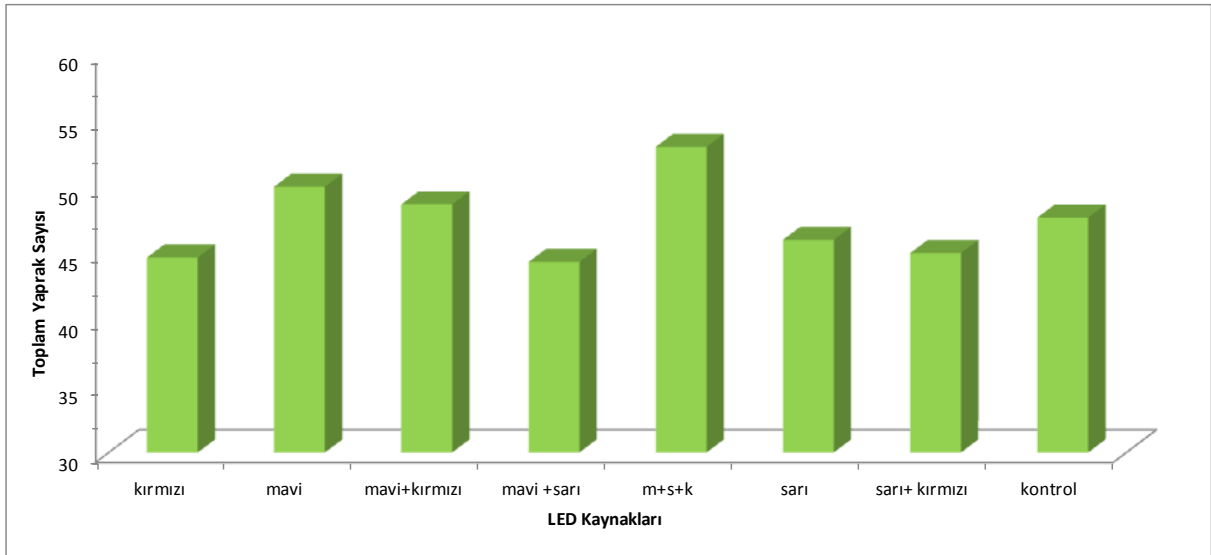
Diyot kullanımının pazarlanabilir yaprak üzerine etkisi istatistikî olarak fark önemli bulunmuştur ($F=4.638^{**}$). En yüksek pazarlanabilir yaprak sayısı mavi+sarı+kırmızı LED yönteminde 49,67 adet/bitki olarak saptanmıştır.. En düşük pazarlanabilir yaprak sayısı kırmızı LED ışığında ise 40 adet/bitki olarak bulunmuştur (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Değişik diyotların pazarlanabilir yaprak sayısına etkisi

4.5. Toplam Yaprak Sayısı

Farklı LED yönteminin toplam yaprak sayısı arasındaki ilişki istatistiki açıdan önemli çıkmıştır. ($F=6,623^{**}$). Uygulanan ışık kaynaklarının toplam yaprak sayısına olan etkisi Şekil 4.4'te verilmiştir.

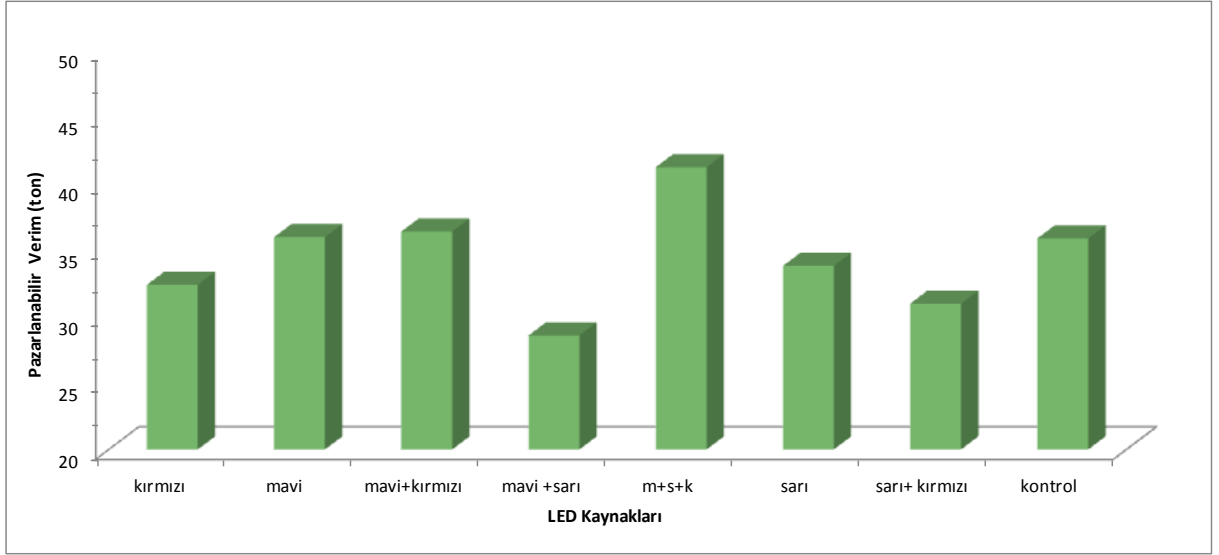


Şekil 4.4. LED ışıkların toplam yaprak sayısına etkisi

Şekil 4.4'te görüldüğü gibi bir bitkide en az toplam yaprak sayısı 44,33 adet ile kırmızı LED yöntemde ve en fazla yaprak sayısı ise 53,00 adet ile mavi+sarı+kırmızı LED yönteminde saptanmıştır.

4.6. Pazarlanabilir Verim

Değişik LED yönteminde elde edilen pazarlanabilir verim değerlerinin istatistiki analizi sonucunda önemli bir fark elde edilmiştir ($F=13,983^{**}$). Değişik uygulanan LED yöntemlerinde en yüksek verim 41,24 ton/ha ile kırmızı+mavi+sarı LED ışık uygulanan parselde bulunurken, en az verim 30,97 ton/ha ile sarı+mavi LED yönteminde saptanmıştır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. LED ışıkların pazarlanabilir verim arasındaki ilişki

4.7. Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi

Denemelerde kullanılan farklı renk ve kombinasyonlarında ki LED lerin C vitamini, pH, Yaprak rengi olarak belirtilen kalite parametreleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve Çizelge 4. 2. 'de gösterilmiştir.

Çizelge 4. 2. Farklı renkli LED ışık kaynağı uygulamalarının bitki kalite parametreleri üzerine etkisi

LED	Tek.	C Vitamini	ORT.	pH	ORT.	Yaprak Rengi	ORT.
kırmızı	1	22,80	22,83 ^a	6,35	6,35 ^d	51,99	51,98 ^e
	2	22,70		6,37		51,99	
	3	23,00		6,34		51,97	
mavi	1	21,10	21,17 ^{bc}	6,37	6,37 ^d	54,06	54,06 ^b
	2	21,30		6,35		54,05	
	3	21,10		6,39		54,08	
mavi+kırmızı	1	20,50	20,50 ^d	6,42	6,42 ^c	51,97	52,64 ^d
	2	21,00		6,43		52,95	
	3	20,00		6,41		52,99	
mavi+sarı	1	21,60	21,60 ^b	6,49	6,49 ^b	50,98	50,98 ^f
	2	22,00		6,50		50,96	
	3	21,20		6,48		51,00	
m+s+k	1	22,70	22,70 ^a	6,42	6,42 ^c	54,11	54,11 ^b
	2	23,00		6,41		54,10	
	3	22,40		6,43		54,12	
sarı	1	20,90	20,90 ^{cd}	6,60	6,60 ^a	53,19	53,19 ^c
	2	21,00		6,61		53,18	
	3	20,80		6,59		53,20	
sarı+kırmızı	1	21,20	21,20 ^{bc}	6,30	6,30 ^e	51,66	51,66 ^e
	2	21,40		6,28		51,64	
	3	21,00		6,32		51,68	
kontrol	1	20,40	20,47 ^d	6,40	6,40 ^c	54,55	54,55 ^a
	2	20,20		6,38		54,53	
	3	20,80		6,42		54,57	

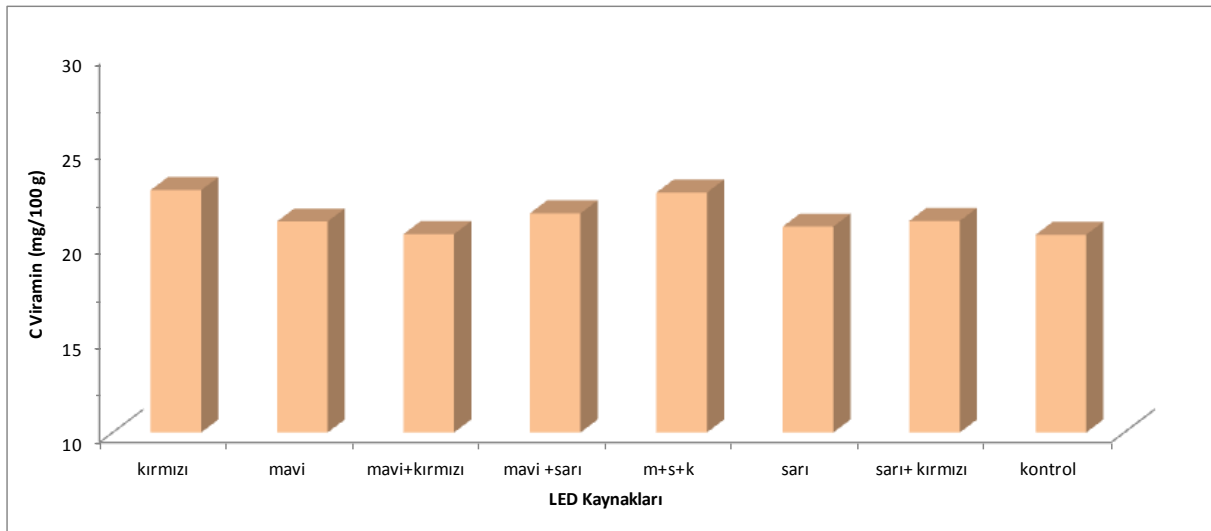
*Ortalamalar %5 düzeyinde Duncun testi uygulanmıştır.

*Aynı harfi taşıyan ortalamalar aynı gruba girmektedir

4.7.1. C Vitamini (mg/100g)

Araştırmada elde edilen sonuçlara göre değişik uygulanan LED yöntemlerinde C vitamini açısından fark istatistiki olarak önemli çıkmıştır ($F=29,277^{**}$). Denemede C vitamini 20,47-22,83 mg/100gram arasında değişmiştir. Mavi+sarı+kırmızı ve kırmızı LED uygulanan parsellerde C vitamini daha yüksek çıkarken, mavi+kırmızı LED uygulanan parselde C vitamini daha düşük çıkmıştır (Şekil 4.6).

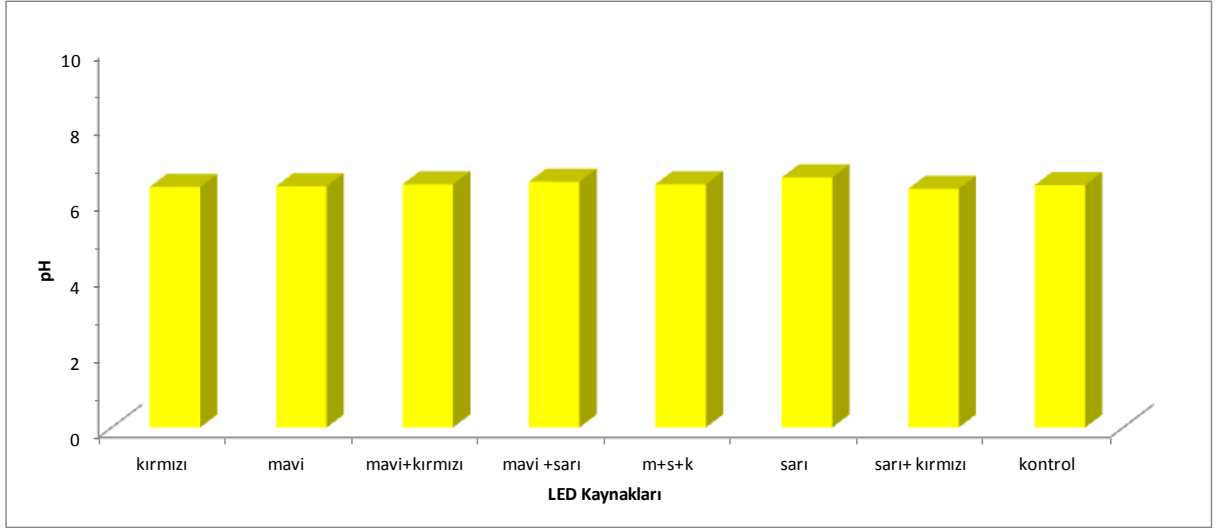
Premuzic ve ark. (2002) ayaptığı bu çalışmada kıvrıkcık yapraklı salatalarda C vitamini miktarının 1.9-2.3 mg/100 g arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Bu değişim C vitamininin çeşitlere ve yetiştirme koşullarına bağlı olarak değişebileceği vurgulanmıştır. Aynı benzer sonuçları Koudela ve Petrikova (2008) rokada (C vitamin: 1,10-3,2 mg/100 g) saptamışlardır. Elde edilen C vitamini değerleri literatür bildirişleri ile benzerlik içerisindedir.



Şekil 4.6. Farklı LED ışığının C vitamini olan etkileri

4.7.2. pH

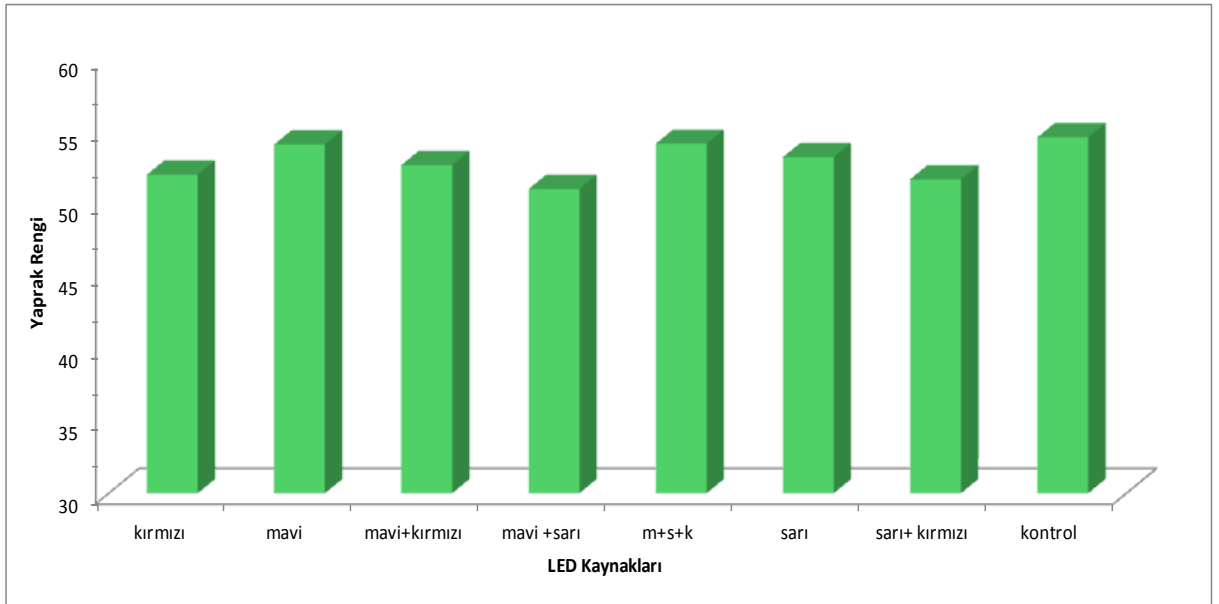
Değişik renkte uygulanan LED yöntemlerinin pH üzerine etkisi önemli bulunmuştur ($F=110,41^{**}$). Değişik uygulanan LED yöntemlerinde en fazla pH 6,60 ile sarı LED yönteminde, en az düşük pH değeri ise 6,30 ile kırmızı ve sarı+kırmızı LED yöntemlerine belirlenmiştir (Şekil 4.7).



Şekil 4. 7. Değişik LED yöntemlerinin bitkilerdeki pH olan etkisi

4.7.3. Yaprak Rengi

Denemede yöntemler arasındaki fark istatistik olarak fark önemli bulunmuştur ($F=120.154^{**}$). Yaprak koyuluğu en fazla mavi+sarı ışıkta görülürken en açık renkli ise kontrol parselinde görülmüştür. L değeri kontrol ve mavi+sarı+kırmızı uygulamalarında 54,55 ve en yüksek değeri verirken, 50,98 ile mavi+sarı uygulaması en düşük değeri vermiştir (Şekil 4.8).

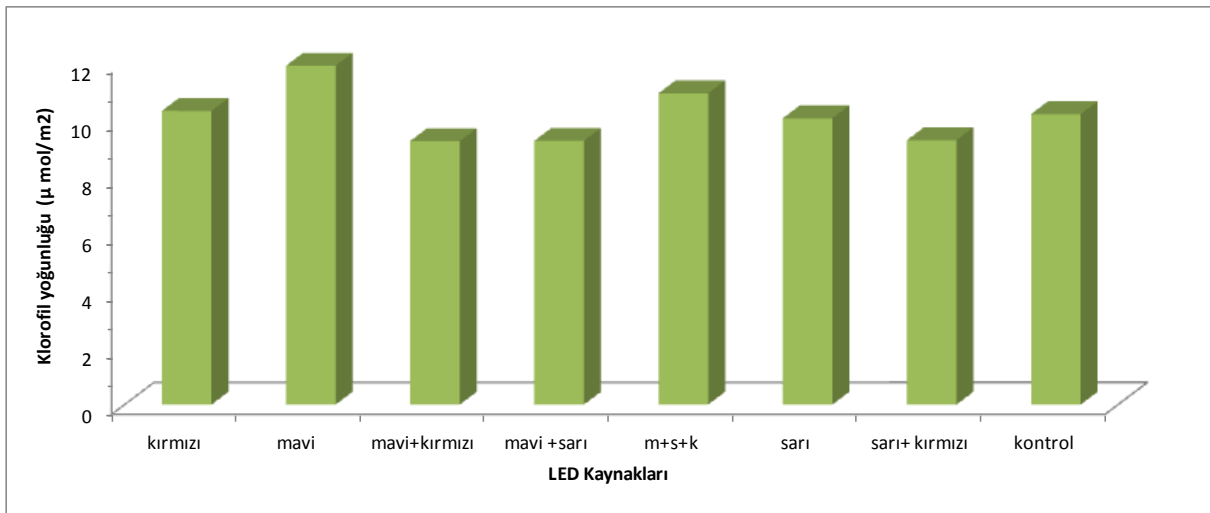


Şekil 4. 8. Değişik LED yöntemlerinin bitkilerdeki yaprak rengine olan etkisi

4.7.4. Klorofil Miktarı

Elde edilen sonuçlara göre uygulanan LED yönteminin, klorofil miktarına etkisi istatistiki düzeyde fark önemlidir ($F=99.206^{**}$). Elde edilen sonuçlara göre en az klorofil içeriği mavi+kırmızı LED yönteminde $9,26 \mu\text{mol}/\text{m}^2$ olarak, en yüksek klorofil içeriği ise mavi LED yönteminde $11,92 \mu\text{mol}/\text{m}^2$ değeri olarak bulunmuştur (Şekil 4. 7).

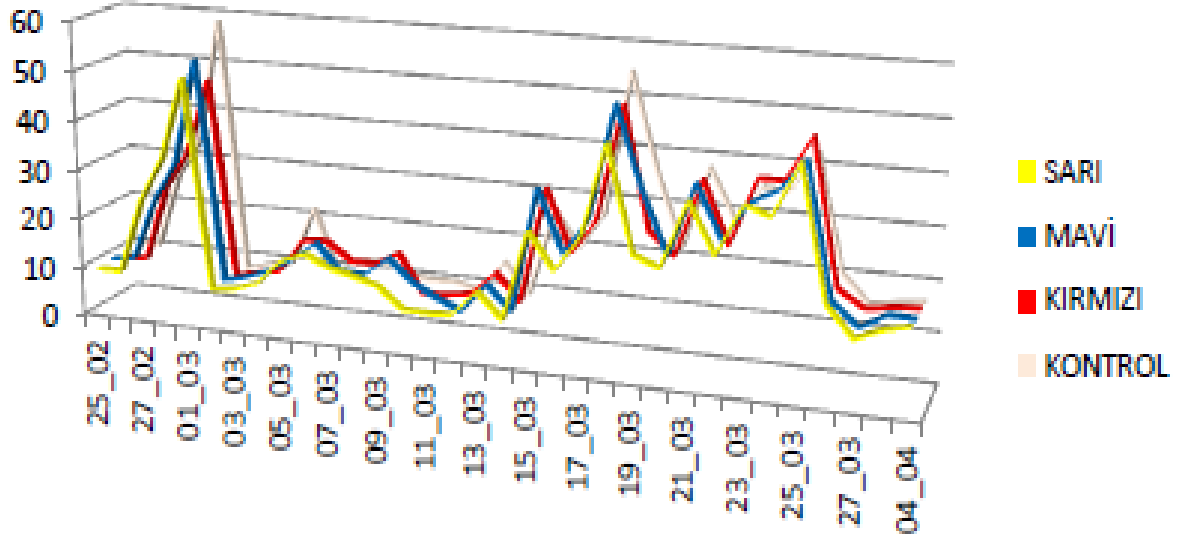
Van ve ark. (1997), yaptıkları çalışmada beyaz, kırmızı, sarı ve mavi renkli 40W'lık floraslan lambaların Hydrilla bitkisinde klorofil değeri arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Bu çalışmada değişik renkli foton uygulamalarının klorofil miktarına etkisini önemsiz bulmuşlardır. Çalışmada elde edilen sonuçlar Van ve ark. (1997) göre paralellik göstermiştir.



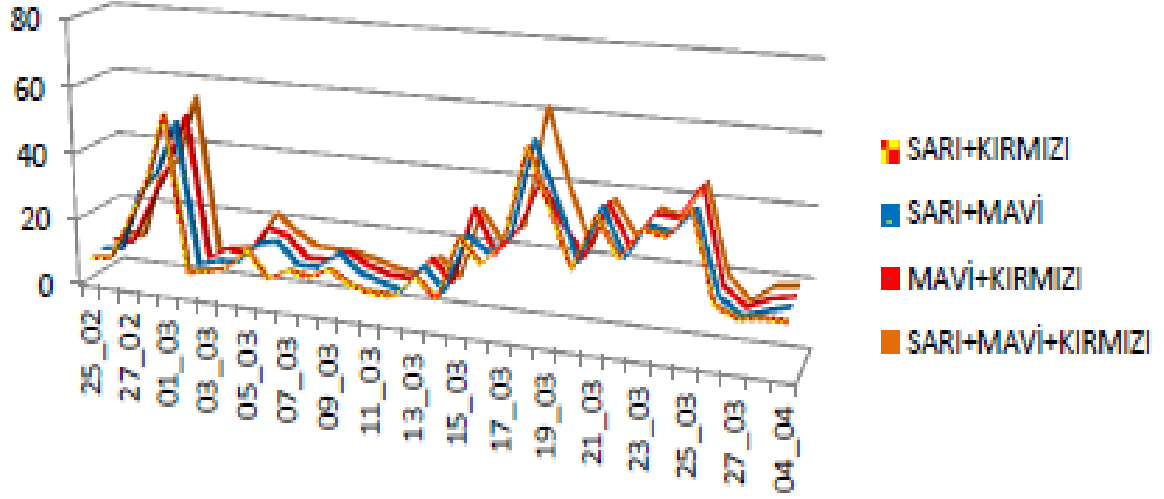
Şekil 4. 9. Değişik LED yöntemlerinin bitkilerdeki klorofil yoğunluğuna etkisi

4.7.5. Işık Parlaklığı

Işık parlaklığı 25 Şubat- 3Mart aralığında artmakta olduğu ve 18 Mart tarihine kadar kapalı seviyede sürmüştür. Sıcaklıkların artması ile 21-23 Mart arası yine yükselişler meydana gelmiştir. Işık parlaklığı hasat yaklaşınca azalamaya başlamıştır. Uygulanan LED yöntemleri ile ışık parlaklığı arasındaki ilişkiler Şekil 4. 10. ve Şekil 4.11'de gösterilmiştir.



Şekil 4.10. Sarı, mavi, kırmızı LED yöntemleri ile ışık parlaklığı arasındaki ilişki



Şekil 4.11. Sarı-kırmızı, Sarı-mavi, Mavi-kırmızı ve Sarı-mavi-kırmızı LED yöntemleri ile ışık parlaklığı arasındaki ilişki

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu araştırmada, güneşlenme süresinin az olduğu bölgelerde ve metro gibi kapalı alanlarda LED aydınlatma sistemleri kullanılarak, örtü altında yetiştirilen yeşil aksamalı bitkilerin gelişmesi üzerine olan etkisinin belirlenmesi, yetiştirilen ürünün kalite parametreleri ve verime olan etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Farklı LED ışığının kullanılması sonucunda elde edilen sonuçlar özet olarak aşağıda verilmiştir.

1- Farklı LED ışığının kullanılması sonucunda ürünler 63 günde olgulaşmayı tamamlayarak, hasada gelme süresi kısalımiştır.

2- Toplam bitki ağırlığı en yüksek değer 1175,12 g ile mavi+sarı+kırmızı LED uygulamasından ve en düşük değer ise 948,15 g ile mavi+sarı LED uygulamasından elde edilmiştir.

3- Pazarlanabilir baş ağırlığına mavi+sarı+kırmızı LED ışık uygulanan yöntemde 1052,00 g olarak saptanmıştır. En düşük pazarlanabilir baş ağırlığı ise 754,33 g ile mavi+sarı LED ışık uygulanan parselde bulunmuştur.

4- Bir marulda pazarlanabilir yaprak sayısı en fazla 49,67 adet ile mavi+sarı+kırmızı LED ışık uygulamasında ve en düşük pazarlanabilir yaprak sayısı ise 40 adet ile kırmızı LED ışık uygulanan yöntemde saptanmıştır.

5- Bitki başına yaprak sayısı en düşük toplam yaprak sayısı 44,33 adet ile kırmızı LED ışık uygulanan yöntemde ve en fazla yaprak sayısı ise 53,00 adet ile mavi+sarı+kırmızı LED ışık uygulanan yöntemde elde edilmiştir.

6- LED aydınlatma sistemlerinin kullanıldığı denemede birim alanda en fazla 41,24 ton/ha ile mavi+sarı+kırmızı LED ışık uygulanan yöntemde, en düşük verim ise 28,58 ton/ha ile mavi+sarı LED ışık uygulanan parselden elde edilmiştir.

7- Farklı renkli LED ışık kaynağı uygulamalarının C vitamini yoğunluğu üzerine istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. En yüksek C vitamini yoğunluğu 22,83 mg/100gram ile kırmızı LED uygulanan yöntemde, en düşük ise 20,47 mg/100gram ile mavi+kırmızı LED uygulanan yöntemde bulunmuştur.

8- Elde edilen sonuçlara göre pH en yüksek pH 6,60 ile sarı LED uygulanan parselden, en düşük pH değeri ise 6,30 ile kırmızı ve sarı+kırmızı LED uygulanan parsellerden elde edilmiştir.

9- Yaprak koyuluğu en fazla mavi+sarı ışıhta görölürken en açık renkli ise kontrol parselinde görölmüştür. L değeri kontrol ve mavi+sarı+kırmızı uygulamalarında 54,55 ve en yüksek değeri verirken, 50,98 ile mavi+sarı uygulaması en düşük değeri vermiştir.

10- En düşük klorofil içeriği 9,27 ile mavi+kırmızı LED uygulanan yöntemde elde edilirken, en yüksek klorofil içeriği 11,92 ile mavi LED uygulanan parselde bulunmuştur.

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda LED ışık kaynağının kullanılması durumunda sağladığı avantajlar;

- Ürünler erken olgunlaştığı için pazarda yüksek fiyatta satılmasını sağlamaktadır.
- Birim alanda elde edilen ürün miktarını arttırmaktadır.
- Örtü altı sebze yetiştiriciliğinde LED aydınlatmada sistemlerinin enerji tüketimi az olup, diğer ışık üreteçlerinden ucuzdur.
- Birim alanda az yer kaplamaktadır.
- Güneşin bütün dalga boyundaki ışınımını taklit etme yeteneğine sahiptir.
- Mikrobiyal faaliyeti mor ötesi ve kızılötesi ışınımından kaynaklı etmenleri minimuma indirmektedir.
- Güneş ışık yoğunluğunun az olduğu kış aylarında, ek ışık kaynağı olarak kullanılabilir.

LED ışık kaynağının kullanılması durumunda sağladığı dezavantajlar;

- Koruyucu UV gözlük kullanılmadığı zaman, gözlerde bozukluklara sebebiyet verebilir.
- Korunaksız örtü yetiştiriciliğinde tüm böceklerin üretim ortamına yönlendirilmesinde etkili olmaktadır. Bu da seraların giriş ve çıkış kapılarının çift yapılması gerektirerek maliyeti arttırmaktadır.

6.KAYNAKLAR

- Anonim (2014). <http://www.tarimtedarik.com/urun/funlymarulfidesikivircik.aspx> (15.07.2014)
- Anonim (2017). TÜİK Verileri <http://tuikapp.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkiseluretimistatistikleri> Erişim Tarihi:01.07.2018
- Anonim (2018). TÜİK Verileri <http://tuikapp.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel/zul> Erişim Tarihi 20.05.2018
- Anonim(2019).İklimHayrabolu.https://www.meteoblue.com/tr/hava/tahmin/modelclimate/hayrabolu_t%C3%BCrkiye_745697(erişim tarihi, 11.01.2018).
- Armitage, A.M., Tsujita, M.J., 1979. The Effect of Supplemental Light Source, Illumination and Quantum Flux Density on The Flowering of Seed-Propagated Geraniums. *J. Hort. Sci.* 54 (3), 195–198
- Avercheva, O. V., Berkovich, Y. A., Erokhin, A. N., Zhigalova, T. V., Pogosyan, S. I., Smolyanina, S. O. 2009. Growth and photosynthesis of chinese cabbage plants grown under light-emitting diode-based light source. *Russian journal of plant physiology*, Vol. 56, No. 1, pp. 14–21.
- Berkovich, Y. A., Krivobok, N. M., Moreno, I. 2004. Configurations of LED arrays for uniform illumination. 5th Iberoamerican Meeting On Optics And 8th Latin American Meeting On Optics, Lasers, And Their Applications, SPIE vol, 5622
- Brazaityte, A., Duchovskis, P., Urbonaviciute, A., Samuoliene, G., Jankauskiene, J., Sakalauskaite, J., Šabajeviene, G., Sirtautas, R., Novickovas, A., 2010. The effect of light emitting diodes lighting on the growth of tomato transplants. *Zemdirbyste Agriculture*, 97: 89-98.
- Bula, R.J., Morrow, R.C., Tibbitts, T.W., Barta, D.J., Ignatius, R.W., Martin, T.S. 1991. Light-emitting diodes as a radiation source for plants. *Hort. Science* 26:203–205.
- Çağlayan, N., Ertekin, C., 2011. Bitkisel Üretim için LED Yetiştirme Lambalarının Kullanımı. Uluslar arası Katılımlı I.Ali Numan Kıraç Tarım Kongresi ve Fuar, 27-30 Nisan, 2011, Eskişehir.
- Ekinci, Biyoesaslı/Biyobozunur/Kompost Edilebilir Nanokompozit Tarımsal Örtü (“Mulching”) Filmlerinin Geliştirilmesi, SANTEZ00875.STZ.2011-1, Yardımcı Araştırmacı, 2011.

- Erwin, J.E., Warner, R., 2002. Determination of Photoperiodic Response Group and Effect of Supplemental Irradiance on Flowering of Several Bedding Plant Species. *Acta Hort.* 580, 95–100.
- Gül, A., Tüzel, İ.H., Tüzel, Y., Eltez, R.Z., 2003. Ülkemiz Seracılığına Uygun Topraksız Yetiştirme Sistemlerinin Geliştirilmesi Üzerinde Araştırmalar. Türkiye IV Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, 416-418.
- Gül, A., Tüzel, İ.H., Tüzel, Y., İrget, M.E., Öztan, F., Tepecik, M., 2005. Topraksız Tarım Sistemi ile Biber Yetiştiriciliğine Uygun Sulama ve Gübreleme Programının Geliştirilmesi. 2002 ZRF 03 no'lu proje.
- Jones, Jr., J. B., 1983. *A Guide For The Hydroponic & Soilless Culture Grower*. ISBN: 0-917304-49-7. Timber Press. Oregon)
- Karataş ve ark., P., 2011. Farklı Dikim Zamanları ve Organik Gübrelerin Topraksız Tarım Koşullarında Kıvırcık Yapraklı Salata (*Lactuca Sativa Var. Crispa*) Yetiştiriciliğinde Verim ve Kalite Özelliklerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Tokat
- Kahraman, Ö., 1997. Bazı Topraksız Kültür Sistemlerinin Sera Kıvırcık yapraklı salata Yetiştiriciliğinde Kullanım Olanakları. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniv. Fen Bilimleri Ens., İzmir
- Kommareddy, A., Anderson, G. 2004. Study of light requirements of a Photobio Reactor. North Central ASAE/CSAE Conference. Paper No: MB04-111. Winnipeg.
- Koudela, M. ve Petrikova, K. 2008. Nutrients content and yield in selected cultivars of leaf lettuce (*Lactuca sativa L. var. crispa*). *Hort. Sci.* 35(3): 99–106.
- Köksal, N., İncesu, M., Teke, A., 2013. LED Aydınlatma Sisteminin Domates Bitkisinin Gelişimi Üzerine Etkileri
- Moreno, I., 2004. Configurations of LED arrays for uniform illumination. 5th Iberoamerican Meeting on Optics and 8th Latin American Meeting on Optics, Lasers, and Their Applications, SPIE vol, 5622 (SPIE, Bellinham, WA 2004)
- Okamoto, K., Yanagi, T., Takita, S., Tanaka, M., Higuchi, T., Ushida, Y., Watanabe, H. 1996. Development of plant growth aparat ususing blue and red LED as artificial light source, *ActaHort.* 440: 111-116.
- Pearson, S., Park, A. Hadley, P. and Kitchener, H.M., 1995. The Effect of Photoperiod and Temperature on Reproductive Development of Cape Daisy (*Osteospermum jucundum* cv. 'Pink Whirls'). *Scientia Horticulturae* 62:225-235

- Pinho, P., Lukkala, R., Sarkka, L., Tetri, E., Tahvonen, R., Halonen, L. 2007. Evaluation of lettuce growth under multi-spectral-component supplemental solid state lighting in greenhouse environment. *International Review of Electrical Engineering (I.R.E.E.)*, Vol. 2, N. 6.
- Premuzic, Z., Garate, A. ve Bonilla, I. 2002. Production of Lettuce Under Different Fertilisation Treatments, Yield and Quality. *Acta Hort. (Ishs)* 571:65-72
- Resh, H.M., 1991. *Hydroponic Food Production*. Woodbridge Press Pub. Com., California
- Sevgican, A., 1999. Örtüaltı Sebzeçiliği (Topraksız Tarım) Cilt II. Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova-İzmir.130s.
- Shillo, R., 1976. Control of Flower Initiation and Development of *Statice (Limonium sinuatum)* by Temperature and Daylength. *Acta Hort.* 64, 197–203.
- Thompson, C. H. and Kelly, C. W., 1957, *Vegetable Crops*, McGraw Hill Book, Co. Inc., USA.
- Tahvonen, R., Halonen, L., 2007. Evaluation of lettuce growth under multi-spectral-component supplemental solid state lighting in greenhouse environment. *International Review of Electrical Engineering (I.R.E.E.)* 2(6):854-860.
- Tennessen, D. J., Singaas, E.L., Sharkey, T.D. 1994. Light-emitting diodes as a light source for photosynthesis research. *Photosynth Res*, 39:85–92.
- Karaağaç, S. Gürkan, M. O., 2007. Insecticide. *Phytoparasitica* , 35(4):376-379.
- Usluer, O. 2008. Farklı Ortamlar Kullanılarak Topraksız Yetiştirilen Baş salatada (*Lactuca Sativa* Var. *Capitata*) Verim Ve Bazı Kalite Özelliklerinin İncelenmesi T. C. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa
- Van Der Zande, M.T. and Blacquire, T., 1997. Alternative Sources for Photoperiodic Lighting of *Gypsophila*. *Acta Hort.* No:418, 119–125.
- Variş, S., 1991. Sera sebzelerinin perlit doldurulmuş torbalarda topraksız yetiştirilmeleri. T.Ü. Ziraat Fakültesi Tekirdağ Yayınları: 128(10), pp.15
- Warner, R.M. and Erwin, J.E., 2001. Variation in Floral Induction Requirements of *Hibiscus* sp. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 126 (3), 262–268. 384
- Wassink, E. C., Stolwijk, J. A. J., 1956. Effects of light quality on plant growth. 373-400
- Xiao-Xue Fan, Zhi-Gang Xu, Xiao-Ying Liu, Can-Ming Tang, Li-Wen Wang, Xue-lin Han. 2013. Effects of light intensity on the growth and leaf development of young tomato plants grown under a combination of red and blue light. *Photosynth Res*, 39:75–85
- Yağcıoğlu, A., 2009. *Sera Mekanizasyonu*. Ege Üniversitesi Basımevi, 562, 383 sf. Ege Üniversitesi Yayınları.

- Yanagi, T., Okamoto, K., Takita, S. 1996. Effects of blue, red and blue/red lights of two different PPF levels on growth and morphogenesis of lettuce plants. *ActaHort.* (ISHS). 440: 117-122.
- Yanagi, T., Okamoto, K. 1994. Super-bright light emitting diodes as an artificial light source for plant growth. In: Abstract of 3rd, international symposium on artificial lighting in horticulture. p. 19.
- Yeh, N., Chung J., 2009. High-brightness LEDs—Energy efficient lighting sources and their potential in indoor plant cultivation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13 2175–2180.
- Yılmaz, İ., 2002. Selçuk Üni. Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30. Yıl Sempozyumu, 16-18 Ekim 2002, Konya, Sunulmuş Bildiri.

TEŞEKKÜR

Yüksek öğrenimim boyunca ders aldığım öğretim görevlisi hocalarıma, tez konumun belirlenmesi, düzenlenmesi ve işlenmesi konularında canı gönülden yaptığı destekleri üzerine danışman hocam Sayın Prof. Dr. Yılmaz BAYHAN'a ve Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalındaki hocalarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Deneme parsellerini kurmamda ve yetiştiricilik boyunca, okulumuzun imkanları sunan okul müdürümüz Ali ÜLKÜ ve yardımcı olan okul personeli ve tüm çalışanlara, Yüksek öğrenimim boyunca bu konuda çalışmama yardımcı olan tüm kurum arkadaşlarıma ve tüm öğrenim hayatımca manevi yardımlarını esirgemeyen aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

ÖZGEÇMİŞ

1989 yılında Afyonkarahisar’da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Denizli’de ve lise eğitimini Uşak’da tamamladı. 2007 yılında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bölümünü kazandı ve 2012 yılında bitirdi. Meyve ve sebze üreticiliği konusunda çalışmalar yaptı.2015 yılında Tekirdağ’ın Hayrabolu ilçesine Milli Eğitim Bakanlığına tarım öğretmeni olarak atandı. Burada tarım teknolojileri bölümünde tarım öğretmeni olarak halen görevini sürdürmekte.