

T.C.
ISPARTA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

SABİT VE HAREKETLİ YAPAY IŞIKLA BİTKİ GELİŞİMİNİN
GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMİYLE İZLENMESİ VE
ARMATÜR SAYISININ BELİRLENMESİ

Raziye SARI

Danışman
Doç. Dr. Ramazan ŞENOL

ISPARTA - 2022



© 2022 [Raziye SARI]

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	i
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	7
3. MATERYAL VE YÖNTEM	9
3.1. Topraksız Tarım Sistemleri.....	9
3.1.1. Aeroponik sistemler	9
3.1.2. Akuoponik sistemler	9
3.1.3. Hidroponik sistemler.....	10
3.2. Yapay Işık Sistemleri	11
3.2.1. LED lambalar	11
3.2.1.1. LED armatür kullanımının avantajları	14
3.3. Sayısal Görüntü İşleme	15
3.3.1. Sayısal görüntü işlemede kullanılan temel kavramlar	15
3.3.1.1. Piksel.....	16
3.3.1.2. Sayısal görüntü.....	16
3.3.1.3. Uzamsal çözünürlük.....	17
3.3.1.4. Görüntü seviyeleri.....	17
3.3.2. Renk uzayları	19
3.3.2.1. Kırmızı yeşil ve mavi renk uzayı	19
3.3.2.2. Renk özü, doygunluk ve parlaklık renk uzayı.....	19
3.3.2.3. Turkuaz, eflatun, sarı ve siyah renk uzayı.....	20
3.3.3. Görüntü işleme teknikleri.....	21
3.3.3.1. Görüntü eşikleme	21
3.4. Yapay Işık Destekli Hareketli ve Sabit Hidroponik Sistemin Bileşenleri	21
3.4.1. Arduino denetleyici.....	23
3.4.2. EC sensör	24
3.4.3. pH sensör.....	25
3.4.4. Sıcaklık-nem sensörü	26
3.4.5. RTC	27
3.4.6. Dalgıç pompa	27
3.4.7. DC güç kaynağı.....	28
3.4.8. Motor.....	28
3.4.9. Motor sürücü	29
3.4.10. LED bitki yetiştirme lambası	30
3.4.10.1. Işık şiddeti ölçüm ve kayıt cihazı.....	35
3.4.10.2. Radyometrik prob.....	35
3.5. Sistemin Mekanik ve Sıhhi Tesisat Yapısı	37
3.5.1. Sabit ıslıklı sistem (sistem 1)	37
3.5.2. Hareketli ışık sistemi (sistem 2).....	39
3.5.3. Hidroponik sistemin çalışması	40
3.6. Kontrol Sistemi	41

3.7. Deneyin Yapılışı.....	45
3.7.1. Deney 1 (motor hızı %100).....	45
3.7.2. Deney 2 (motor hızı %50).....	49
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	55
4.1. Fesleğen Bitkisi Yaprak Alanlarının Kıyaslanması	55
4.2. Fesleğen Bitkisi Üzerine Düşen Işık Miktarı ve Boy Uzunluklarının Kıyaslanması.....	60
4.3. Örnek Bir Tesis için Armatür Sayısının Hesaplanması	71
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	74
KAYNAKLAR	75
ÖZGEÇMİŞ	80



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SABİT VE HAREKETLİ YAPAY IŞIKLA BİTKİ GELİŞİMİNİN GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMİYLE İZLENMESİ VE ARMATÜR SAYISININ BELİRLENMESİ

Raziye SARI

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ramazan ŞENOL

Artan Dünya nüfusu ve yaşanan küresel ısınma sebebiyle ortaya çıkan gıda üretim-temin sıkıntıları gün geçtikçe daha belirgin hale gelmektedir. Dünya genelinde yaşanan temiz su kaynaklarındaki azalma, bitki sulamasında kullanılan göl, akarsu, yer altı suları gibi su kaynaklarındaki azalma her geçen gün insanlığı, canlıları, doğayı ve gelecek nesillerin yaşamını daha çok tehdit etmektedir. Bu sebeple gelecek yıllarda sürdürülebilir tarım için gerekli olan ekilebilir toprak ve suyun oldukça idareli kullanımı büyük önem arz etmektedir. Mevcut toprakların ve suların vahşice kullanımına bir an önce son verilmelidir. Bu amaçla mevcut yetiştirme koşullarının daha iyi kullanımı için bu tez çalışması hazırlanmıştır.

Bu çalışmada kapalı ortamlarda ya da örtü altında yapılan yetiştiricilik işlemlerinde bitki gelişim sürelerini kısaltmak ve ürün kalitesini artırmak amacıyla halihazırda kullanılmakta olan yapay ışık sistemlerinin geliştirilmesi, modernize edilmesi ve otomasyonu incelenmiştir. Kapalı alanda ya da örtü altı yetiştiricilikte kullanılan yapay ışık sistemleri sabit olup sadece etki alanındaki bitkilere ışık sağlamaktadır. Dolayısıyla tüm alanı kapsamak için sabit şekilde çok sayıda armatür kurulumu gerekmektedir. Bu da kurulum maliyetlerini oldukça artırmaktadır. Modern ve sürdürülebilir tarım için üretim maliyetlerinin düşürülmesi gerekmektedir. Bu sebeple mevcut sabit sistemlerin yerine hareketli yapay ışık sistemleri bu çalışma ile önerilmiştir. Çalışmada birisi sabit yapay ışık destekli diğeri hareketli yapay ışık destekli olmak üzere iki farklı hidroponik yetiştirme sistemi kurulmuş olup fesleğen bitkisi ile farklı hareket hızlarında denemeler yapılmıştır. Bu kapsamda sistemin ölçüm ve otomasyonu için gerekli olan donanım ve yazılımlar gerçekleştirilmiştir. Bitki gelişiminin tespiti için görüntü işleme teknikleri kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Armatür optimizasyonu, Bitki yetiştiriciliği, Görüntü işleme, Hareketli sistem, Hidroponik, Sabit sistem

2022, 80 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

MONITORING PLANT DEVELOPMENT BY IMAGE PROCESSING METHOD WITH FIXED AND MOVING ARTIFICIAL LIGHT AND DETERMINING THE NUMBER OF LUMINAIRES

Raziye SARI

**Isparta University of Applied Sciences
The Institute of Graduate Education
Department of Electric Electronic Engineering**

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ramazan ŞENOL

Food production-supply problems arising due to the increasing world population and global warming are becoming more evident day by day. The decrease in clean water resources around the world and the decrease in water resources used in plant irrigation threaten humanity, living things, nature and the lives of future generations more and more every day. For this reason, it is of great importance to use arable land and water, which are necessary for sustainable agriculture, in the coming years. For this purpose, this thesis study has been prepared for better use of the existing growing conditions.

In this study, the development and automation of artificial light systems, which are used in indoor growing processes to shorten plant development times and increase product quality, were examined. Artificial light systems used indoors are fixed and provide light only to the plants in the affected area. Therefore, it is necessary to install a large number of fixed fixtures to cover the entire area. This increases the installation costs considerably. Production costs need to be reduced for modern and sustainable agriculture. For this reason, moving artificial light systems have been proposed instead of existing fixed systems in this study. In the study, two different hydroponic growing systems, one with fixed artificial light and the other with active artificial light, were established and experiments were carried out with basil plant at different movement speeds. Image processing techniques were used to detect plant growth.

Key Words: Armature optimization, Fixed system, Hydroponic, Image processing, Mobile system, Plant breeding

2022, 80 pages

TEŞEKKÜR

Tezimin yürütülmesinde desteğini ve emeğini hiçbir zaman esirgemeyen, yol gösteren, değerli fikir ve görüşlerini paylaşan tez danışmanım sayın Doç. Dr. Ramazan ŞENOL'a teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisansım boyunca değerli fikir ve görüşlerinden yararlandığım sayın hocalarım Dr. Öğr. Üyesi Bekir AKSOY'a ve Prof. Dr. Semra KILIÇ'a teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin her aşamasında beni yalnız bırakmayan aileme ve arkadaşlarıma sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Raziye SARI
ISPARTA, 2022



ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Topraksız tarımın ilk kumlu nehir yatağında yetiştirilmesi.....	2
Şekil 1.2. Yüzen bahçe sistemi	2
Şekil 1.3. Örtü altı yetiştiriciliğinde karşılaşılan sorunlar ve sorunların sonuçları.....	4
Şekil 1.4. Örtü altı yetiştiriciliğinde karşılaşılan sorunlar için yöntemler ve sonuç	5
Şekil 3.1. Aeroponik sistem	9
Şekil 3.2. Akuaponik sistem.....	10
Şekil 3.3. Hidroponik sistem.....	10
Şekil 3.4. LED sembolü	12
Şekil 3.5. Görünür ışığın elektronik spektrumdaki yeri.....	12
Şekil 3.6. Genel olarak uygulanan görüntü işleme teknikleri	15
Şekil 3.7. Örnek bir görsel içerisinde bulunan pikseller	16
Şekil 3.8. Gerçek yaşamdaki görüntünün alınıp sayısallaştırılması.....	17
Şekil 3.9. İkili görüntü örneği	18
Şekil 3.10. Gri tonlamalı görüntü örneği	18
Şekil 3.11. R, G ve B bantlarının üst üste bindirilmesi ile oluşmuş renkli görüntü...	19
Şekil 3.12. Konik ve silindirik HSV	20
Şekil 3.13. Birim küp CMY/K renk uzayı	21
Şekil 3.14. Sistemin akış diyagramı.....	22
Şekil 3.15. Arduino mega.....	24
Şekil 3.16. EC sensör	25
Şekil 3.17. pH sensörü	26
Şekil 3.18. Sıcaklık-nem sensörü	26
Şekil 3.19. Gerçek zaman saati	27
Şekil 3.20. Dalgıç pompa	28
Şekil 3.21. DC güç kaynağı.....	28
Şekil 3.22. Motor	29
Şekil 3.23. Motor sürücü.....	30
Şekil 3.24. LED bitki yetiştirme lambası	31
Şekil 3.25. Tam spektrum bitki büyütme LED'i	32
Şekil 3.26. LED'in bağıl duyarlılık-dalga boyu grafiği-Bağıl spektral enerji dağılımı renklilik diyagramı	32
Şekil 3.27. Yapay ışık tasarımı	33
Şekil 3.28. Yapay ışık tasarımında kullanılan malzemeler	33
Şekil 3.29. Yapay ışık tasarımının montajı	33
Şekil 3.30. Yapay ışık tasarımına fan montajı	34
Şekil 3.31. Yapay ışığın projektöre montajı	34
Şekil 3.32. Işık şiddeti ölçüm ve kayıt cihazı.....	35
Şekil 3.33. Radyometrik prob	36
Şekil 3.34. Bitki üzerine düşen ışık şiddetinin ölçümü.....	37
Şekil 3.35. Sabit ışıklı sistem (sistem 1)	38
Şekil 3.36. Hareketli ışık sistemi (sistem 2).....	39

Şekil 3.37. Hidroponik sistem.....	40
Şekil 3.38. Kontrol sistemi.....	42
Şekil 3.39. LCD ekranda pH ve EC değerleri.....	43
Şekil 3.40. Kontrol sistemi bağlantı şeması.....	44
Şekil 3.41. Fesleğen tohumlarının çimlenmesi	45
Şekil 3.42. Sabit LED ışık sistemi (sistem 1)	46
Şekil 3.43. Hareketli LED ışık sistemi (sistem 2).....	46
Şekil 3.44. Birinci deney sonunda sabit ışık sisteminden rastgele seçilen 2 tane fesleğenin görüntüsü	47
Şekil 3.45. Fesleğen yaprak uzunluğu (1. deney)	48
Şekil 3.46. Fesleğen boy uzunluğu (1. deney)	48
Şekil 3.47. İkinci deney sonunda sabit ışık sisteminden rastgele iki fesleğenin görüntüsü.....	49
Şekil 3.48. İkinci deneyin sabit sisteminden fesleğenin yaprak uzunluğu.....	50
Şekil 3.49. İkinci deney hareketli sistemden fesleğenin görüntüsü	50
Şekil 3.50. İkinci deneyin hareketli sisteminden fesleğenin yaprak uzunluğu	51
Şekil 3.51. Sabit ışık sistemindeki fesleğenler.....	51
Şekil 3.52. Hareketli ışık sistemindeki fesleğenler	51
Şekil 3.53. Kontrol sistemi ve tanklar.....	52
Şekil 3.54. Görüntü işleme için alınan fesleğen görüntüsü.....	53
Şekil 3.55. Görüntü işleme tekniği kullanılarak fesleğenin boyut analizi	54
Şekil 3.56. Görüntü işleme tekniği ile boyut analizi.....	54
Şekil 4.1. Deneyde yapılan ölçümlerden alınan yaprak alanı sonuçlarının sabit ve hareketli sistem için kıyaslanması	55
Şekil 4.2. Deneyde yapılan ölçümlerden alınan yaprak alanı sonuçlarının sabit ve hareketli sistem için kıyaslanması	56
Şekil 4.3. Deney 1 ortalama alan	57
Şekil 4.4. Deney 2 ortalama alan	57
Şekil 4.5. Sabit ışıktaki bitkilerin yaprak alan	58
Şekil 4.6. Sabit ışıktaki bitkilerin ortalama alanı	58
Şekil 4.7. Hareketli ışıktaki bitkilerin yaprak alanı.....	59
Şekil 4.8. Hareketli ışıktaki bitkilerin ortalama alanları	59
Şekil 4.9. Bitkiye düşen ışık miktarı (2-22 numaralı bitkiler)	60
Şekil 4.10. Sabit sistemde 2 numaralı bitkinin yaprak alanı	61
Şekil 4.11. Hareketli sistemde 22 numaralı bitkinin son haftadaki yaprak alanı	61
Şekil 4.12. Sabit sistemde 2 numaralı bitkinin ortalama boy uzunluğu.....	62
Şekil 4.13. Hareketli sistemde 22 numaralı bitkinin ortalama boy uzunluğu	62
Şekil 4.14. Bitkiye düşen ışık miktarı (4-16 numaralı bitkiler)	63
Şekil 4.15. Sabit sistemde 4 numaralı bitkinin yaprak alanı	63
Şekil 4.16. Hareketli sistemde 16 numaralı bitkinin yaprak alanı	64
Şekil 4.17. Sabit sistemde 4 numaralı bitkinin ortalama boy uzunluğu.....	64
Şekil 4.18. Hareketli sistemde 16 numaralı bitkinin ortalama boy uzunluğu	65
Şekil 4.19. Bitkiye düşen ışık miktarı (11-29 numaralı bitkiler)	66
Şekil 4.20. Sabit sistemde 11 numaralı bitkinin yaprak alanı	66

Şekil 4.21. Hareketli sistemde 29 numaralı bitkinin yaprak alanı	67
Şekil 4.22. Sabit sistemde 11 numaralı bitkinin ortalama boy uzunluğu.....	67
Şekil 4.23. Hareketli sistemde 29 numaralı bitkinin ortalama boy uzunluğu	68
Şekil 4.24. Bitkiye düşen ışık miktarı (6-26 numaralı bitkiler)	68
Şekil 4.25. Sabit sistemde 6 numaralı bitkinin yaprak alanı	69
Şekil 4.26. Hareketli sistemde 26 numaralı bitkinin yaprak alanı	69
Şekil 4.27. Sabit sistemde 6 numaralı bitkinin ortalama boy uzunluğu.....	70
Şekil 4.28. Hareketli sistemde 26 numaralı bitkinin ortalama boy uzunluğu	70
Şekil 4.29. Sabit ışık kullanarak tasarlanan örnek alan.....	72
Şekil 4.30. Hareketli ışık kullanarak tasarlanan örnek alan	73



ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Yarı iletken malzemeler ve dalga boyları	12
Çizelge 3.2. Renklerin dalga boyu ve frekansları	13
Çizelge 3.3. Işık cinsinin bitki üzerine etkisi	13



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

EC	Elektriksel iletkenlik
LCD	Likit kristal görüntü
LED	Işık yayan diyet
pH	Hidrojenin gücü veya potansiyel hidrojen
PVC	Polivinil klorür
RGB	Kırmızı, yeşil ve mavi
RTC	Gerçek zaman saati
µs	Mikro saniye

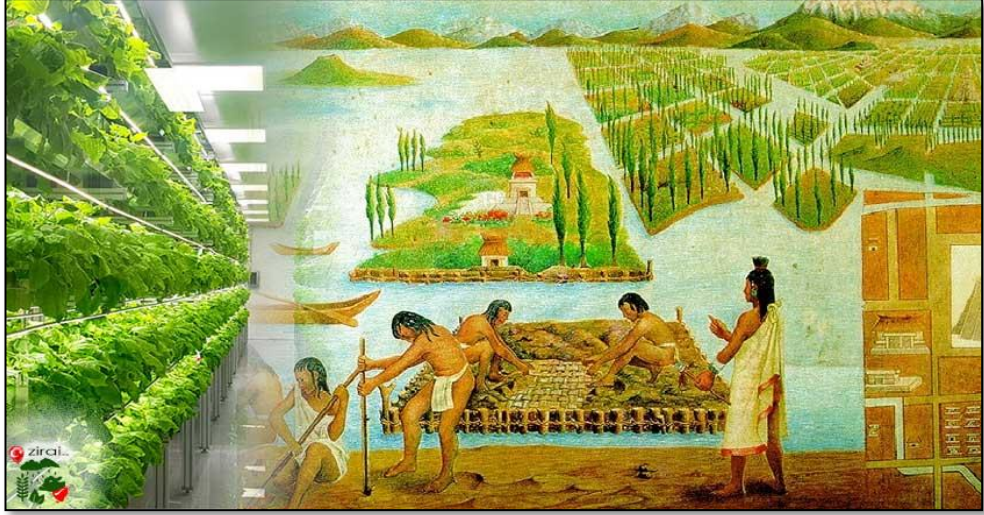


1. GİRİŞ

Dünya genelinde nüfus artışıyla beraber su ve besin kaynaklarına talep giderek artmaktadır. Bu talebi karşılayabilmek için tarımda verimi artırmak gerekmektedir. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte tarımda verimi artırmaya yönelik uygulamalarda çeşitlenmektedir. Bitkinin ihtiyacı olan besinlerin topraktaki miktarına göre artırılıp azaltılması ya da ihtiyacı olan besinlerin toprak olmadan doğrudan su ile verilmesi bu uygulamalara örnek teşkil eder.

Tarım denince akla ilk gelen bitkileri toprakta yetiştirme yöntemidir. Ancak bitkinin toprağa olan ihtiyacı bitkinin kök sistemi ile toprakta bulunan su ve besinlerden faydalanmasıdır. Tarımın toprakla yapılması da üretim alanlarını kısıtlayarak belli alanlarda üretim yapılmasını sağlamaktadır. Ayrıca toprakta gübreleme, ilaçlama gibi uygulamalar her geçen gün verim kaybına neden olmaktadır. Bitki toprakta besin ihtiyaçlarını kök sistemi ile geniş alanlara yayılarak bulmak zorunda kalır. Topraksız tarımda bitki besin ihtiyacını aramak zorunda kalmadan direk olarak köklerine gönderilen besinden almaktadır. Bitkinin toprak kullanılmadan besini köklerinden almasına hidroponik tarım sistemi denir.

Hidroponik kelimesi ilk olarak Yunancada “hydro” ve “ponos” kelimeleri ile yani “su işi” anlamında kullanılmıştır. Topraksız tarımın tarihi M.Ö. Eski Romalı ve Yunanların Mısır, Çin, Babil ve Hindistan’da; hıyar, karpuz ve çeşitli sebzeleri kumlu nehir yatağında yetiştirmeleri ile başlamıştır. Nehir yatağından çözülmüş gübre verilerek besin ihtiyaçları da karşılanmaktadır. Bu sistem sonraları nehir yatağı yetiştiriciliği olarak adlandırılmış Şekil 1.1’de görülmektedir. İlerleyen zamanlarda bitki fizyologları tarafından özel bitki yetiştirilmeye başlandığında besin kültürü ismini almıştır (Okumuş, 2019).



Şekil 1.1. Topraksız tarımın ilk kumlu nehir yatağında yetiştirilmesi (Anonim, 2021a)

Azteklerin bu sistemi yüzen bahçe sistemi olarak uyguladığı söylenmektedir. Şekil 1.2’de yüzen bahçe sistemi görülmektedir. Günümüzde Myanmar’da Aztekler’den gelen yüzen bahçe sistemini hala kullandıkları meyve ve sebze üretimi yaptıkları söylenmektedir (Anonim, 2021b).



Şekil 1.2. Yüzen bahçe sistemi (Anonim, 2021b)

1452’de Leonardo de Vinci bitkileri için ihtiyacı olan mineralleri tespit etmiştir. 1666’da Robert Boyle bitki yetiştiriciliğini cam viyoller içinde gerçekleştirmiştir. 1920 yılında Hoagland yaptığı çalışmalarda besin çözelti formülasyonunu elde etmiştir. 1980’den günümüze gelen zamanda Dünyada otomatik kontrollü hidroponik sistemler kurulmaya başlanmıştır (Anonim, 2021b).

Dünyada Topraksız tarım Avrupa’da yaygın halde kullanılmaktadır. Hollanda ve Belçika topraksız tarım üretiminde başarılı ülkeler arasındadır. Bu ülkelerde seralarda yapılan tarımın %95’i topraksız tarım olarak gerçekleştirilmektedir (Bakırcı, 2021).

Türkiye’de topraksız tarım 13.500 dekar alanda seralarda gerçekleştirilmektedir. Bu alan Türkiye’deki toplam sera alınının %1,7’sine karşılık gelmektedir. Topraksız tarım ülkemizde ilk başladığı zamanlarda Akdeniz bölgesinde yaygınken daha sonraları diğer bölgelerde de artmaya başlamıştır. Topraksız tarım ülkemizde Antalya, Mersin, Yalova ve Afyonkarahisar illerinde yoğunlaşmıştır. Topraksız tarımda ülkemizde elde edilen ürünlerin %92’si sebze, %8’i süs bitkisidir (Çevik, 2020).

Seralarda asıl amaçlanan bitkilerin yetiştirildiği ortamdaki çevresel şartların iyileştirilmesidir. Uygun ekipmanlar ile donatılan seralarda bu koşullar iklim kontrolü vasıtasıyla daha da geliştirilebilir (Javadikia vd., 2009).

Modern sera ve bilgisayarlı iklim kontrol modülleri günümüzde ayrılmaz hale gelmiştir. Bilgisayarlı iklim kontrolü günümüz çağdaş seralarının özgün bir parçasıdır (Straten, 1999).

Bilgisayar destekli veya akıllı sistemlerin seralarda kullanımı sayesinde ürün kalitesi ve hasat miktarının artması ve enerji tasarrufu sağlanabileceği gibi (Seginer ve Zlochin, 1997) insan faktörünün etkisi de azaltılmaktadır (Collewet vd., 1998).

LED’lerin belirli spektral bölgelerde ışık yayabilmeleri sayesinde bitkinin büyümesi ve gelişmesi için gerekli olan aktif fotosentez ve fotomorfonejik radyasyon seviyelerini düzenlemek için kullanılabilirler. Bu sayede her spektral aralığın bağımsız olarak kontrolü ve spektral kalite-ışık şiddetinin hassas ayarı yapılabilir (Folta vd., 2005). Ayrıca LED’lerin dalga boyu özellikleri kapalı bitki üretim sistemlerinde yetiştirilen bitkilerin fizyolojik özelliklerini incelemek için kullanılabilir (Schuerger vd., 1997; Yeh ve Chung, 2009; Nhut ve Nam, 2010).

Kırmızı ve mavi ışık kombinasyonu, bitki gelişiminde etkin bir ışık kaynağı olduğu gibi (Wheeler vd., 1991) bitki sağlığını da desteklemektedir (Nhut vd., 2003).

Topraksız tarımın avantajları;

- Toprak kirliliğini önler
- Toprak yorgunluğu ortadan kalkar
- Su ve gübre kullanım oranları düşer

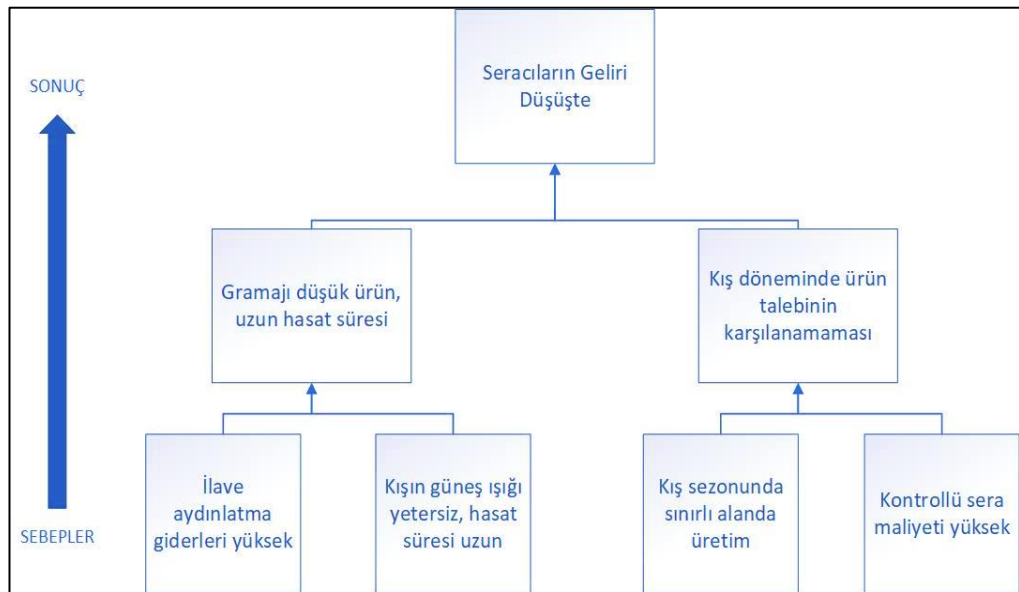
- Toprağın tuzluluk sorunu ortadan kalkar
- Topraktan kaynaklanan hastalıklar görülmez
- Birim alana dikilen bitki sayısı ve verimi artar
- İş gücü azalır
- Kontrollü bir yetiştirme sistemi olduğundan erken verim alınır
- Tarım için kullanılmayan (taşlık, kayalık gibi) alanlarda bile üretim sağlanır (Pınar, 2015).

Topraksız tarımın dezavantajları;

- Tesis kurulumu için ilk yatırım maliyeti yüksektir
- Suyun kalitesini yüksek tutmak gereklidir
- Kalifiye eleman bulma zorluğu

gibi sorunlarla karşılaşılabilir (Sayan, 2015).

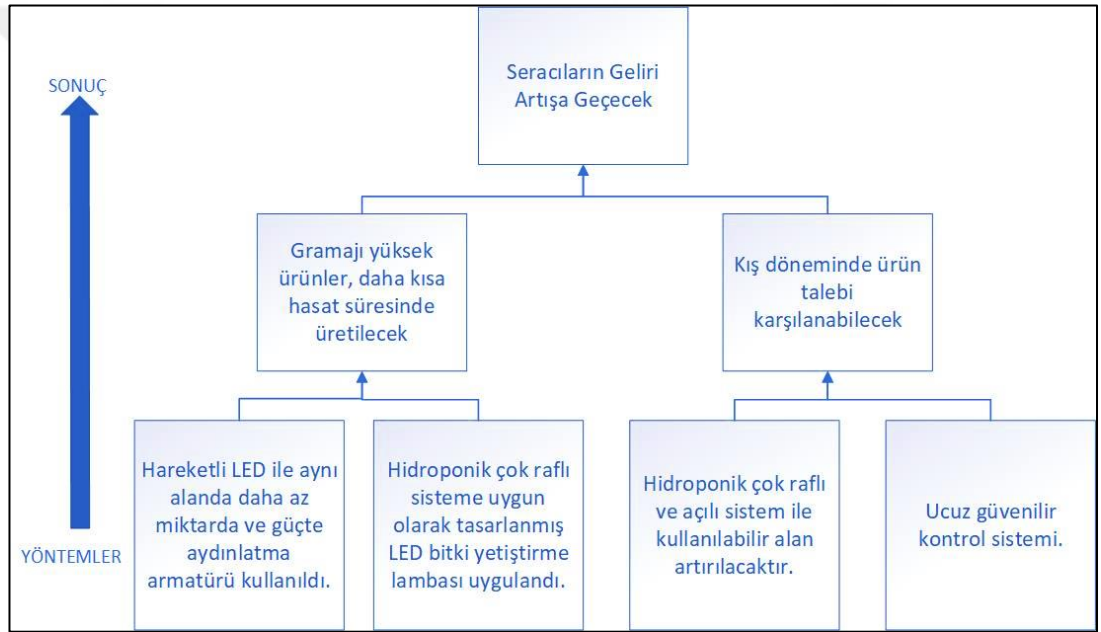
Hidroponik sistemler için önemli olan noktalardan biri ise aydınlatmadır. Kapalı ortamlarda gerçekleştirilen topraksız tarımda güneş ışığına en yakın aydınlatma tercih edilmelidir. Yetiştirilecek olan bitki için gerekli gün ışığı LED (Light Emitting Diode) armatürler ile gerçekleştirilebilir. Aydınlatma sağlanabildiği için her mevsim verimli üretim sağlanabilmektedir. Şekil 1.3'te örtü altı yetiştiriciliğinde karşılaşılan sorunlar ve bu sorunların ne gibi sonuçlar çıkardığı gösterilmektedir.



Şekil 1.3. Örtü altı yetiştiriciliğinde karşılaşılan sorunlar ve sorunların sonuçları

Örtü altı yetiştiriciliği özel iklim koşulları sağlanarak dış etkilere korunarak yapılan üretimdir. Ancak sadece istenilen iklim koşullarını sağlamak yeterli olmamaktadır. Kışın gün ışığı yetersiz kaldığı için verimli ürün elde edilememekte ve ilave aydınlatma gerekmektedir. Kış mevsiminde sınırlı alanda üretim gerçekleşirken bunun için kontrollü seranın da maliyeti yüksektir. Bu nedenlerle kışın ürün talebine yetişilemediğini göstermektedir. Tüm bu sebeplerin sonucunda ise seracıların geliri düşmektedir.

Şekil 1.4’te örtü altı yetiştiriciliğinde karşılaşılan sorunların üstesinden gelmek için sunulan yöntemler gösterilmiştir.



Şekil 1.4. Örtü altı yetiştiriciliğinde karşılaşılan sorunlar için yöntemler ve sonuç

İlave aydınlatma giderleri yüksek olduğu için aynı alanda aynı işlevi görecektir daha az aydınlatma armatürü kullanmak maliyeti düşürebilir. Kışın yetersiz kalan güneş ışığı için raflı sistem için uygun LED bitki yetiştirme lambası geliştirilerek ürünün hasat süresi kısaltılabilir ve verim artırılabilir. Kış mevsiminde sınırlı alanda yapılan üretim için hidroponik raflı sistem kullanılarak üretim alanı artırılmaktadır. Ucuz ve güvenilir kontrol sistemi sağlanarak kışın istenilen ürün talebi sağlanmış olur. Tüm hepsinin sonucu olarak seracıların geliri artışa geçmiş olacaktır.

Tez çalışmasının amacı “Yetiştirilen bitkinin ürün kalitesini artırmak, hasat süresini kısaltmak ve kapalı mekân yetiştiriciliğinde kullanılan yapay ışık kaynaklarının

kullanım verimlerini artırabilmek amacıyla kurulan sistemlerde yapay ışık kaynaklarını sabit yapmak yerine hareketli yaparak toplam alanda kullanılacak yapay ışık sayısını azaltmak mümkün müdür?” sorusuna cevap aramaktır. Seralarda kullanılan bitkinin ihtiyaç duyduğu ışık miktarını optimize ederek gerekli olan ışık kaynaklarını azaltıp kurulum maliyetinden tasarruf amaçlanmıştır.

Çalışmada kullanılan fesleğen bitkisinin gelişim parametreleri göz önünde bulundurularak fesleğenlerin büyüme ve gelişme süreçlerinde meydana gelen değişimler görüntü işleme tekniği takip edilerek çalışmanın kapalı alandaki ihtiyaç duyulan armatür sayısının azaltılması amacına ulaşması için optimizasyonlar yapılmıştır. Ayrıca yapılan iki farklı deneme neticesinde fesleğenin oluşum süresinin kısalıp kısalmadığı, olgunlaşmış fesleğenin boyundaki ve yaprak alanlarındaki değişimlerin hangi oranlarda olduğu gözlemlenmiştir.

Yapılan çalışmada; hidroponik sistemlere ve özellikle katlı raf sistemlerine yani daha küçük alanlarda daha fazla ürün yetiştirip hasat etme imkânı sağlayan sistem tasarlanarak tüm kapalı ortam veya seralara uygulanabilir bir sonuç elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla görüntü işleme yöntemiyle yaprak alanı ölçümleri, ışık ölçümleri yapılarak ürünün kalitesindeki olumlu ya da olumsuz etkiler uygulanan her hız değeri ve sabit hız değeri için karşılaştırılmalar yapılmıştır.

Çalışma sonucunda hedeflenen ana çıkarım; hidroponik ürün yetiştiriciliğinde hasat süresinin öne çekilip çekilemeyeceğinin incelenmesi ve yapay ışık kurulum maliyetinin hareketli ışık sistemiyle düşürülüp düşürülemeyeceğinin ortaya konulması olmuştur.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Şenol ve Taşdelen (2014), tarafından yapılan çalışmada sabit beslemeli bir LED ışık kaynağı ile biber ve papatya bitkisi üzerindeki değişimler incelenmiş ayrıca bulanık mantık temelli kontrol uygulaması seralar için modellenmiştir. Çalışmada frekans değişimi veya faz farkı değişimi uygulanmamıştır. Sabit bir frekansta besleme yapılmış olup farklı dalga boyuna sahip kırmızı veya mavi renkte olan LED'ler faz farkı olmadan aynı anda enerjilendirilerek bitkiye uygulanmıştır.

Tosun ve Şenol (2016), tarafından yapılan çalışmada görüntü işleme yöntemleriyle yaprak alanı tayini üzerine bir araştırma yapılmıştır. Bu amaçla bir yaprak alanı ölçer cihazı geliştirilip bitkilerin yaprak gelişimleri, hastalık tayinleri yapılmaya çalışılmıştır.

Şenol vd. (2016), tarafından yapılan çalışmada kırmızı ve mavi LED'lerin bulunduğu farklı çalışma modları ile LED bitki yetiştirme ünitelerinin karanfil çiçeği üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Karanfilin farklı ışıklara maruz kalması neticesinde gelişiminde oluşan değişimler güneş ışığı altında serada yetiştirilen karanfiller ile karşılaştırılmıştır. 4 farklı ışık modu uygulanmış ve en iyi sonucu veren frekans belirlenmiştir.

Ayan (2015), tarafından yapılmış olan tez çalışmasında PLC ile sera kontrol sistemi gerçekleştirmiştir. Çalışmasının kontrolünü PLC ve bulanık mantık ile gerçekleştirmiştir. Sera uzaktan kontrol edilebilmektedir. Seranın tüm gereksinimleri kontrol sistemi ile gerçekleştirilebilirken insan gücüne tek hasat zamanı ihtiyaç duyulmaktadır.

Tosun (2015), tarafından yapılan tez çalışmasında yaprak alanı ölçmek için bir ünite tasarlamıştır. Görüntü işleme teknikleriyle yaprak alanı tespiti yapabilmek için Python programlama dili tercih edilmiştir. Tasarlanan ünite içerisine yerleştirilen yaprak alanı tespitinin %98.8 oranında doğruluğu tespit edilmiştir.

Shimada ve Taniguchi (2011), tarafından yapılan çalışmada PWM ışık modülasyonu sistemine sahip mavi ve kırmızı LED'lerden oluşan LED bitki lambası ile turpgiller familyasından bir bitki üzerine denemeler yapılmış ve topraklı tarımda neticeleri incelenmiştir.

Ohashi vd. (2006), tarafından yapılan çalışmada pirinç üzerine kırmızı LED ışık düşürülerek denemeler yapılmıştır. Bu çalışmada mavi ışık uygulaması yapılmamıştır.

Çağlayan ve Ertekin (2015), tarafından yapılan çalışmada, bitki yetiştirmek için oluşturulan odalara tasarlanan LED'lerin performanslarını incelemişlerdir. Yapılan çalışmada tasarlanan LED UV-A, kırmızı, mavi ve gün ışığı LED gruplarından oluşturulmuştur. LED'lerin renk ışık seviyeleri ayarlanabilmektedir. Bunun sonucunda LED'lerin performans ve güçleri tespit edilmiştir.

Saha vd. (2016), tarafından yapılan çalışmada, fesleğenin büyümesini hidroponik ve akuaponik sistemlerde denemişlerdir. Akuaponik sistemde kerevit kullanılmıştır. İki topraksız tarım için fesleğenler karşılaştırıldığında kerevit atığının fesleğenin büyümesine ve verimine katkı sağladığı görülmüştür. Ancak akuaponik ve hidroponik sistemlerdeki bitki kalitesi yani klorofil olarak farklılık görülmemiştir.

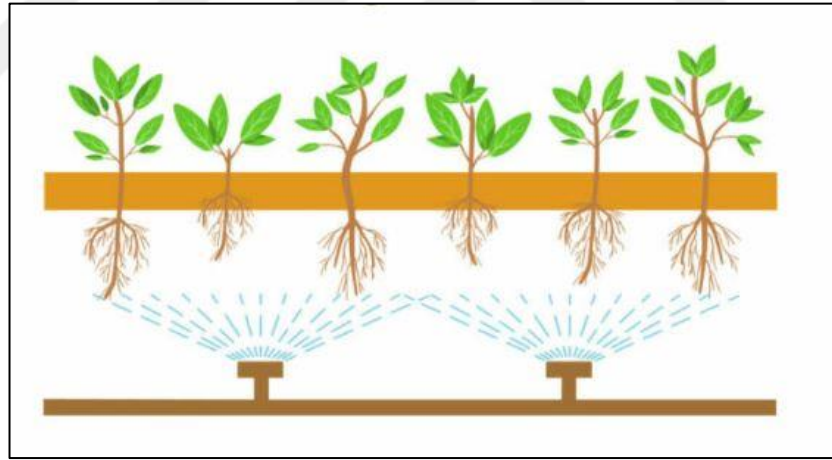
3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Topraksız Tarım Sistemleri

Topraksız tarım bitkilerin yetiştirilme ortamlarına göre farklılık göstermektedir. Aeroponik, Akuaponik ve Hidroponik olarak 3'e ayrılmaktadır.

3.1.1. Aeroponik sistemler

Aeroponik sistem, bitkilerin havada dikey olarak asılı şekilde köklerine sis ya da buharla besin gönderilmesi tekniğine verilen isimdir. Aeroponiğin kelime anlamı akan su kültürü demektir (Barth, 2018). Bitki yetiştirilirken toprak kullanılmadan köpük parçalarına tohum ekilerek köpüğe tutunarak yetişmesini sağlar. Su tankından zamanlayıcı ile belli aralıklarla yetiştirilen bitkinin ihtiyacına göre besinli su püskürtülür (Bingöl, 2015). Şekil 3.1'de aeroponik sistem görülmektedir.

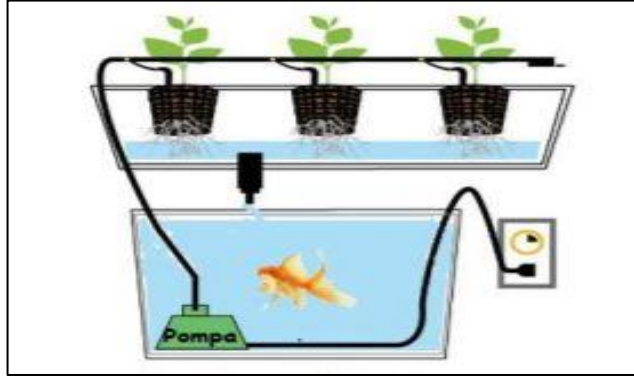


Şekil 3.1. Aeroponik sistem (Barth, 2018)

3.1.2. Akuaponik sistemler

Akuaponik sistem, topraksız tarımın ve akuakültür (su ürünleri yetiştiriciliği) yetiştiriciliğinin beraber kullanılmasıyla elde edilen üretim şeklidir (Kargın ve Bilgüven, 2018). Akuakültür kısmında yetişen balıkların atıkları topraksız tarımdaki bitkilere besin olarak kullanılarak bir döngü oluşturulur. Akuakültür tankındaki kirli su pompa ile topraksız tarım yapılan bitkilere gönderilir. Bitkiler sudaki besinleri çeker

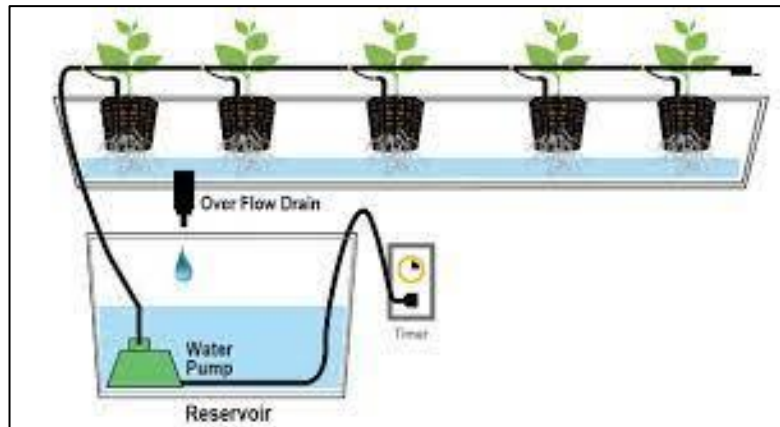
ve suyu temizleyerek akuakültür tankına geri göndererek devir daim gerçekleşir. Şekil 3.2’de akuaponik sistemim görülmektedir.



Şekil 3.2. Akuaponik sistem (Kargın ve Bilgüven, 2018)

3.1.3. Hidroponik sistemler

Hidroponik sistem, bitkinin topraktan alacağı besinleri toprak olmadan sudan alarak gelişimini tamamlama yöntemidir. Bitkilerin köklerini desteklemek için kum, kaya yünü, perlit gibi malzemeler kullanılır. Hidroponik sistemler açık ve kapalı sistemler olarak sınıflandırılır (Megap, 2008). Açık sistemlerde köklere gönderilen besinli su bir kez kullanılır. Kapalı sistemlerde ise ana tanktan gelen su besin köklerine gönderilerek tekrar ana tanka gelir. Ana tankta suyun pH ve EC değerleri istenilen düzeye getirilerek belli aralıklarla bitkilere gönderilerek devir daim oluşturulur. Şekil 3.3’te hidroponik sistem görülmektedir.



Şekil 3.3. Hidroponik sistem (Şahin ve Kendirli, 2016)

3.2. Yapay Işık Sistemleri

Bitkilerin gelişimlerini sağlayabilmesi için ışık önemli bir etkidir. Bitkilerin istenilen verimliliğe ulaşabilmesi için uygun ışık şartlarının sağlanması gerekmektedir (Liu vd., 2012). Yapay ışıklar güneş ışığını desteklemek için kullanılabildiği gibi güneş ışığının olmadığı yerlerde yetiştirilen bitkiler için kullanılmaktadır (Koç vd., 2009).

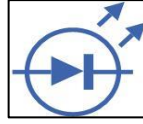
Güneş ışığı olmadan bitki yetiştirmede çeşitli ışık kaynakları kullanılmaktadır. Bu ışık kaynakları;

- Akkor telli lambalar
- Metal halojen lambalar
- Floresan lambalar
- Yüksek basınçlı sodyum buharlı deşarj lambaları
- LED lambalardır (Koç vd., 2009; Dayıoğlu ve Silleli, 2012; Çakırer vd., 2016).

Akkor telli lambalar, genelde lamba ömrü çok uzun olmadığından etkili bir kaynak değildir. Fakat ucuz olması ve büyük oranda kırmızı ve kızılötesi radyasyon üretebilmektedir. Metal halojen lambalar, bitki gelişiminde iyi ölçüde spektral dağılım oluşturur. Sarı-kırmızı spektrumlarda yüksek basınçlı lambalar kadar etkili olmadıkları görülür. Floresan lambalar, akkor telli lambalarla kıyaslandığında az ısınır, daha uzun ömre sahiptir ve daha etkili ışık üretimi vardır. Topraksız tarımda özellikle de katlı sistemlerde bitkilere yakın monte edilerek kullanımı mevcuttur. Yüksek basınçlı sodyum lambalar, bitki yetiştirme uygulamalarında tercih edilen lambalardandır. Ancak kullanıldığında floresan, cıva buharlı ya da mavi ışığın yüksek olduğu ışıklarla takviye edilerek kullanılması gerekebilir. LED lambalar, yüksek verimliliğe sahip, kullanım ömrü uzun ve daha az ısınmasıyla tercih edilme oranları fazladır (Çakırer vd., 2016).

3.2.1. LED lambalar

LED lambalar yarı iletken, yalnızca tek yönde akım geçiren, ışık yayan elektronik devre elemanıdır. LED lambaya uygulanan akımla beraber elektronlar harekete geçerek ışık yaymaya başlar (Tutak, 2009) Şekil 3.4'te sembolü görülmektedir.



Şekil 3.4. LED sembolü

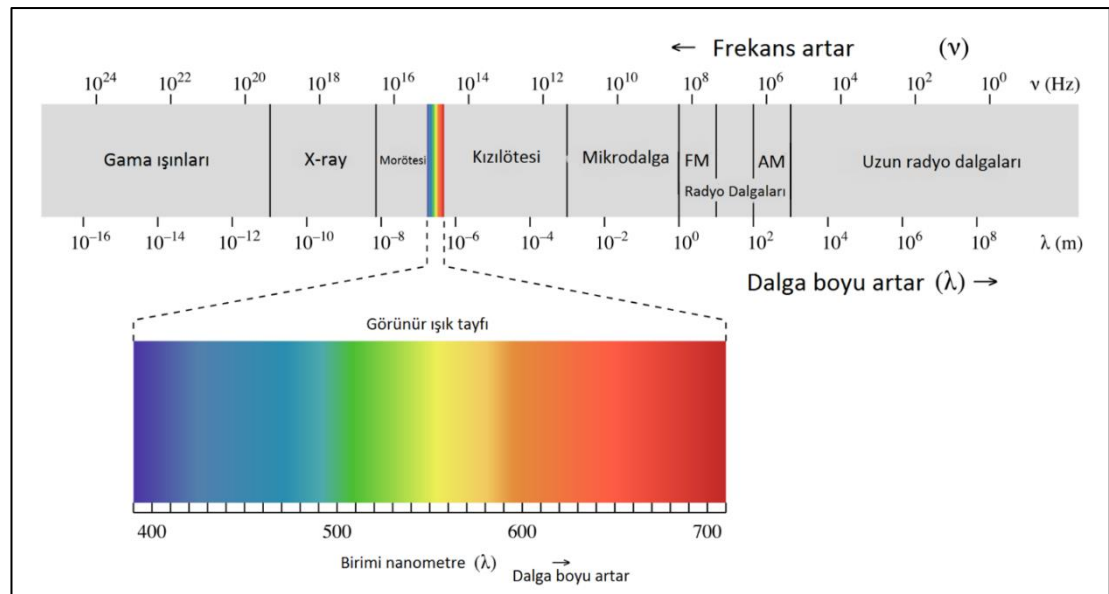
LED lambalara verilen akım arttıkça ışık akısı da artmaktadır. LED'in maksimum akımı aşıldığında kullanım ömrü kısaldığından belirtilen akım üzerine çıkılmaması kullanım ömrünü uzatmaktadır.

LED lambaların farklı renkleri mevcuttur. Farklı renk ışık vermeleri için yarı iletken maddeye farklı katkı maddeleri ilave dilmektedir. Çizelge 3.1'de yarı iletken malzemelerin dalga boyu aralıkları görülmektedir.

Çizelge 3.1. Yarı iletken malzemeler ve dalga boyları (Uysal, 2011)

Yarı İletken Malzeme	Dalga Boyu (nm)
SiC, InGaP, GaN	400-680
GaP, GaAsP	600-700
GaAs, GaAsP	700-950
GaAlAs	700-950
GaAsSb, AlGaAsSb	1000-2000

Görünür ışık elektromanyetik spektrumun insan gözü tarafından görünebilen kısmına verilen isimdir. Şekil 3.5'te görünür ışığın elektronik spektrumdaki yeri görülmektedir.



Şekil 3.5. Görünür ışığın elektronik spektrumdaki yeri (Anonim, 2006)

Görünür ışığı dar bir dalga boyu aralığında görebilmekteyiz. Görünür ışığın dalga boyu 380 nm ile 750 nm aralığındadır.

Işık dalga boyuna göre insan gözüne farklı renklerde gözükmektedir. Güneş ışığı tüm renklerin birleşimiyle oluşmaktadır.

Bitkiler üzerinde yıllarca mavi ve kırmızı ışıklar kullanılmıştır. Bunun aksine bitkilerin mor, mavi, yeşil, sarı, turuncu ve kırmızı renklerde de fotosentez yapabildiği görülmüştür (Çiftçioğlu, 2021). Çizelge 3.2’de renklerin dalga boyları ve frekansları görülmektedir.

Çizelge 3.2. Renklerin dalga boyu ve frekansları (Giray, 2009)

Renkler	Yaklaşık Dalga Boyu	Yaklaşık Frekansı
Mor	~ 380-440 nm	~ 790-680 THz
Mavi	~ 440-500 nm	~ 680-600 THz
Yeşil	~ 500-565 nm	~ 600-530 THz
Sarı	~ 565-590 nm	~ 530-510 THz
Turuncu	~ 590-625 nm	~ 510-480 THz
Kırmızı	~ 625-780 nm	~ 480-400 THz

Gün ışığı saydam bir prizmadan geçirilerek farklı renklere ayrılır. Farklı renklere ayrılmasının nedeni ise gün ışığı prizmadan geçerken farklı dalga boyundaki renklerin kırılmalara uğramasıdır (Giray, 2009). Çizelge 3.3’te yetiştirilen bitki üzerine düşen ışık cinsinin ne tür etkileri olduğu gösterilmektedir.

Çizelge 3.3. Işık cinsinin bitki üzerine etkisi (Uysal, 2011)

Işık Cinsi	Bitki Üzerindeki Etkisi
UV-B Işıkları (280-315 nm)	Dağlık bölgelerde miktarının fazla olduğu bu ışık cinsi bitkilerin bodur kalmasına sebep olmaktadır. Bitkilerde aşırı tüylenme, üst koruyucu dokuda mantar oluşumu ve diken oluşumu bu ışımdan korunmak için gelişmektedir.
UV-A Işıkları (315-400 nm)	Bitkide farklı sürgünlerin oluşmasına, yeni çeşitlerin oluşumuna sebep olur. Bitkilerde aşırı tüylenme, üst koruyucu dokuda mantar oluşumu ve diken oluşumu bu ışımdan korunmak için gelişmektedir.
Mor Işık	Bitkilerde fotosentezde etkili olan ışık cinsidir.
Mavi Işık	Bitkinin bodur kalmasına sebep olan ışık cinsidir.
Yeşil Işık	Bitkilerde fotosentez, fototropizmi, kloroplast değişimi ve mantar dokusu oluşumu gibi durumlarda etkilidir.
Kırmızı Işık	Bitkide hayatsal faaliyetlerin devamı için önem arz eden ışık cinsidir.
Sarı Işık	Bazı bitkiler için seksüel gelişmede etkilidir.

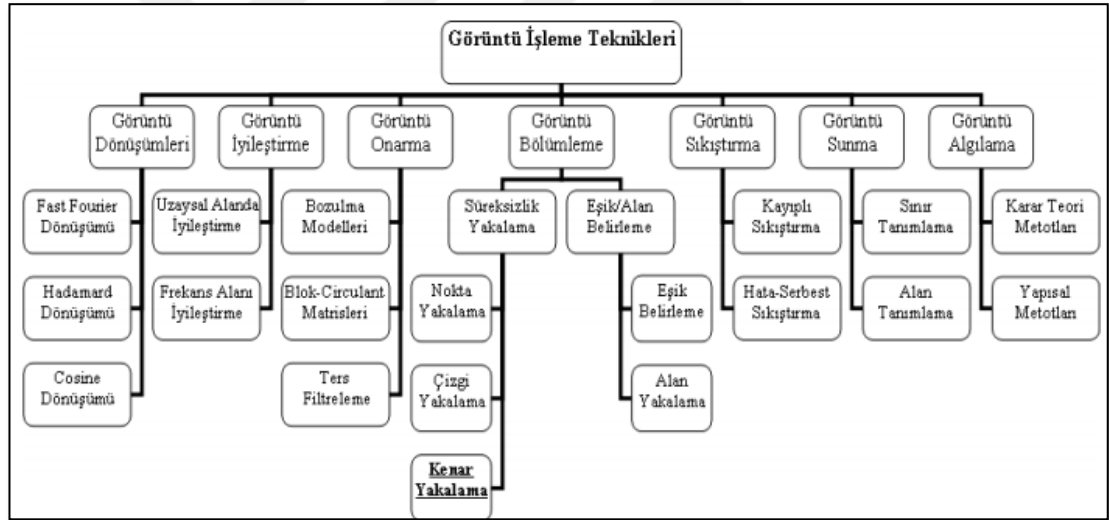
Bitkilerin gelişimin de her dönem için farklı spektrumda renklere ihtiyaç duyulmaktadır. Çimlenme, fide, yetiştigi, çiçek açtığı, meyve verdiği gibi farklı dönemleri için farklı renk ışıklara ihtiyaç duymaktadır (Çiftçioğlu, 2021).

3.2.1.1. LED armatür kullanımının avantajları

- LED lambalar akkor telli lambalara göre kıyaslanırsa watt başına daha fazla ışık açığa çıkarmaktadır. Veriminin artması için de floresan lambalar gibi şekil ve boyutun büyümesine gerek yoktur.
- Boyut olarak küçük olması kolaylıkla her yere monte edilebilmesini sağlayarak kullanım kolaylığı sağlar.
- LED lambalar geleneksel lambaların çalışma prensibindeki gibi ışık rengi değiştirmek için renk filtresine ihtiyaç duymazlar. Bu da LED lambaların maliyetini düşürmektedir.
- LED lambalar çok hızlı ışık vererek parlaklığa bir mikro saniyenin altında geçmektedir. Bu hızlı LED'in açıp kapanması LED'in ömrünü etkilememektedir.
- LED lambalar sık sık açıp kapama yapan sistemler için uygundur. Floresan lambalar bu döngüler için yavaş kalmaktadır.
- LED'ler kolay loşlaştırılabilir. Darbe-genlik modülatörü ya da akımları düşürülerek loşlaştırılabilir.
- LED'ler kullanıldıkları ortamlarda yetiştirilen ürünlere ya da bulundukları yerdeki objelere zarar veren ısı üretmezler. Ayrıca çok soğuk ortamlarda da kullanıma uygundur.
- LED lambaları ömrü akkor telli lambalar ve flüoresan lambalara göre kıyaslandığında daha uzundur. Ortalama akkor telli lambaların ömrü 1000-2000 saat, flüoresan lambaların 10000-15000 saat, LED lambaların ise 35000-50000 saat aralığındadır.
- LED'ler dış etkilere karşı daha dayanıklıdır.
- LED'lerin yassı yapısı ışığı odaklama konusunda daha avantajlıdır. LED'in kılıfı ışığı istenilen yöne odaklayacak şekilde tasarlanabilir (Emo, 2021).

3.3. Sayısal Görüntü İşleme

Matematiksel ve olasılıksal temeller üzerine inşa edilen sayısal görüntü işleme, girişlerinin ve çıkışlarının görüntü olduğu bir disiplin olarak tanımlanmıştır (Gonzalez ve Woods, 2014). Görüntü işleme; kamera vb., aygıtlar tarafından ölçülmüş veya kaydedilmiş olan görüntülerin bilgisayar ortamında özel programlar ile amaca uygun bir şekilde değiştirilerek incelemelerin yapıldığı işlemleri kapsar (Demirbaş ve Dursun, 2007; Çomak vd., 2011). Son yıllarda kullanımı gittikçe yaygınlaşan görüntü işlemenin tasarım ve imalat alanlarında, kontrol sistemlerinde, savunma sanayi ve güvenlikte, tıp, mimari uygulamalarda, harita ve jeodezi uygulamalarında ve gıda uygulamaları gibi pek çok farklı alanda yaygın olarak kullanılmaktadır (Samtaş ve Gülesin, 2011). Sayısal görüntü işleme teknikleri genel yapısı Şekil 3.6’da verilmiştir (Çomak vd., 2011).



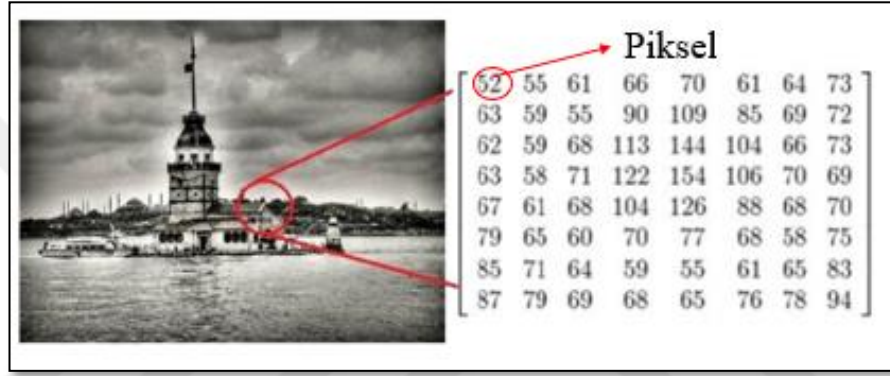
Şekil 3.6. Genel olarak uygulanan görüntü işleme teknikleri (Çomak vd., 2011)

3.3.1. Sayısal görüntü işlemede kullanılan temel kavramlar

Sayısal görüntü işleme kavramının daha kolay bir biçimde anlaşılabilmesi için piksel, sayısal görüntü işleme, uzamsal çözünürlük ve görüntü seviyeleri kavramlarının iyi biri biçimde irdelenmesi oldukça önemlidir. Bu kavramlar aşağıdaki alt başlıklarda detaylı bir biçimde ele alınmıştır.

3.3.1.1. Piksel

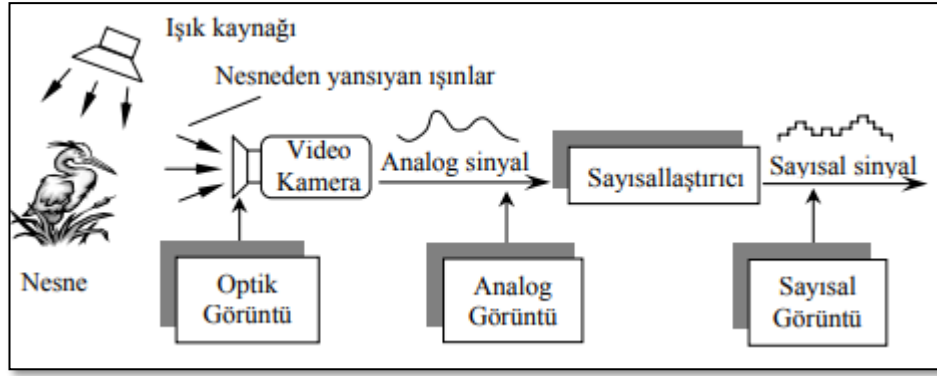
Görüntü işlemede piksel terimi en genel anlamda resimleri oluşturan noktalar olarak tanımlanabilir. Görüntü işleme yöntemlerinde görüntünün boyutuna göre diziler kullanılır. Örneğin iki boyutlu bir resimde kullanılan iki boyutlu dizileri matris kavramına benzetmek mümkündür. Bu nedenle sayısal bir görüntü matrisinde satır ve sütunların kesiştiği noktalar piksel olarak isimlendirilir. Piksel sayısal bir görüntünün en küçük birimidir. Şekil 3.7’de görüntüsünün bir kesiti alınan piksellerin renk karşılıkları verilmiştir (Pişkin, 2016).



Şekil 3.7. Örnek bir görsel içerisinde bulunan pikseller (Pişkin, 2016)

3.3.1.2. Sayısal görüntü

Sayısal görüntü, gerçek yaşamda kamera vb. aygıtlar ile elde edilen görüntülerin sayısallaştırılması olarak ifade edilir. Gerçek yaşamda kullanılan aygıtlardan alınan veriler farklı renk uzaylarına göre farklı boyutlarla depolanabilmektedirler (Pişkin, 2016). Şekil 3.8’de gerçek yaşamdaki verinin alınıp sayısallaştırılması işlemi örneklenmiştir. İlk olarak görsele göre ışık kaynağı nesneyi aydınlatır. Sonrasında nesnenin yansıttığı ışınlar kamera tarafından kullanılarak yansıtılmış ışınlar elektriksel işaretlere dönüştürür. Böylece analog sinyaller sayısallaştırıcılar aracılığı ile sayısal sinyallere dönüştürülür ve sayısal görüntü oluşturulur. Elde edilen sayısal görüntüler için görüntü işleme uygulamaları gerçekleştirilebilir (Yaman vd., 2001).



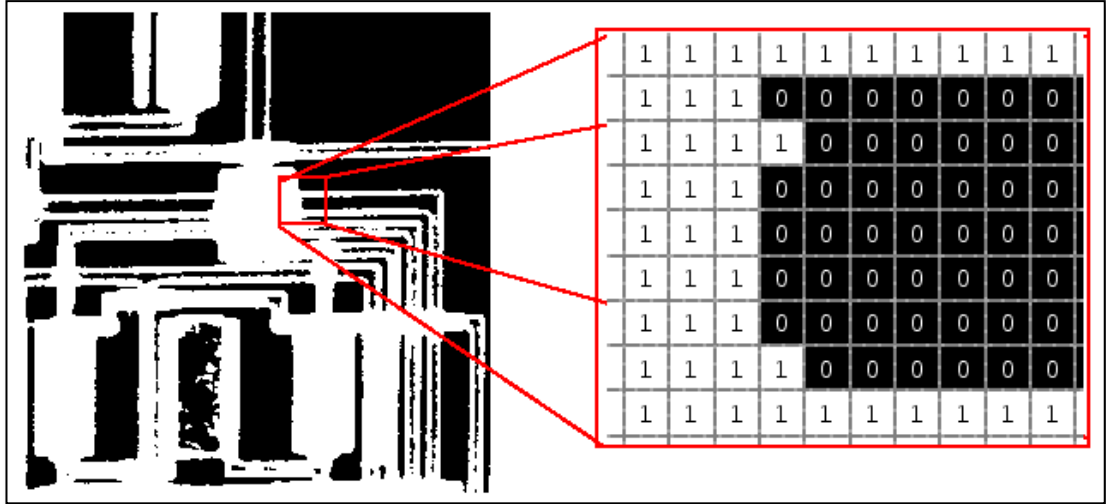
Şekil 3.8. Gerçek yaşamdaki görüntünün alınıp sayısallaştırılması (Yaman vd., 2001)

3.3.1.3. Uzamsal çözünürlük

Uzamsal çözünürlük sayısal görüntü elde edilirken analog görüntüden eşit aralıklarla yatay ve dikey olarak örnekler alınması olarak ifade edilmektedir. Alınan örnek sayısal ifadelerin çokluğu görüntünün fark edilebilme ve anlaşılma seviyesini etkilemektedir. Özetle uzamsal çözünürlük görüntü içerisinde bulunan pikseller azaldığı zamanla düşmektedir. Bu olaya dama tahtası etkisi olarak adlandırılmaktadır (Karhan, 2011).

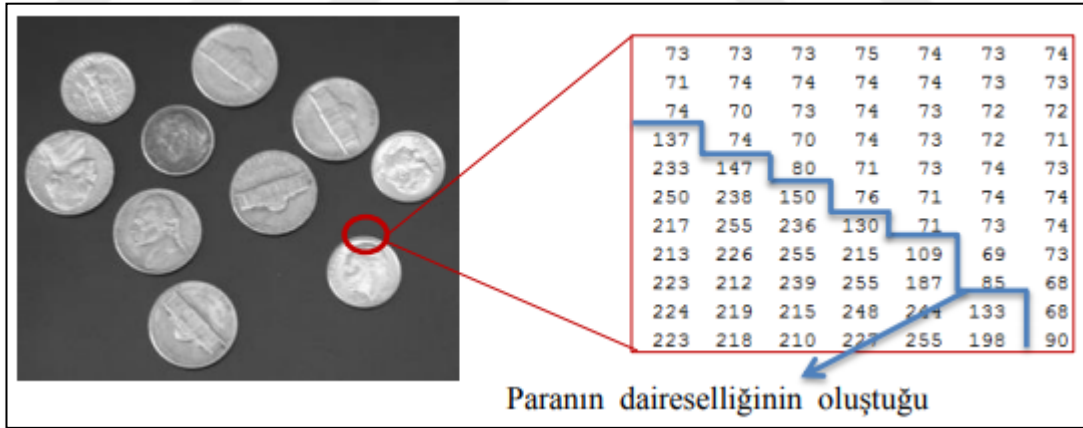
3.3.1.4. Görüntü seviyeleri

Görüntüler seviye olarak temelde üç kategoride değerlendirilir. Görüntüler sadece sayısal olarak sıfır (siyah) ve 1'den (beyaz) oluşuyorsa ikili (binary) görüntü olarak adlandırılır (Çomak vd., 2011). Şekil 3.9'da ikili görüntüye ait örnek bir görsel verilmiştir (Arı, 2008).



Şekil 3.9. İkili görüntü örneği (Arı, 2008)

İkili görüntüler siyah ve beyazın tonlarından oluştuğu için bu türden görüntüler gri tonlu görüntüler olarak adlandırılmaktadır. Tonlar 0 (Siyah)’dan başlar, 255 (Beyaz)’a kadar değişkenlik gösterir. Bu tür görüntü çeşitlerinde 0 siyah, 255 beyaz ve 0-255 arası değerler ise grinin tonlarıdır. Şekil 3.10’da gri tonlamalı görüntü örnek bir görsel verilmiştir (Gökçe, 2014).



Şekil 3.10. Gri tonlamalı görüntü örneği (Gökçe, 2014)

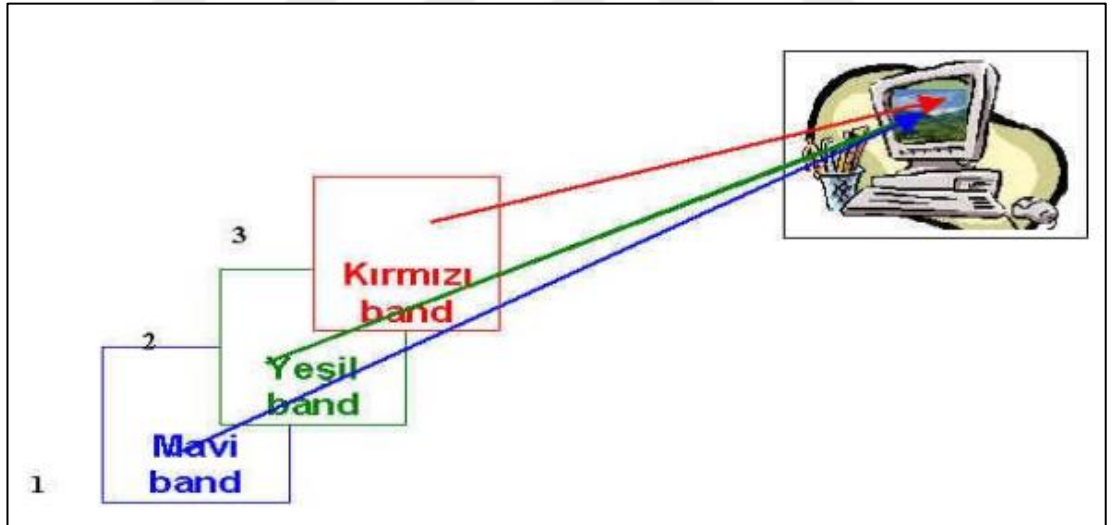
Görüntü kırmızı, yeşil ve mavi renk tonlarından oluşuyorsa renkli görüntü olarak adlandırılır (İng. Red Green Blue, RGB) (Gökçe, 2014). Renk Uzayları alt başlığında kavramlar detaylı olarak verilmiştir.

3.3.2. Renk uzayları

Renk uzayı kavramı renk çeşitliliğinin fazla olmasından dolayı renklerin gruplandırılmak istenmesinden kaynaklı olarak ortaya çıkmış bir kavramdır. En çok kullanılan renk uzayları aşağıda açıklanmıştır (Pişkin, 2016).

3.3.2.1. Kırmızı yeşil ve mavi renk uzayı

Kırmızı, mavi ve yeşil ana renklerin karışımı ile elde edilen görüntülere renkli (İng. RGB) görüntü adı verilmektedir. Renkli görüntü RGB ile kodlanmış aynı görsele ait üç adet kanaldan görüntünün üst üste eklenmesiyle elde edilir (Gökçe, 2014). Üç banttıan oluşan renkli görüntüde kırmızı (Red-R) kanalında kırmızının tonları, yeşil (Green-G) kanalında yeşilin tonları ve mavi (Blue-B) kanalında mavinin tonları temsil etmektedir. Şekil 3.11’de bantları üst üste bindirilmesiyle elde edilen renkli görüntü görseli verilmiştir (Karhan, 2011).

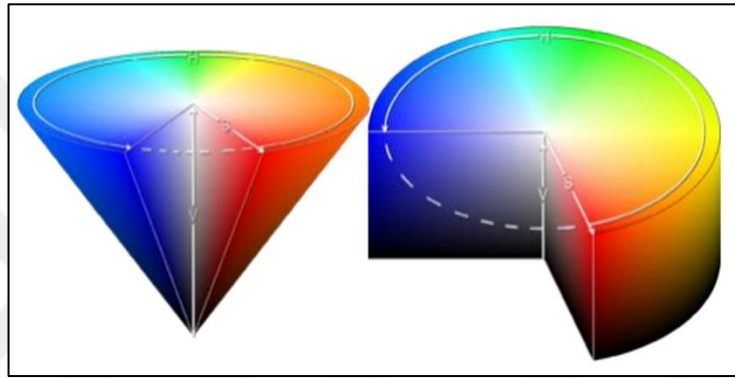


Şekil 3.11. R, G ve B bantlarının üst üste bindirilmesi ile oluşmuş renkli görüntü (Karhan, 2011)

3.3.2.2. Renk özü, doygunluk ve parlaklık renk uzayı

Renk özü, doygunluk ve parlaklık tanımlamalarından oluşan (Hue Saturate Value - HSV) renk uzayı 1978 yılında Alvy Ray Smith tarafından bulunmuştur. HSV renk uzayında parlaklık, 0-100 arasında değişen ve rengin aydınlığını belirleyen parametredir. HSV renk uzayının diğer bir parametresi olan doygunluk, 0 ile 100

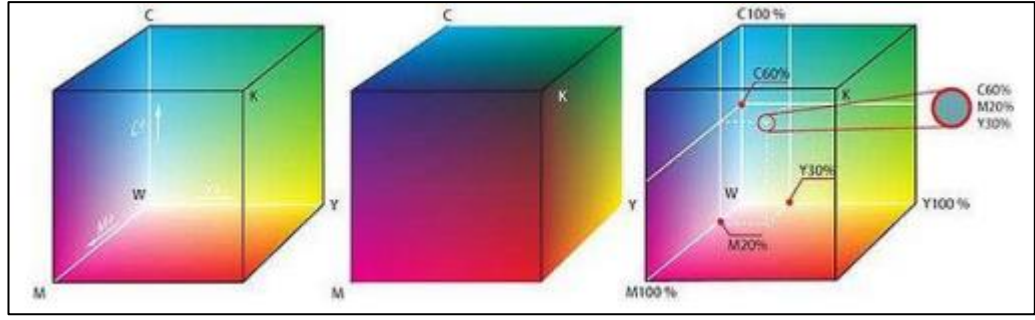
arasında değerlere göre rengin canlılığının değişmesinde etkili olan parametredir. Renk özü ise 0° ile 360° açısal değerler arasında değişen rengin baskın dalga uzunluğunu belirleyen son parametredir. HSV renk uzayı ilk olarak konik formda olan HSV uzayı silindir biçiminde de ifade edilmiştir. Burada konik biçimi koninin genişliği azaldıkça aydınlık düzeyinin de azaldığını dolayısıyla düşük aydınlıkta algılanabilen farklı doygunluk düzeylerinin de azaldığını ifade etmektedir. Silindir biçimli olan HSV’de Aydınlık düzeyi sıfır olsa bile doygunluk düzeyi tanımlaması yapılabilir. Konik ve silindirik HSV’ye ait örnek görsel Şekil 3.12’de verilmiştir (Tosun, 2015).



Şekil 3.12. Konik ve silindirik HSV (Tosun, 2015)

3.3.2.3. Turkuaz, eflatun, sarı ve siyah renk uzayı

Turkuaz, eflatun, sarı ve siyah tanımlamalarından oluşan (İng. cyan, magenta, yellow, black- CMYK) özellikle yazıcılar ve matbaalarda kullanılmak için geliştirilmiş bir renk uzayıdır (Tosun, 2015). CMY/K renk uzayında renkler turkuaz (İng. Cyan-C), eflatun (İng. Magenta-M), sarı (İng. Yellow-Y) ve siyah (İng. Black-B) renklerinin üstü üste çakıştırılmasıyla elde edilir. CMY/K renk uzayında RGB renk uzayına göre daha koyu renkler elde edilmektedir. Bu yüzden çıkarımsal renk uzayı olarak isimlendirilmektedir. CMYK uzayına ait birim küp CMY/K renk uzayı Şekil 3.13 ile verilmiştir (Esmeray, 2014).



Şekil 3.13. Birim küp CMY/K renk uzayı

3.3.3. Görüntü işleme teknikleri

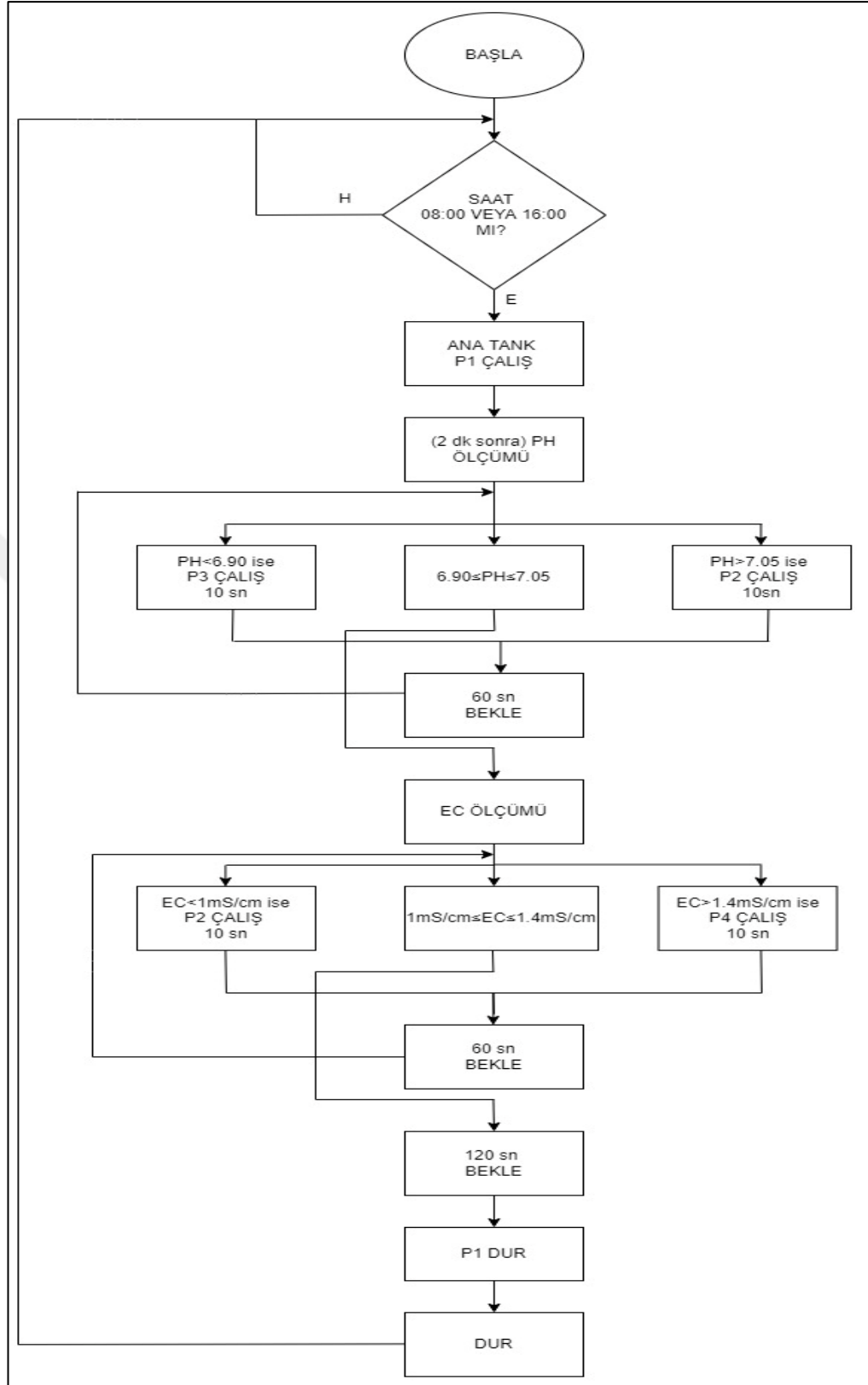
Tez çalışmasında kullanılan görüntüler üzerinde Thresholding kullanılarak ikili (binary) görüntü oluşturulmuştur. Daha sonra ikili görüntü üzerinde nesne dış çevresi çizilmiştir.

3.3.3.1. Görüntü eşikleme

Görüntü eşikleme işlemi görüntü işleme de sıklıkla kullanılan yöntemlerden birisidir. Thresholding komutu kullanılarak görüntü üzerindeki renk farklılıkları gidermekte kullanılmaktadır. Gri ton üzerinde bir eşik değeri belirlenerek koyu tonlama üzerindeki parlak tonların ya da açık tonlama üzerinde koyu kısımların belirlenmesi için kullanılmaktadır (Dipova, 2018). Tez çalışmasında görüntüde eşikleme sonunda bir arka plan ve tespiti sağlayacağımız fesleğen ve referans üçgenlerin olmak üzere iki bölümden oluşmaktadır. Daha sonra bu görüntü üzerinde fesleğenin ve referansların dış çevresi çizilerek eşikleme işlemi gerçekleştirilmiştir.

3.4. Yapay Işık Destekli Hareketli ve Sabit Hidroponik Sistemin Bileşenleri

Tez çalışmasında sabit ve hareketli olmak üzere kurulan iki ayrı sistem özdeş ve eş zamanlı olarak bitki besleme işlemlerinin yapılabilmesi için bir otomasyon sistemi kurulmuştur. Bu sistem arduino donanım tabanlı olmak üzere Python dilinde programlama oluşturulmuştur. Sistem algoritmik yapısı Şekil 3.14'te görülmektedir.



Şekil 3.14. Sistemin akış diyagramı

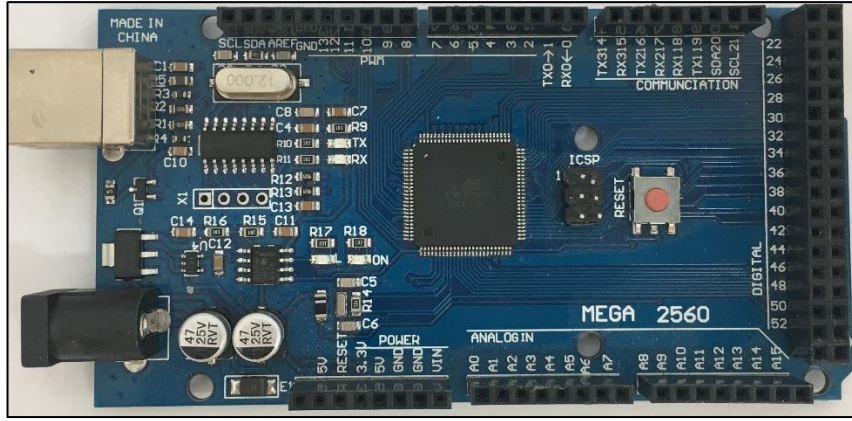
Sistemin çalışma sistemi;

- Zaman ayarlaması yapılır. Sistem çalışmaya başlayacağı zaman geldiğinde devreye girer.
 - Ana tanktaki pompa 2 dakika boyunca çalışmaya başlar.
 - 2 dakika sonunda sistemde ki sıvı karışmış olur ve pH ölçümü yapılır.
 - İstenilen pH aralığı $6.90 \leq \text{pH} \leq 7.05$ 'dir. 6.90'dan küçükse pH değeri baz tankının pompası devreye girerek istenen pH değerine gelene kadar çalışarak değeri yükseltir. Eğer pH 7.05'ten büyükse asit tankının pompası devreye girerek istenen değere gelene kadar asit tankının pompasını çalıştırır.
 - pH değeri ayarlandıktan sonra sistem 60 saniye bekler.
 - 60 saniyeden sonra EC ölçümü yapılır.
 - EC için istenilen aralık $1\text{mS/cm} \leq \text{EC} \leq 1.4\text{mS/cm}$ 'dir.
 - Bitkilere doğru pH ve EC'de ki ana tankta bulunan sıvı gönderilir.
 - Gün içerisinde istenilen zamanlarda bu devir daim işlemi otomatik olarak gerçekleşir ve sistemin kapanma zamanı gelince sistem kendini kapatır.
- Otomatik sulama sistemi elemanları aşağıda verilmiştir.

3.4.1. Arduino denetleyici

Arduino Mega ATmega 2560 tabanlı bir mikro denetleyici kartıdır. Şekil 3.15'te görülmektedir. Arduino mega üzerinde;

- 54 adet dijital giriş/çıkış pini, bu pinlerin de 15 tanesi PWM çıkış,
- 16 analog giriş
- 4 UART
- 16 MHZ kristal osilatör
- USB bağlantı
- Adaptör giriş
- ICSP çıkış
- Bir tane de reset butonu bulunur (Kusriyanto ve Putra, 2016).



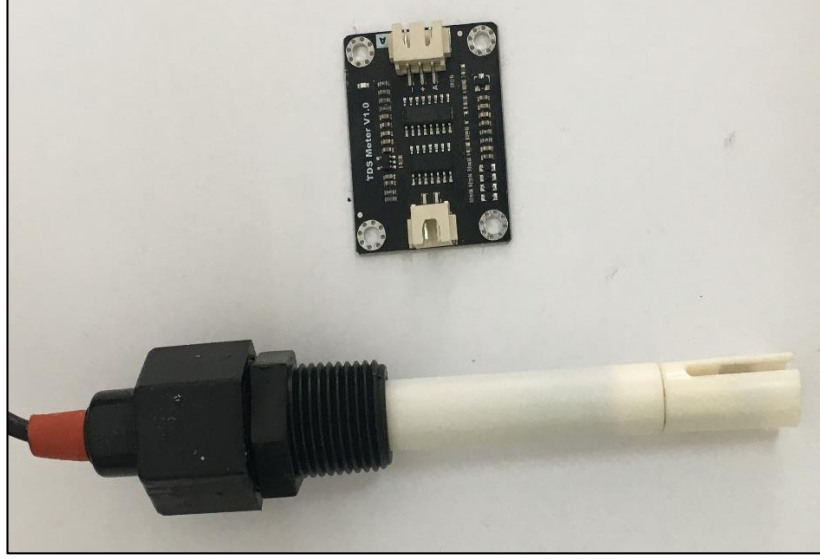
Şekil 3.15. Arduino mega

3.4.2. EC sensör

Elektriksel iletkenlik (EC); yapılan çalışmalara göre toprakta ya da su da toplam tuz oranını göstermektedir (Acir vd., 2019). Topraksız tarımda bitkilere gönderilen suyun EC istenilen değerdeyse bitkilerin doğru oranda beslendiği gösterir. EC düşükse yeteri kadar beslenmediğini gösterir. EC değeri yüksekse fazla beslendiğini gösterir. Şekil 3.16’da EC sensör görülmektedir.

EC sensör teknik özellikleri;

- Giriş voltajı: DC 3.3-5.5V
- Çıkış voltajı: 0-2.3V
- Çalışma akımı: 3-6mA
- Ölçüm aralığı: 0-1000ppm



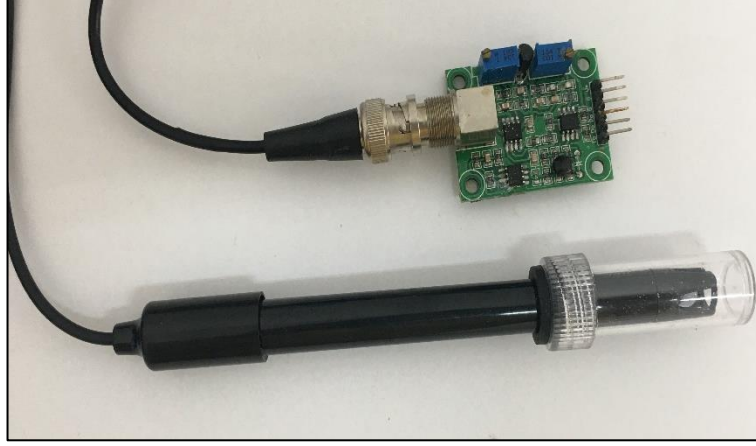
Şekil 3.16. EC sensör

3.4.3. pH sensör

pH sensörü; topraksız tarımda bitkiye gönderilen suyun pH'ını ölçmek için kullanılır. pH değeri çok önemlidir, bitkinin yetişeceği pH değerinin istenilen aralıkta olması en iyi verimin alınmasında önemlidir. Eğer pH değeri yüksekse ortama asit, pH değeri düşükse ortama baz eklenerek istenilen aralık sağlanmalıdır (Küçükaslan, 2021). pH sensörünü pH probu ve pH sensör modülü oluşturur (Vimal ve Shivaparakasha, 2017). Şekil 3.17’de pH sensör görülmektedir.

pH sensör teknik özellikleri;

- Çalışma akımı: 5-10mA
- Isıtma gerilimi: $5\pm 0.2V$ (AC-DC)
- pH aralığı: 0-14
- Algılama sıcaklığı: 0-80°
- Tepki süresi: $\leq 5S$
- Yerleşme zamanı: $\leq 60S$
- Çalışma sıcaklığı: -10-50°



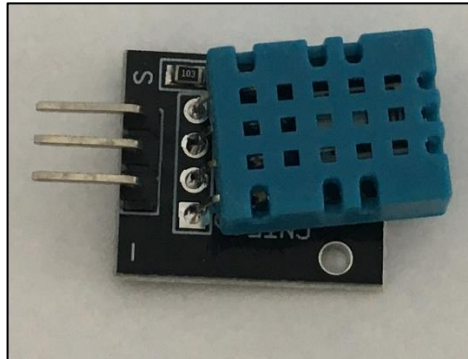
Şekil 3.17. pH sensörü

3.4.4. Sıcaklık-nem sensörü

Sıcaklık-Nem sensörü; ortamın hem sıcaklığını ve nemini ölçmek için kullanılır. Sıcaklığın ölçümünde bir termistör, nemin ölçümünde ise bir nem ölçüm bileşeni kullanılır (Vimal ve Shivaparakasha, 2017). Şekil 3.18’de sıcaklık-nem sensörü görülmektedir.

Sıcaklık- nem sensörü teknik özellikleri:

- Sıcaklık ölçümü: 0-50°C
- Nem ölçümü: %20-%90 RH
- Çalışma Akımı (çalışma): 0.5mA (max 2.5mA)
- Çalışma akımı (bekleme): 100uA (max 150uA)
- Çalışma voltajı: 5V



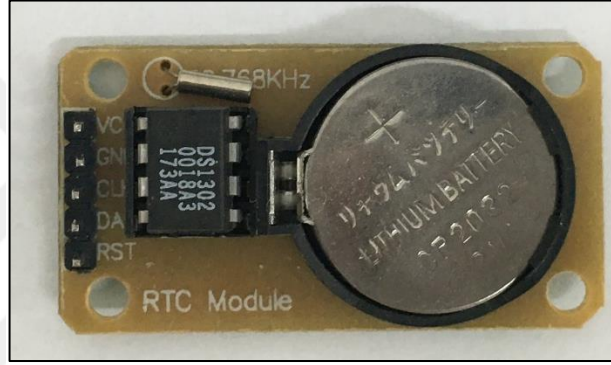
Şekil 3.18. Sıcaklık-nem sensörü

3.4.5. RTC

RTC; gerçek zamanlı saat anlamına gelir. RTC ile zamanı anlık ve sürekli okumak mümkündür. Yıl, ay, gün, saat, dakika, saniye verileri içerisinde bulundurur (Semiz, 2019). Şekil 3.19’da gerçek zaman saati görülmektedir.

RTC modülü teknik özellikleri;

- Çalışma voltajı: 2V-3.3V-5.5V
- Aktif çalışma akımı (5V): 1.28mA
- Saat tutma akımı (5V): 1uA (Anonim, 2015).



Şekil 3.19. Gerçek zaman saati

3.4.6. Dalgıç pompa

Dalgıç pompa, bitkilere ana tanktan su iletilmesi için kullanılır. Suyun içinde çalışan dalgıç pompanın motoru gövdesine monte edilmiştir. Bağlantılar hava ve su geçirmez şekilde tasarlanmıştır. Şekil 3.20’de dalgıç pompa görülmektedir.

Dalgıç pompa teknik özellikleri;

- Güç kaynağı: 4.5-12V DC
- Kapasitesi: 100-350 L/H
- Güç aralığı: 0.5-5W



Şekil 3.20. Dalgıç pompa

3.4.7. DC güç kaynağı

Güç kaynakları kullanılan sistemin ihtiyacı olan enerjiyi karşılamak için kullanılan elemandır. DC güç kaynağı, şehir şebekesinden gelen alternatif akımı doğrultarak DC işaret yapısına dönüştürmesidir. Şekil 3.21’de DC güç kaynağı görülmektedir.

- Giriş gerilimi: 220V AC
- Çıkış gerilimi: 12V DC



Şekil 3.21. DC güç kaynağı

3.4.8. Motor

Hareketli ışık sisteminde ışığın gel-git döngüsünün sağlanabilmesi için motor kullanılmıştır. Şekil 3.22’de motor görülmektedir.

Özellikleri:

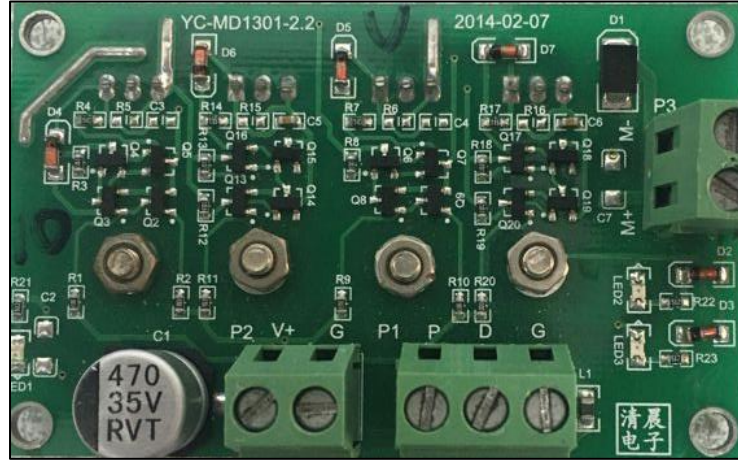
- Motor Çalışma Gerilimi:12V
- Hız: 55 Rpm (devir/dakika)
- Boşta Çektiği Akım: 2A
- Zorlanma Akımı: 10A (Yaklaşık)
- Zorlanma Torku: 45 kg-cm (Yaklaşık)
- Motor Gücü: 120W
- Mil Çapı: 10mm
- Mil Uzunluğu: 29mm
- Ağırlık:1280gr



Şekil 3.22. Motor

3.4.9. Motor sürücü

Motor sürücüler motorun farklı hızlarda çalışmasını sağlar. Motor sürücüler hızı değiştirir fakat torkunu, empedansını ve manyetik akısında bir etkileşimde bulunmazlar (Anonim, 2020). Şekil 3.23'te motor sürücü görülmektedir.



Şekil 3.23. Motor sürücü

Kullanılan motor sürücü özellikleri;

Sürücü akımı: 10A

Sürücü voltajı: 5-35V DC

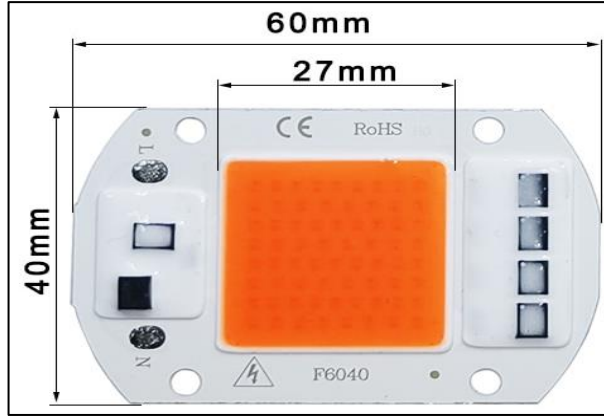
Anma gücü: 350 W

Boyutları: 44*71*16 mm

Ağırlığı: 50g

3.4.10. LED bitki yetiştirme lambası

Hidroponik sistemin açılı raf düzeni için üretilmiş özel bir aydınlatma sistemi bulunmadığı için LED armatür tasarımı gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen LED armatür tasarımı odaklamalı ve çift yönlü yansıtıcı özelliğine sahiptir. Şekil 3.24'te LED bitki yetiştirme lambası görülmektedir.



Şekil 3.24. LED bitki yetiştirme lambası (Anonim, 2021c)

LED armatür tasarımında kullanılan lambanın özellikleri;

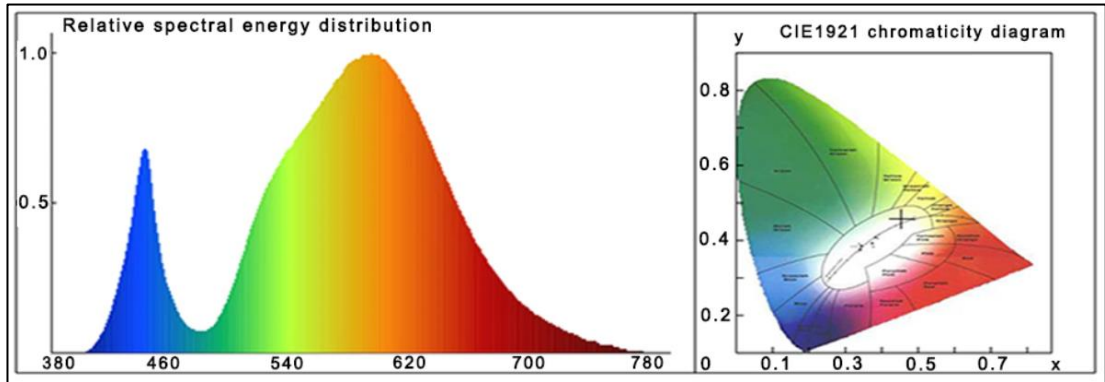
- Renk sıcaklığı: 380-780nm
- Güç: 50W
- Giriş voltajı: 220-240V
- Renk: tam spektrum
- Materyali: alüminyum
- Kaynak ömrü: >50.000 saat
- Aydınlatma açısı: 120°
- Güç faktörü ≥ 0.9
- CRI: 70
- Lumen: 90-100lm
- Anti-dalgalanma: 1500V
- Verimlilik: 90-100lm/W
- Termal direnç: $\leq 5^\circ /W$
- Çalışma sıcaklığı: -20 - +70 °C
- Işık Yayan yüzey boyutu: 25*25mm
- Ürün boyutu: 40*60mm

Bitki gelişiminin her döneminde farklı spektrumda ışığa ihtiyaç duymaktadır. Şekil 3.25'te görülen tam spektrumlu LED armatür sayesinde bitki gelişiminin tüm süreçlerini tek bir armatür ile gerçekleştirilmiştir.



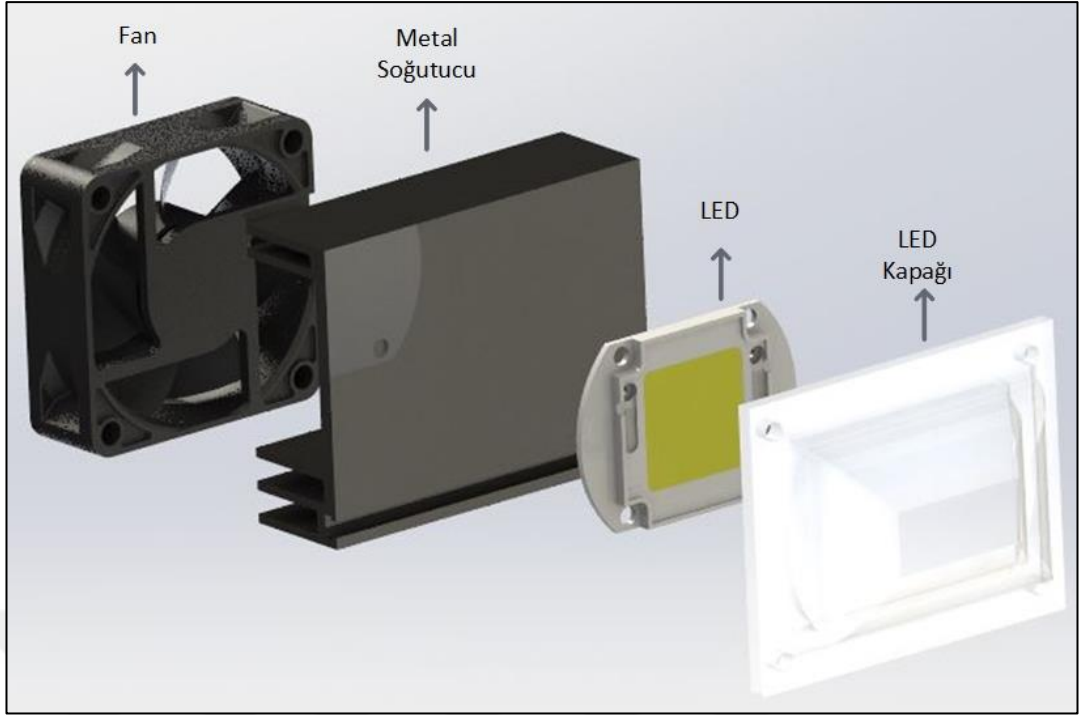
Şekil 3.25. Tam spektrum bitki büyütme LED'i (Anonim, 2022)

Şekil 3.26'da LED'in bağıl duyarlılık-dalga boyu grafiği-Bağıl spektral enerji dağılımı-renklilik diyagramı görülmektedir.



Şekil 3.26. LED'in bağıl duyarlılık-dalga boyu grafiği-Bağıl spektral enerji dağılımı renklilik diyagramı

Şekil 3.27'de deneyde kullanılan yapay ışık tasarımı görülmektedir.



Şekil 3.27. Yapay ışık tasarımı

Şekil 3.28’de yapay ışık tasarımında kullanılan Metal soğutucu, yansıtıcı, LED, LED kapağı ve fanın ayrı ayrı görüntüleri görülmektedir.



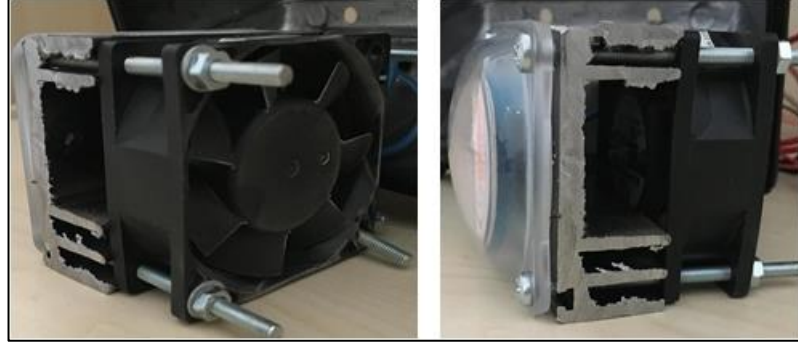
Şekil 3.28. Yapay ışık tasarımında kullanılan malzemeler

Şekil 3.29’da Metal soğutucu üzerine LED, LED’İN üzerine yansıtıcı en üste LED kapağı monte edilerek montajı gösterilmektedir.



Şekil 3.29. Yapay ışık tasarımının montajı

Şekil 3.30'da tasarımın arka bölümüne de fan yerleştirilerek LED projektöre yerleştirilmeden önceki hali oluşturuldu.



Şekil 3.30. Yapay ışık tasarımına fan montajı

Şekil 3.31'de tasarlanan LED'in projektöre montajı gerçekleştirilerek son haline getirilmiştir.



Şekil 3.31. Yapay ışığın projektöre montajı

LED bitki yetiştirme lambası tasarımında,

- LED
- Metal soğutucu
- Yansıtıcı
- Fan
- LED kapağı
- LED projektör kutusu

Elemanları kullanılarak tasarım gerçekleştirilmiştir.

3.4.10.1. Işık şiddeti ölçüm ve kayıt cihazı

Bitkiler üzerine düşen ışık şiddetini ölçmek için Delta Ohm HD2102.2 cihazı kullanılmıştır. Şekil 3.32’de görülen bu cihaz ışık şiddeti (lux), parlaklık, ısınım, RAD ve UV ölçümü yapabilen portatif bir ölçüm cihazıdır. Cihaz üzerindeki SICRAM modülü ile takmış olduğunuz probalar otomatik olarak tanınmaktadır. Maksimum, minimum ve ortalama değer hafızası bulunan cihaz aynı zamanda hold fonksiyonu ile anlık ölçülen değerleri LCD ekranda sabitleyebilmektedir. Dahili hafızası ile yapılan ölçümleri kullanıcının belirlediği zaman aralıkları ile kayıt altına alarak, istenildiği zaman bilgisayar ortamında analiz etme imkânı sağlamaktadır. Cihaz lux - fcd - lux/s - cd/s - W/m² - μ W/cm² - J/m² - μ J/cm² - μ mol(m².s) - μ mol/m² - cd/m² birimlerinde ölçüm yapabilmektedir.



Şekil 3.32. Işık şiddeti ölçüm ve kayıt cihazı

3.4.10.2. Radyometrik prob

Delta Ohm HD2102.2 cihazı ile ölçüm yapabilmek için Şekil 3.33’te görülen kuantum radyometrik PAR LP471 prob kullanılmıştır.

Probun özellikleri;

Ölçüm aralığı ($\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}^{-1}$): 0,01... 199,99 - 200,0...1999,9 - 2000...10000

Çözünürlük ($\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}^{-1}$): 0,01 - 0,1 - 1

Spektral aralık: 400nm...700nm

Kalibrasyon belirsizliği: <%5

f3 (doğrusallık): <%1

f4 (cihaz okuma hatası): ± 1 basamak

f5 (yorgunluk): <%0,5

1 yıl sonra sapma: <%1

Çalışma sıcaklığı: 0...50



Şekil 3.33. Radyometrik prob

Şekil 3.34'te bitki üzerine düşen ışık şiddetinin ölçülmesi görülmektedir. Birimi $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ 'dir.

Mikromol ise Avagadro sabiti yani $6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ile birim alan (m^2) üzerindeki birim zaman başına düşen belirli dalga bandı olayındaki fotonların sayısına dayanmaktadır. 400-700 nm dalga bandında PAR'ı tanımlamak için yaygın olarak kullanılır (Apogee, 2021).

PAR, birim alana gönderilen 400-700nm arasındaki ışığın saniyedeki enerji miktarıdır. Bitkilerin fotosentez ile en iyi tepki gösterdiği ışık spektrumundaki ışık türüdür. PPFD, saniyede gönderilen 400-700nm arasındaki toplam foton sayısıdır. Birimi $\mu\text{mol}/\text{m}^2.\text{s}$ 'dir (Karakaş, 2018).



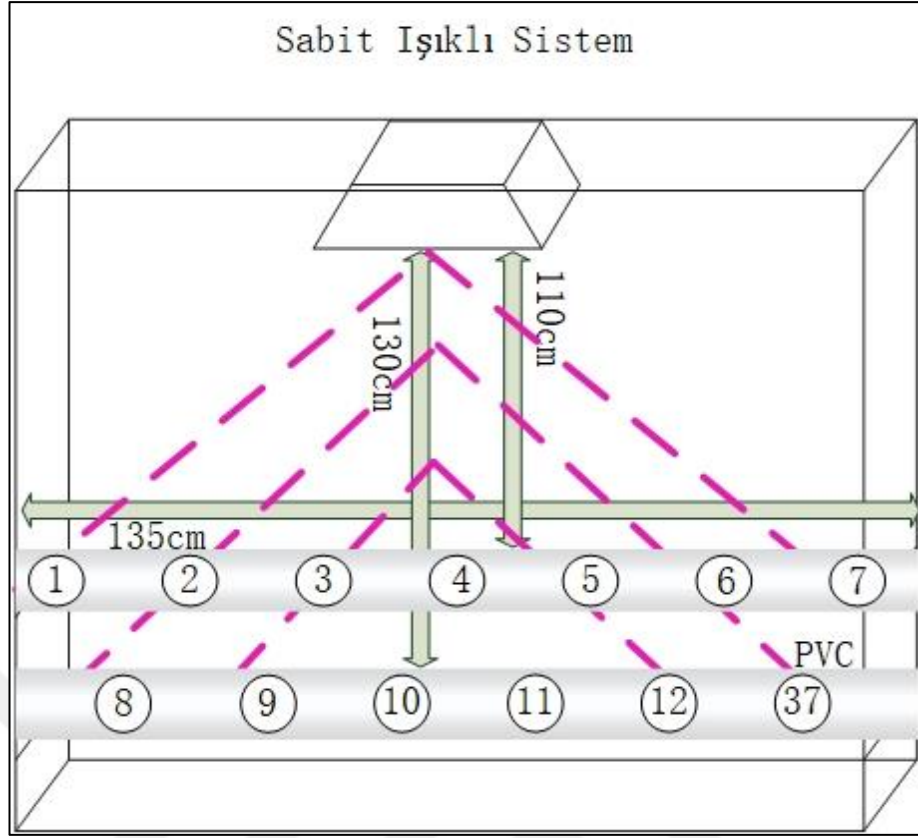
Şekil 3.34. Bitki üzerine düşen ışık şiddetinin ölçümü

3.5. Sistemin Mekanik ve Sıhhi Tesisat Yapısı

Tez çalışmasına öncelikle hidroponik sistem tasarımı yapılarak başlanmıştır. Karşılıklı iki düzenek kurularak ilk düzenekte bitkilerin üzerine sabit bir ışık, ikinci düzenekte ileri geri yönde hareketli bir ışık tasarımı yapılarak kullanılmıştır.

3.5.1. Sabit ışıklı sistem (sistem 1)

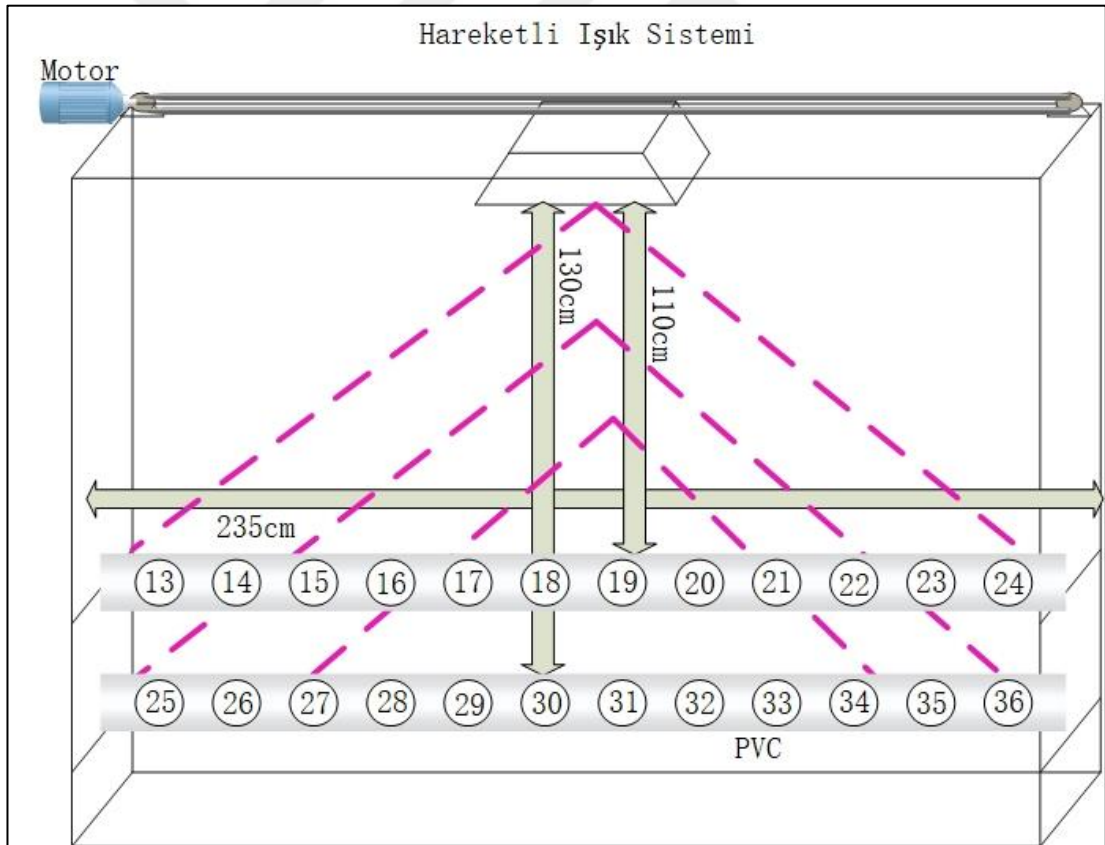
Şekil 3.35'te sabit ışıklı sistemde LED bitki yetiştirme lambası sistemin ortasına tüm bitkilerin faydalanacağı şekilde konumlandırılmıştır. İki katlı raf sistemi kullanılarak PVC (Poly Vinly Chloride) borular yerleştirilmiştir. PVC uzunlukları 135 cm'dir. Bu uzunluk orta noktada bulunan sabit ışığın tüm bitkilere yeteceği şekilde ayarlanmıştır. Üst kattaki PVC borunun LED bitki yetiştirme lambasına uzaklığı 110 cm, alt kattaki PVC borunun uzaklığı 130 cm'dir. Bu sistemde LED ışığın günlük çalışma süresi hareketli sistem ile aynıdır.



Şekil 3.35. Sabit ışıklı sistem (sistem 1)

3.5.2. Hareketli ışık sistemi (sistem 2)

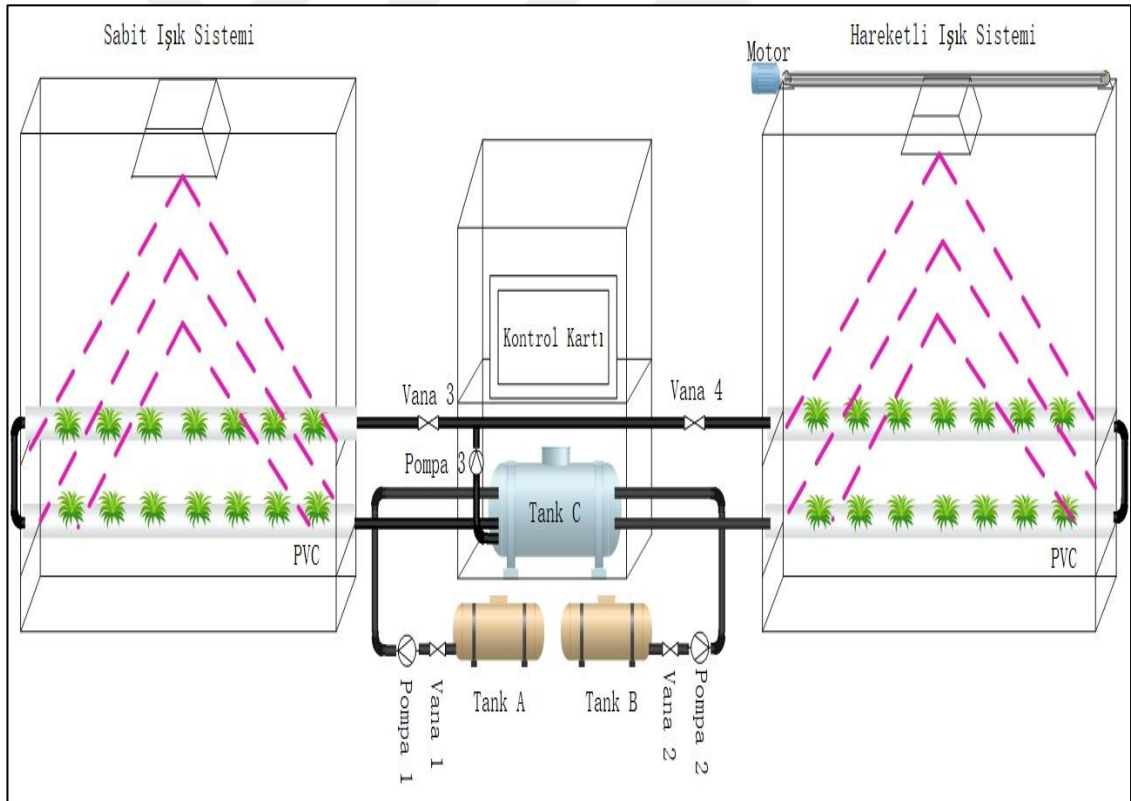
Şekil 3.36'da hareketli ışık sisteminde LED bitki yetiştirme lambası, motora arduinodan gelen kodla düzlemsel olarak ileri geri yönde hareketi sağlanmıştır. Hareketli ışık sisteminde de sabit ışık sisteminde olduğu gibi iki katlı raf sistemi kullanılmıştır. Hareketli ışık sistemindeki PVC boru uzunlukları 235 cm'dir. Sistem ışığı hareketli olduğu için bu uzunluk sabit sistemdeki uzunluğa göre fazladır. Tüm bitkiler rahatlıkla bitki yetiştirme ışığından faydalanmaktadır. Üst kattaki ve alt kattaki PVC boruların LED bitki yetiştirme lambasına uzaklıkları sabit ışıklı sistemle aynıdır. Üst kattaki PVC borunun lambaya uzaklığı 110 cm, alt kattaki PVC borunun lambaya uzaklığı 130 cm'dir. İki sistem arasındaki karşılaştırmaların aynı şartlar altında olabilmesi için bu uzunluklar aynıdır. Hareketli sistemde LED ışığın günlük çalışma süresi sabit sistem ile aynıdır.



Şekil 3.36. Hareketli ışık sistemi (sistem 2)

3.5.3. Hidroponik sistemin çalışması

Şekil 3.37’de hidroponik sistemin tamamı görülmektedir. Kurulan hidroponik sistemin çalışması için ana tanktaki yani tank C’de bulunan çözeltinin bitki köklerine ulaştırılması gerekmektedir. Bunun için sürekli devir daim yapılmıştır. Tank C’deki çözeltinin hazırlanabilmesi için tank A’da asit, Tank B’de baz bulunmaktadır. A ve B tankları için ayrı ayrı pompalar kullanılarak C tankında birleştirilmiştir. C tankında pH ve EC parametrelerinin ölçümü yapılarak yetiştirilen bitkinin ihtiyacına göre Tank A ve tank B’den ekleme yapılmıştır. Tank C’de bitki için istenilen çözelti hazırlandıktan sonra tekrar pompa yardımıyla PVC borular aracılığıyla bitki köklerine ulaşması sağlanıyor. Bitki köklerinden geçen su tekrar ana tanka yani tank C’ye gelmektedir. Sonra tekrar pH ve EC değerleri doğrulanarak bitki köklerine ulaşması sağlanarak sürekli bir devir daim gerçekleşmektedir.

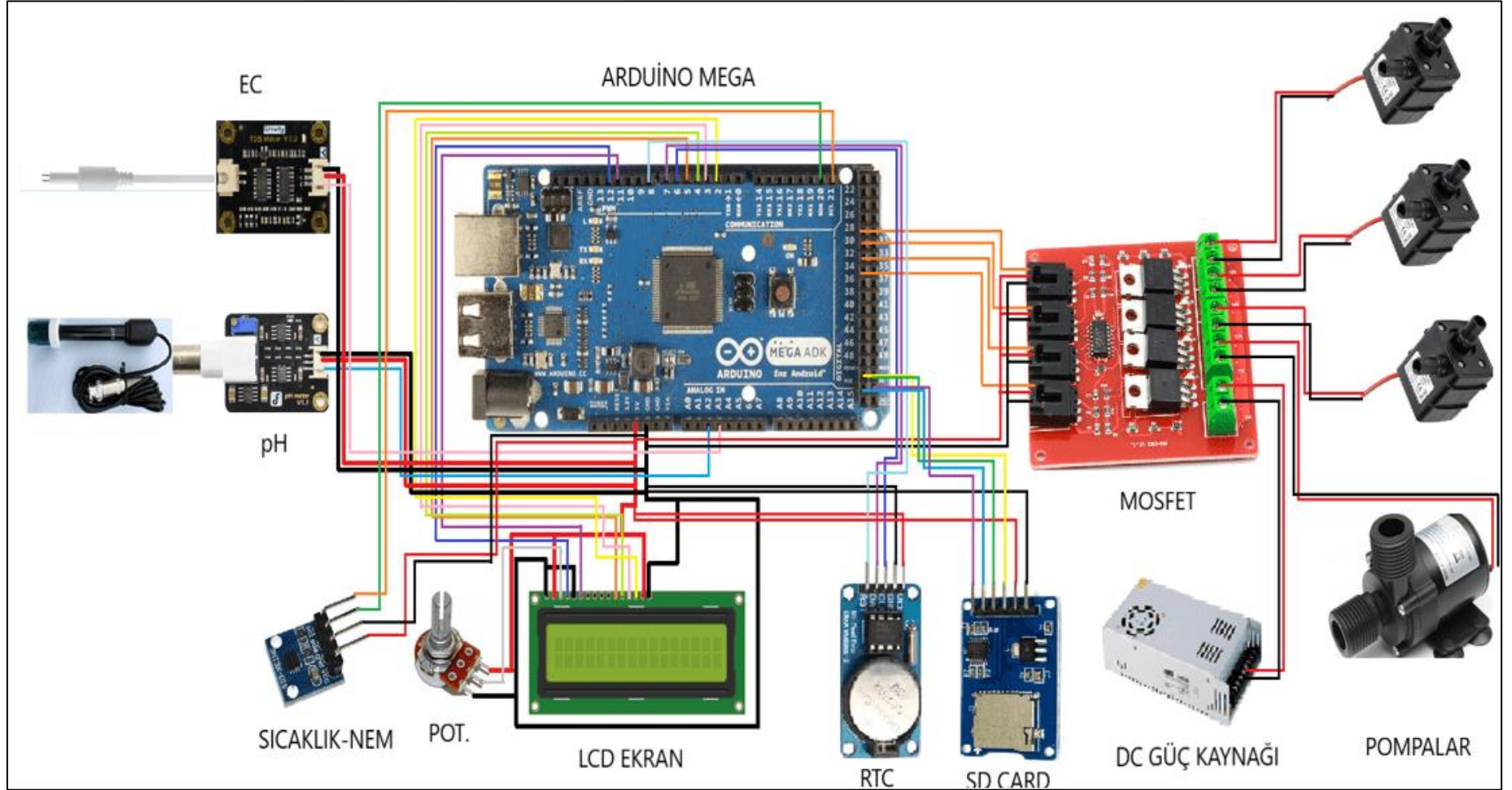


Şekil 3.37. Hidroponik sistem

3.6. Kontrol Sistemi

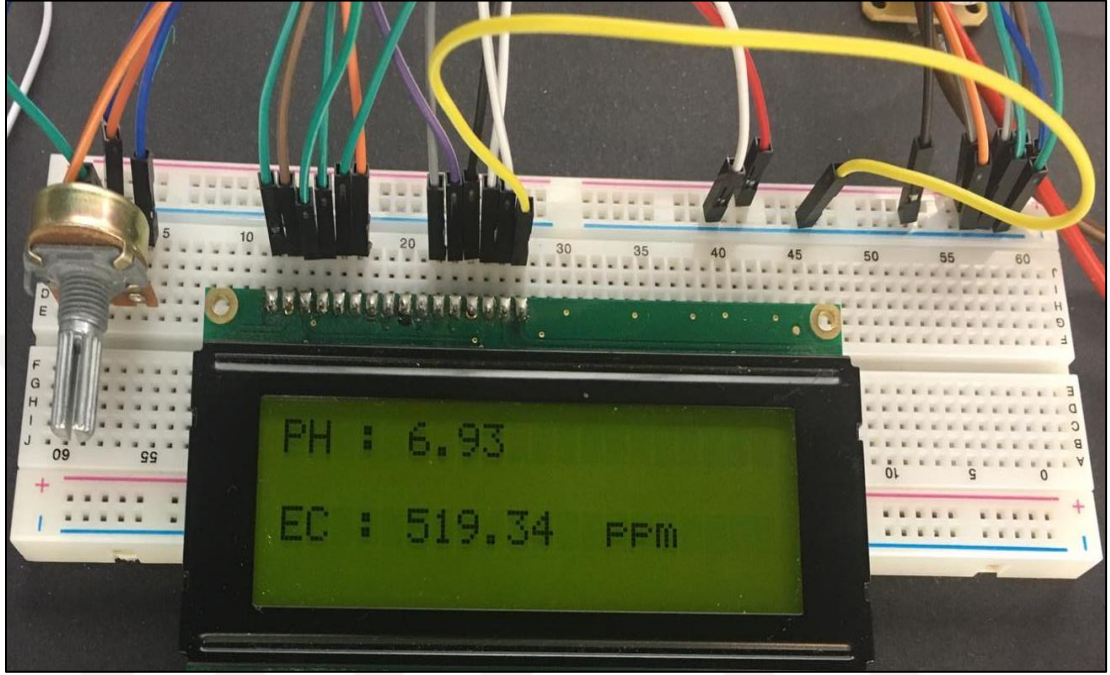
Şekil 3.38’de kurulan hidroponik sistemi kontrol etmek amacıyla kullanılan kontrol yapısı görülmektedir. Kontrol sistemi arduino donanımı üzerinden gerçekleştirilmiştir. Sistemin çalışmasına temel olan besin dengesini sağlayabilmek için pH ve EC ölçümlerinin yapılmasıdır.





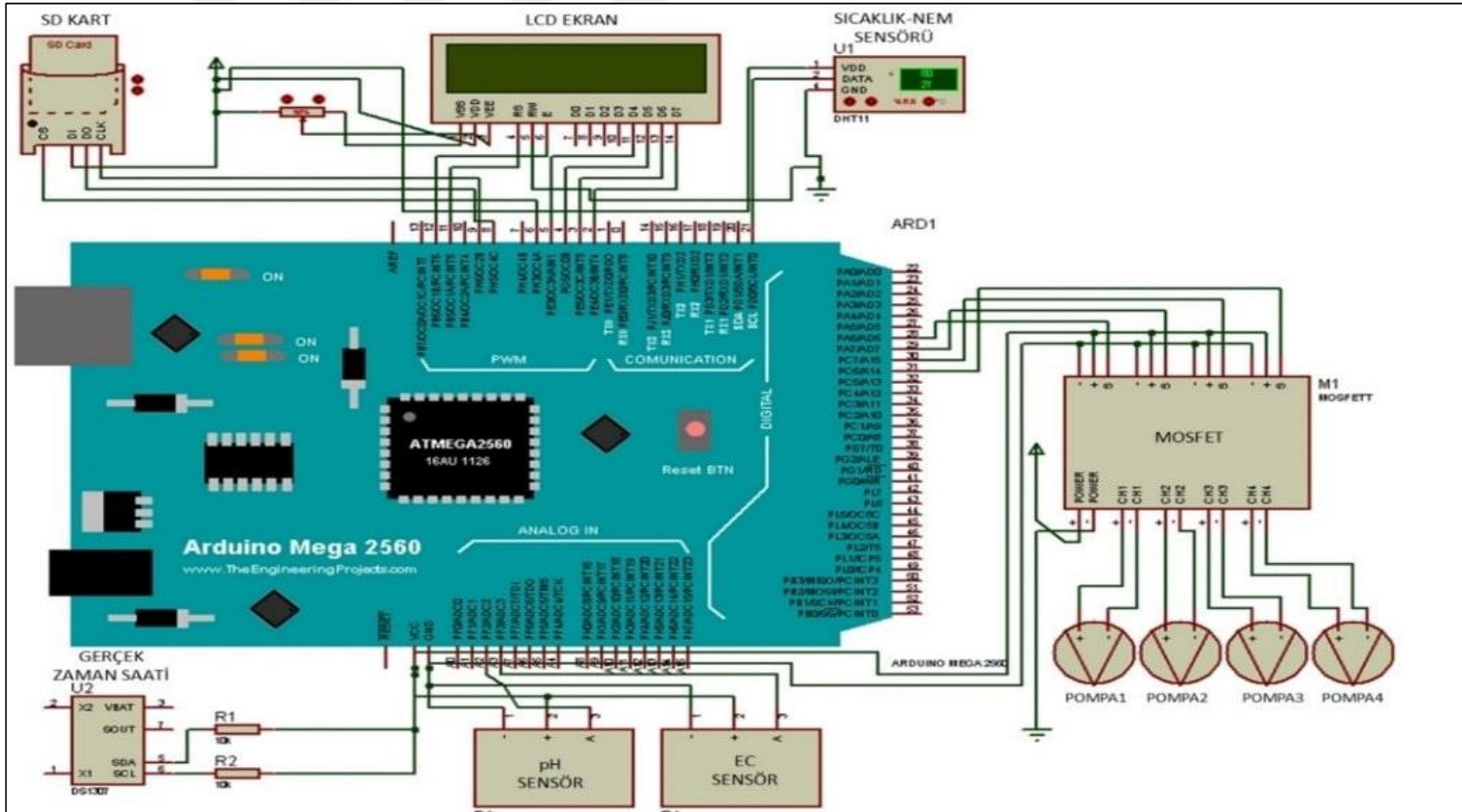
Şekil 3.38. Kontrol sistemi

Liquid Crystal Display (LCD) ekran, üzerinde pH ve EC değerlerinin okunması için kullanılmıştır. Sistemde kullanılan bileşenler için detaylı açıklama bölüm 3.4'te verilmiştir. Şekil 3.39'da LCD ekran üzerinde değerlerin görüldüğü bir görüntü verilmiştir.



Şekil 3.39. LCD ekranda pH ve EC değerleri

Gerçek zaman saati (RTC) ile sistemin çalışma ve kapanma saatlerinin, pompalarının çalışma zamanlarının ayarlanabilmesi için kullanılmıştır. Sıcaklık-nem sensörü ile deneyin yapıldığı ortamın sıcaklık ve nem değerleri ölçülerek sd card modülüne takılan karta kaydedilmiştir. Pompaların çalışabilmesi için sürücü olarak MOSFET kullanılmıştır. Pompalar ile pH ve EC değerlerinin sağlanabilmesi için asit ve baz tanklarından ana tanka aktarım yapılmıştır. Ana tanktan PVC borulara sıvıyı aktarmak için de pompa kullanılmıştır. Şekil 3.40'ta sisteme ait bağlantı şeması görülmektedir.



Şekil 3.40. Kontrol sistemi bağlantı şeması

3.7. Deneyin Yapılışı

Sistemin ilk olarak mekanik ve sıhhi tesisatı ardından da elektronik kontrol sistemi kurulmuştur. Tez çalışmasında iki farklı zamanda deney gerçekleştirilmiştir. Deney tarihlerinden önce 1 haftalık süreçlerde fesleğen tohumları çimlendirilmiştir. Şekil 3.41’de fesleğen tohumlarının çimlenmiş halleri görülmektedir.



Şekil 3.41. Fesleğen tohumlarının çimlenmesi

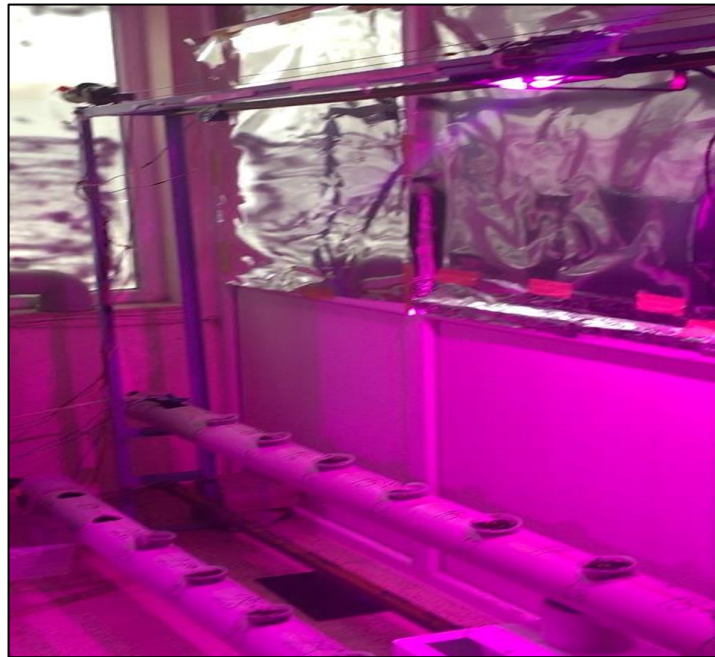
3.7.1. Deney 1 (motor hızı %100)

İlk deneye 27 Ocak 2020 tarihinde başlanmıştır. 27 Ocak 2020 tarihinden önceki 1 haftalık süreçte fesleğen tohumları çimlendirilmiştir. Fesleğen tohumları çimlendirildikten sonra deneysel çalışmanın gerçekleştirileceği laboratuvar ortamına getirilerek PVC borulara yerleştirilmiştir. Deneyde 2 farklı sistem bulunmaktadır. Birinci sistemde tasarlanan LED ışık sabit şekilde 2 katlı raf PVC boruların tam ortasında konumlanarak çalıştırılmıştır. Şekil 3.42’de birinci sistemdeki sabit LED ışık sistemi görülmektedir.



Şekil 3.42. Sabit LED ışık sistemi (sistem 1)

İkinci sistemde ise yapay ışık armatürü bitkiler üzerinde bir hat boyunca hareket ettirilmiştir. Bu hareket hızı 1. Deneyde %100 olarak yani 0.047 m/sn'de uygulanmıştır. Şekil 3.43'te hareketli ışık sistemi görülmektedir. Bu sistemde armatür, sistemi bir uçtan diğer uca 50 sn'de gitmekte ve toplamda hareketin periyodu 100 sn olmaktadır.



Şekil 3.43. Hareketli LED ışık sistemi (sistem 2)

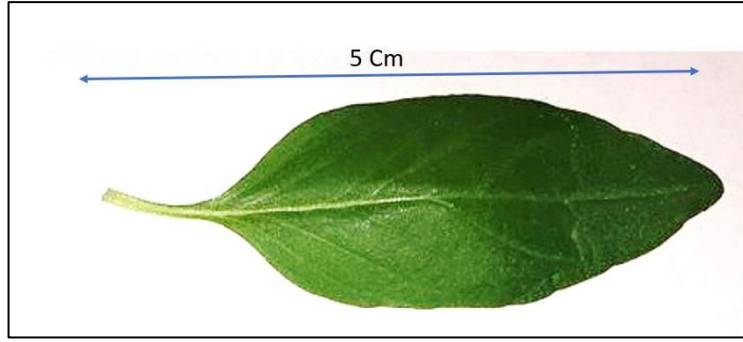
Birinci deney 27 Ocak 2020-16 Mart 2020 tarihleri arasında gerçekleşmiştir. Şekil 3.44'te birinci deney sonunda sabit ışık sisteminden rastgele seçilen 2 tane fesleğenin görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.44. Birinci deney sonunda sabit ışık sisteminden rastgele seçilen 2 tane fesleğen görüntüsü

Birinci deneyde sistemdeki tüm bitkilerin gelişimini takip etmek amacıyla haftada iki kez görüntüler alınıp görüntü işleme yöntemleri kullanılarak analizler yapılmıştır.

Şekil 3.45'te 1. deney sonunda sabit sistemden rastgele seçilen fesleğenin yaprak uzunluğunun görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.45. Fesleğen yaprak uzunluğu (1. deney)

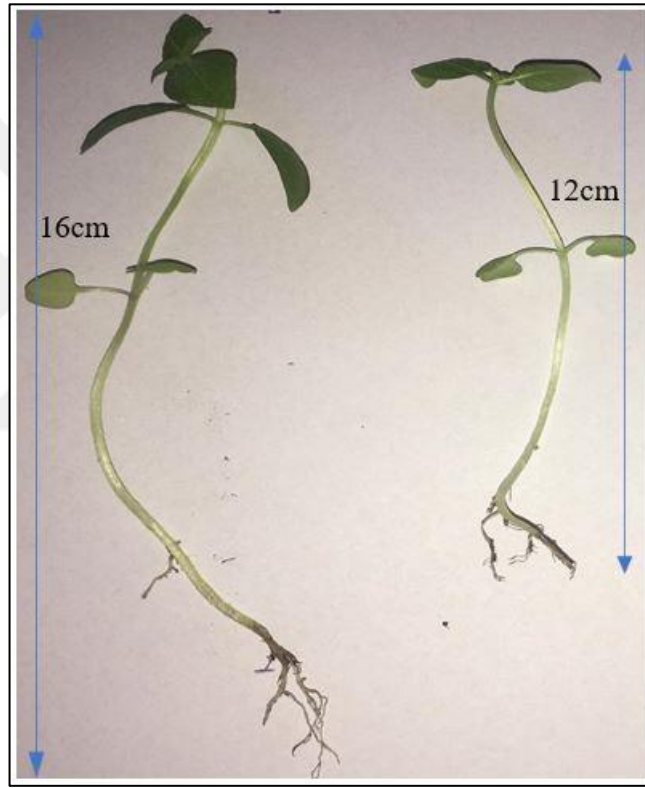
Şekil 3.46’da birinci deney sonunda hareketli ışık sisteminden rastgele seçilen iki fesleğenin görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.46. Fesleğen boy uzunluğu (1. deney)

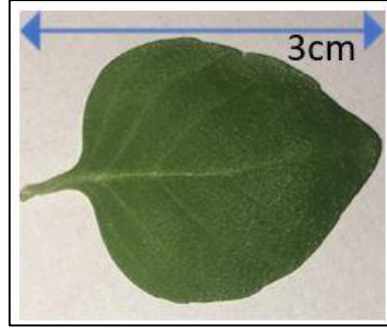
3.7.2. Deney 2 (motor hızı %50)

İkinci deneye 15 Temmuz 2020 tarihinde başlanmıştır. 2.deneyde ilk deneyden farklı olarak 1.deneyde armatürün hareketini sağlayan motorun hızı %100 iken 2. deneyde bu hız %50'ye düşürülmüştür. Buradaki armatürün hareket hızı ise 0.0235 m/sn'dir. Bu uygulamada da bitkilerin görüntülerinin alınması işlemi hafta da 2 kez olmak üzere yapılmıştır. İkinci deney 15 Temmuz 2020-27 Ağustos 2020 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.47'de ikinci deney sonunda sabit ışık sisteminden rastgele iki fesleğenin görüntüsü verilmiştir.



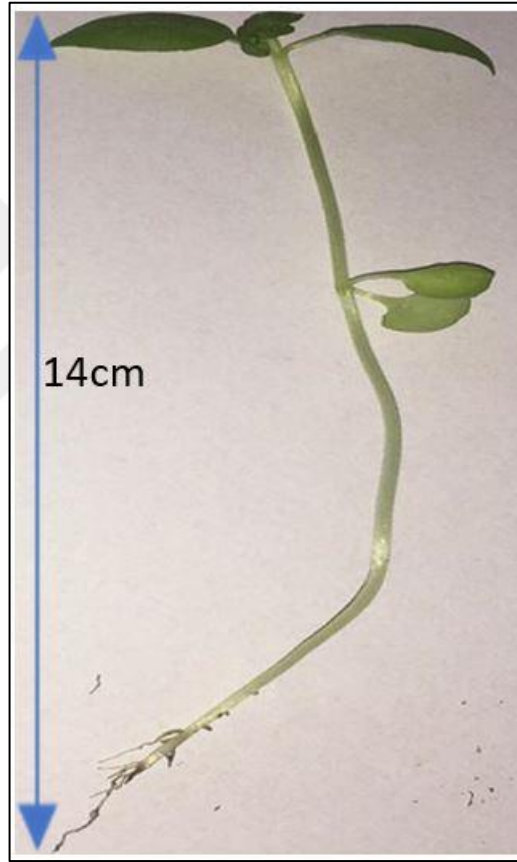
Şekil 3.47. İkinci deney sonunda sabit ışık sisteminden rastgele iki fesleğenin görüntüsü

Şekil 3.48'de ikinci deneyin sabit sisteminden fesleğenin yaprak görüntüsü verilmiştir.



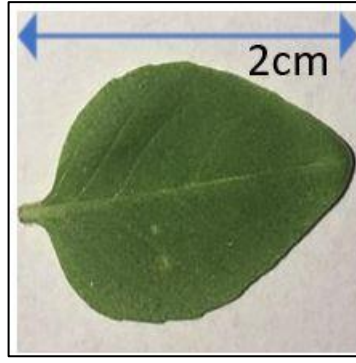
Şekil 3.48. İkinci deneyin sabit sisteminden fesleğenin yaprak uzunluğu

Şekil 3.49’da ikinci deney hareketli sistemden fesleğenin görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.49. İkinci deney hareketli sistemden fesleğenin görüntüsü

Şekil 3.50’de ikinci deneyin hareketli sisteminden fesleğenin yaprak görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.50. İkinci deneyin hareketli sisteminden fesleğenin yaprak uzunluğu

Birinci (27.01.2020-16.03.2020) ve ikinci (15.07.2020-27.08.2020) deneyler süresince her hafta bitkilerin boy ölçümleri yapılmıştır. Fesleğenlerin haftalık boy uzunlukları da tespit edilmiştir. Şekil 3.51’de sabit ışık sisteminde ki fesleğenlerin önden görünüşleri verilmiştir.



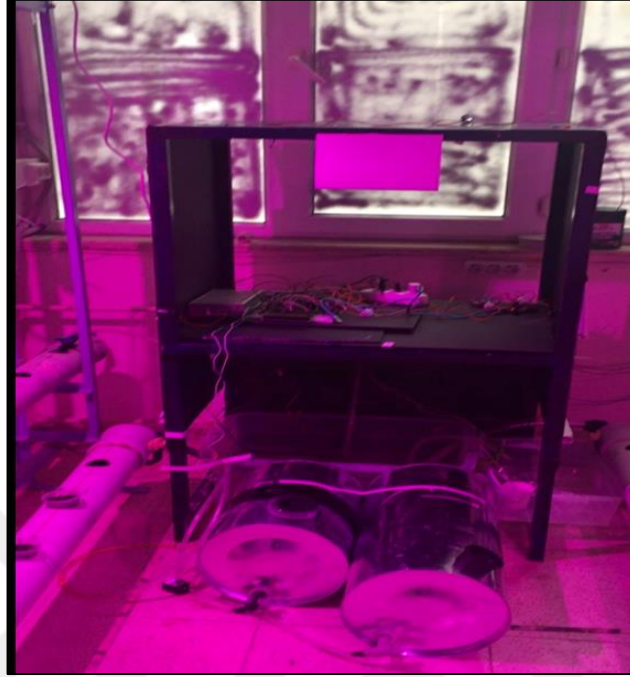
Şekil 3.51. Sabit ışık sistemindeki fesleğenler

Şekil 3.52’de hareketli ışık sistemindeki fesleğenlerin önden görünüşleri verilmiştir.



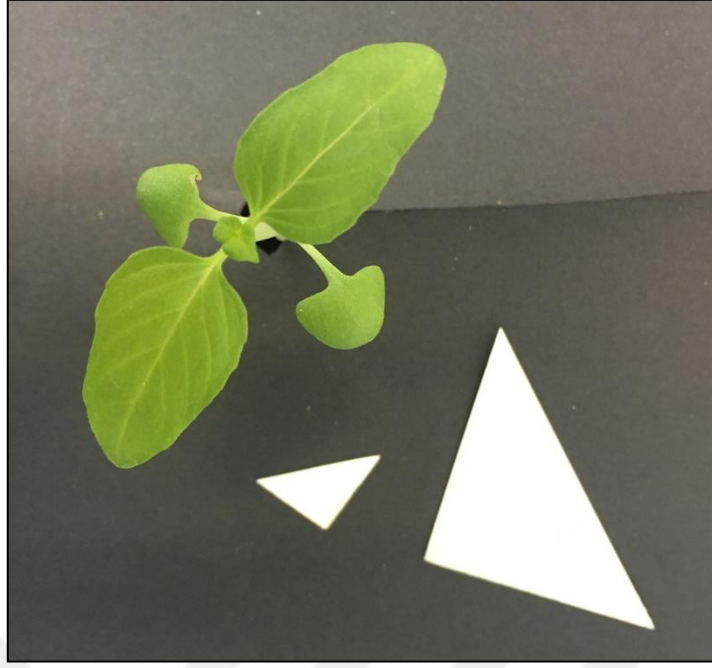
Şekil 3.52. Hareketli ışık sistemindeki fesleğenler

Şekil 3.53'te üst rafta sistemin kontrol sistemi, alt rafta ana tank, asit ve baz tankları bulunmaktadır.



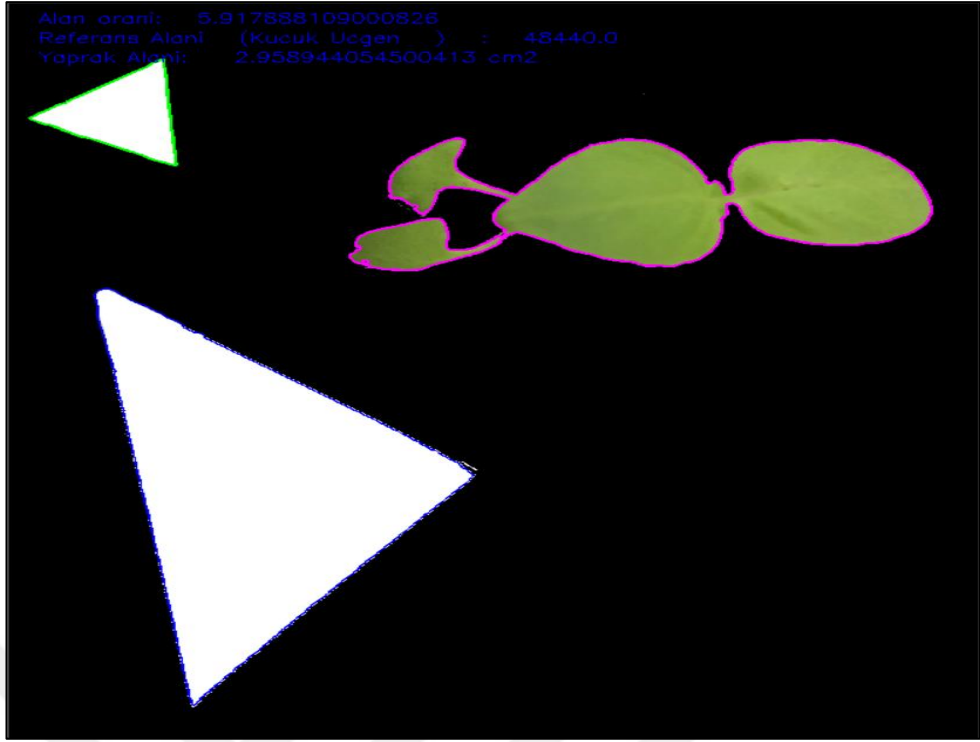
Şekil 3.53. Kontrol sistemi ve tanklar

Fesleğenlerin her hafta 2 kez görüntüleri alınmıştır. Elde edilen görüntüler üzerinde açık kaynak kodlu Python programlama dilinde yer nalan OpenCv kütüphanesi kullanılarak hazırlanan kod ile yaprak boyutları tespit edilmiştir. Şekil 3.54'te de görüldüğü gibi her bir fesleğen için görüntüler tek tek alınmıştır. Şekil 3.54'te görüldüğü gibi yaprak boyutlarını belirleme de iki adet referans üçgen kullanılmıştır. Bu üçgenlerden küçük olanın kenar uzunlukları 1.5 cm, büyük üçgenin kenar uzunlukları 3 cm olarak belirlenmiştir. Fesleğenlerden elde edilen görüntüler Python programlama dilinde hazırlanan kod ile belirlenen iki farklı üçgen boyutuna göre hesaplanmıştır. Ayrıca görüntü alınırken arka fonda başka renkteki nesnelerin tespit edilerek yanlış bir ölçüm yapılmaması için siyah bir fon kullanılmıştır.

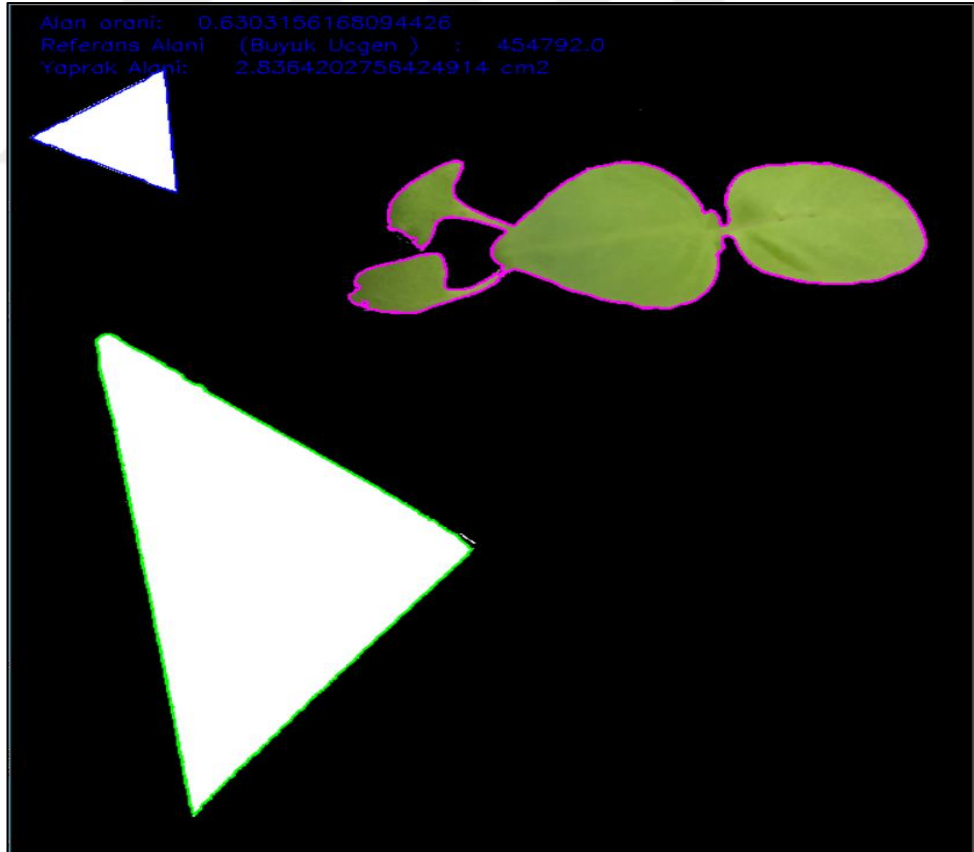


Şekil 3.54. Görüntü işleme için alınan fesleğen görüntüsü

Python programlama dilinde hazırlanan kod kullanılarak fesleğen bitkisi için örnek üçgenlere göre elde edilen ölçüm değerlerine ait örnek görsel Şekil 3.55 ve Şekil 3.56'da verilmiştir. Şekil 3.55 incelendiğinde hazırlanan yazılımın kenar çizgileri tespit edilen fesleğen bitkisi üzerinde küçük üçgeni, Şekil 3.56 incelendiğinde büyük üçgeni referans olarak kullandığı belirlenmiştir.



Şekil 3.55. Görüntü işleme tekniği kullanılarak fesleğenin boyut analizi



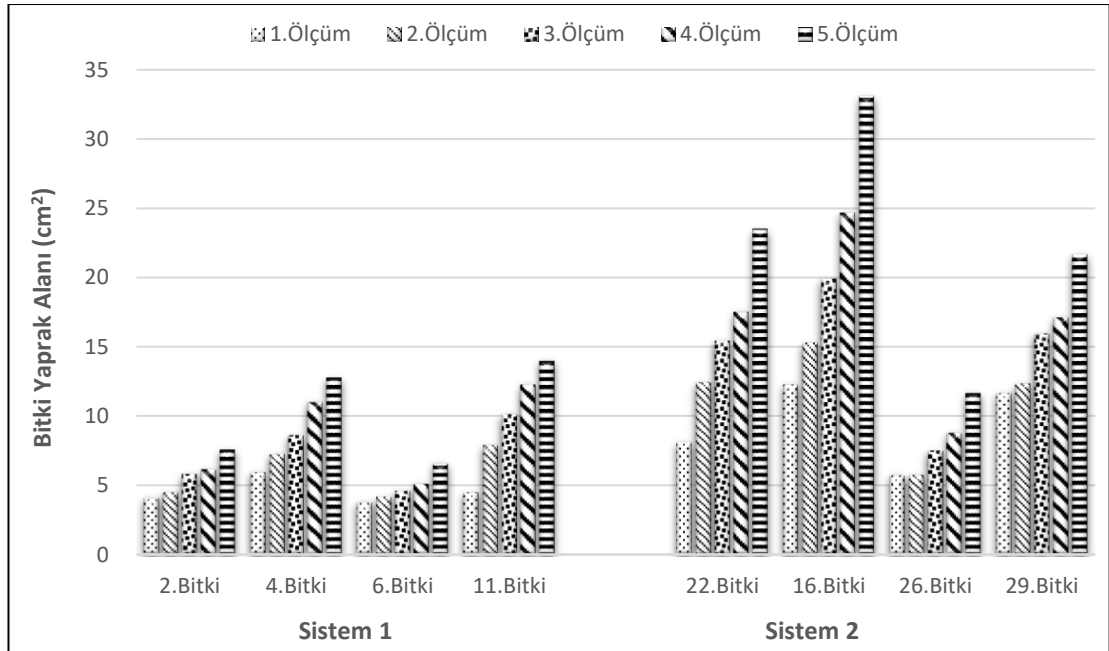
Şekil 3.56. Görüntü işleme tekniği ile boyut analizi

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Fesleğen Bitkisi Yaprak Alanlarının Kıyaslanması

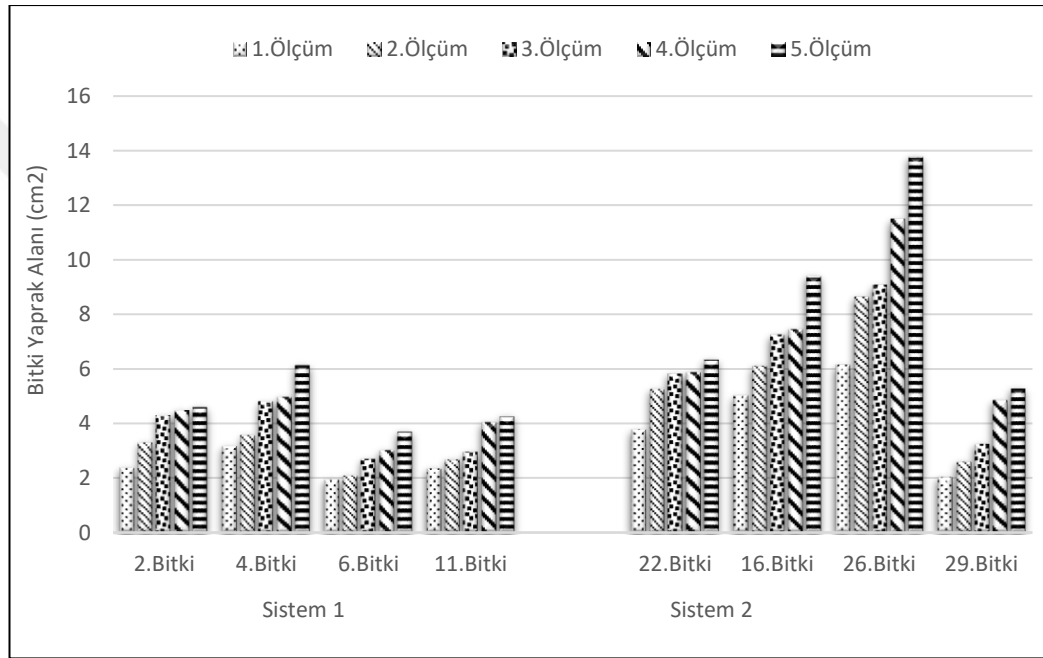
Hareketli yapay ışık armatürünün hareket hızının farklı olması durumunda yapılan 2 farklı uygulamanın fesleğen bitkisinin gelişimi üzerine etkilerinin gözlemlendiği deneylerde sabit ve hareketli sistemlerden bitkiler seçilerek yaprak alanları incelenmiştir.

Şekil 4.1’de 27 Ocak 2020-16 Mart 2020 tarihleri arasında gerçekleştirilen 1. deneydeki bitkilerin yaprak alanlarında ki gelişim grafiği görülmektedir. Sistem 1’de sabit ışık sisteminde yetişen fesleğenler, sistem 2’de hareketli ışık sisteminde yetişen fesleğenler bulunmaktadır. Bu deneyde ki hareketli bölümün ışığının hareketini sağlayan motor hızı %100 olarak belirlenmiştir. Sabit sistemden seçilen bitkiler arasında en iyi yaprak alanı 13.99 cm² olarak görülmüştür. Hareketli alanda ise en iyi yaprak alanı 33.09 cm² olarak görülmüştür. Buna göre hareketli sistem sabit sisteme göre 2.36 oranından daha geniş bir yaprak alanına sahiptir.



Şekil 4.1. Deneyde yapılan ölçümlerden alınan yaprak alanı sonuçlarının sabit ve hareketli sistem için kıyaslanması

Şekil 4.2’de 15 Temmuz 2020-27 Ağustos 2020 tarihleri arasında gerçekleştirilen 2. deneydeki bitkilerin yaprak alanlarında ki gelişim görülmektedir. Sistem 1’de sabit ışık sisteminde yetişen fesleğenler, sistem 2’de hareketli ışık sisteminde yetişen fesleğenler bulunmaktadır. Bu deneyde ki hareketli bölümün ışığını hareket ettiren motorun hızı %50 olarak ayarlanarak çalıştırılmıştır. Sabit sistemden seçilen bitki alanlarında en iyi gelişim gösteren 6.13 cm²’dir. Hareketli ışık sisteminde yaprak alanı en iyi olan bitki 13.76 cm²’dir. Buna göre hareketli sistemde yetişen bitki yaprak alanının sabit sistemde yetişen bitki yaprak alanına oranı 2.24 olarak çıkmaktadır.

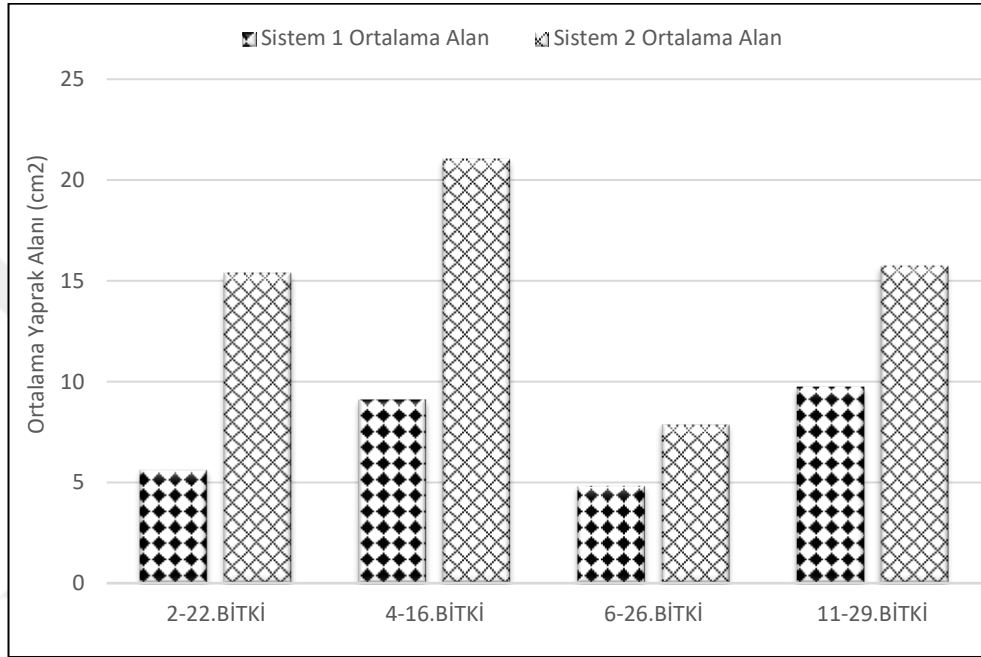


Şekil 4.2. Deneyde yapılan ölçümlerden alınan yaprak alanı sonuçlarının sabit ve hareketli sistem için kıyaslanması

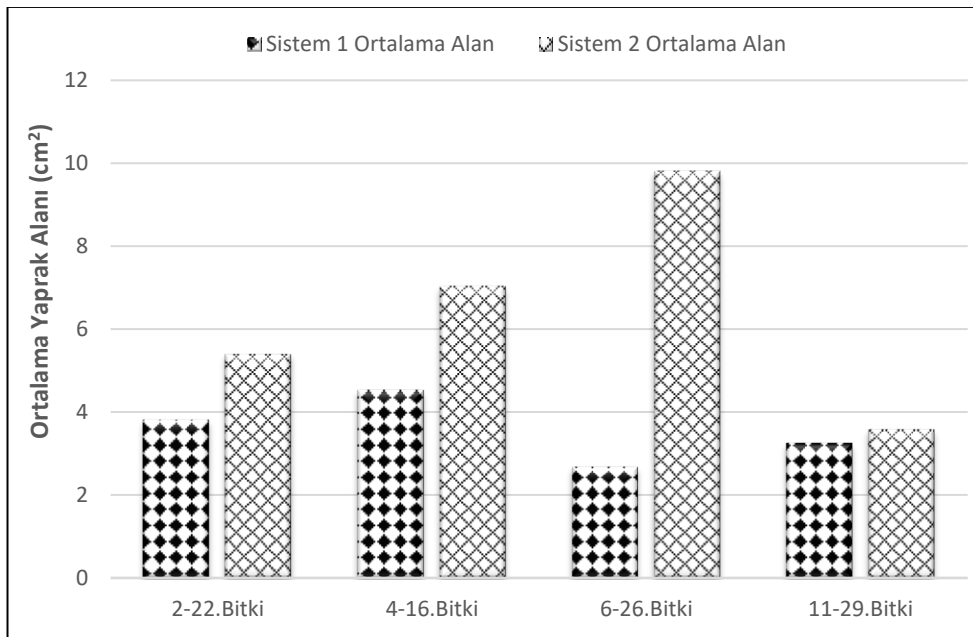
Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’ ye göre 1. ve 2. deneyde elde edilen en geniş yaprak alan oranlarının kıyaslaması yapılmıştır. Bu kıyaslama çok sağlıklı değildir. Bunun sebebi karşılaştırılan bitkilerin ışık kaynağına olan konumları yüzündendir. Yani sistemdeki en iyileri seçerek analiz yapmak sağlıklı sonuç vermeyecektir. Bunun yerine bitkileri önce Deney 1’de hareketli ve sabit, Deney 2’de hareketli ve sabit olmak üzere konumları aynı olanlar kıyaslanmıştır. Ardından Deney 1 ve Deney 2’nin sabit sistem bitki gelişimlerini ve sonrasında Deney 1 ve Deney 2’nin hareketli sistem bitki gelişimleri kıyaslanmış olup bunlar aşağıda verilmiştir.

Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'te 1. deneyde ve 2. deneyde yaprak alan ölçümlerinin ortalama olarak gösterimleri bulunmaktadır.

Sabit ışık sisteminden seçilen bitki ile konum olarak hareketli bölümden ona karşılık gelecek bitki seçilerek ortalama alanları karşılaştırılmıştır. 2. bitki ile 22. bitki, 4. bitki ile 16. bitki, 6. bitki ile 26. bitki, 11. bitki ile 29. bitki karşılaştırılmıştır.

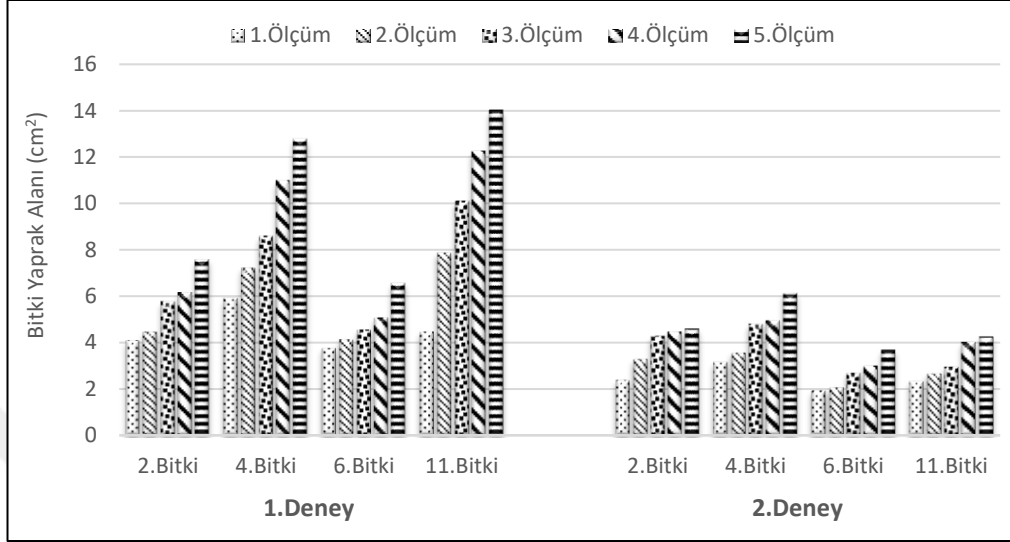


Şekil 4.3. Deney 1 ortalama alan



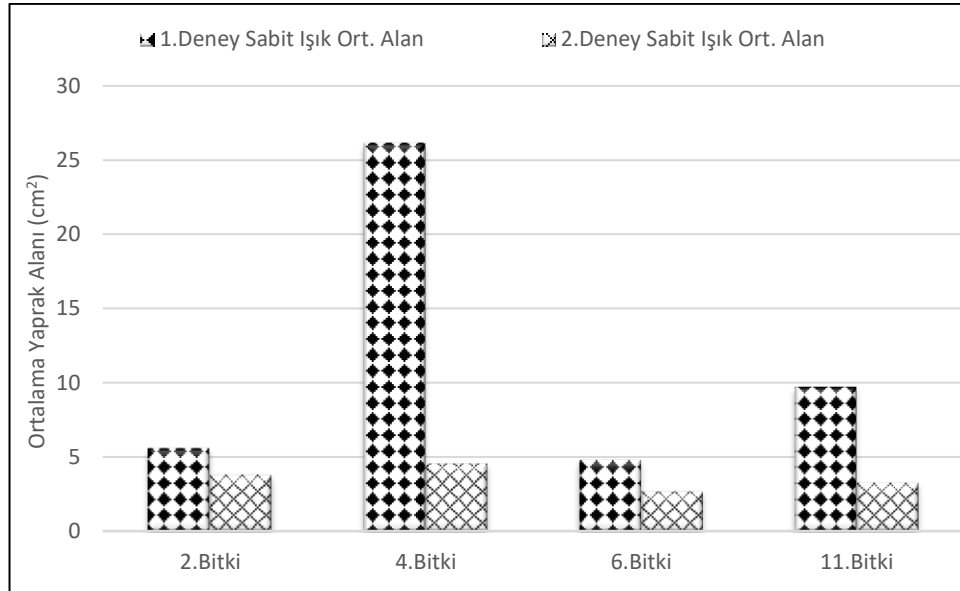
Şekil 4.4. Deney 2 ortalama alan

Şekil 4.5'te 2 deneyde de sabit ışık sisteminde bulunan bitkiler karşılaştırılmıştır. 1. deneydeki yaprak alanlarının 2. deneydeki yaprak alanlarına göre daha iyi gelişim gösterdiği gözlemlenmektedir.



Şekil 4.5. Sabit ışıktaki bitkilerin yaprak alanı

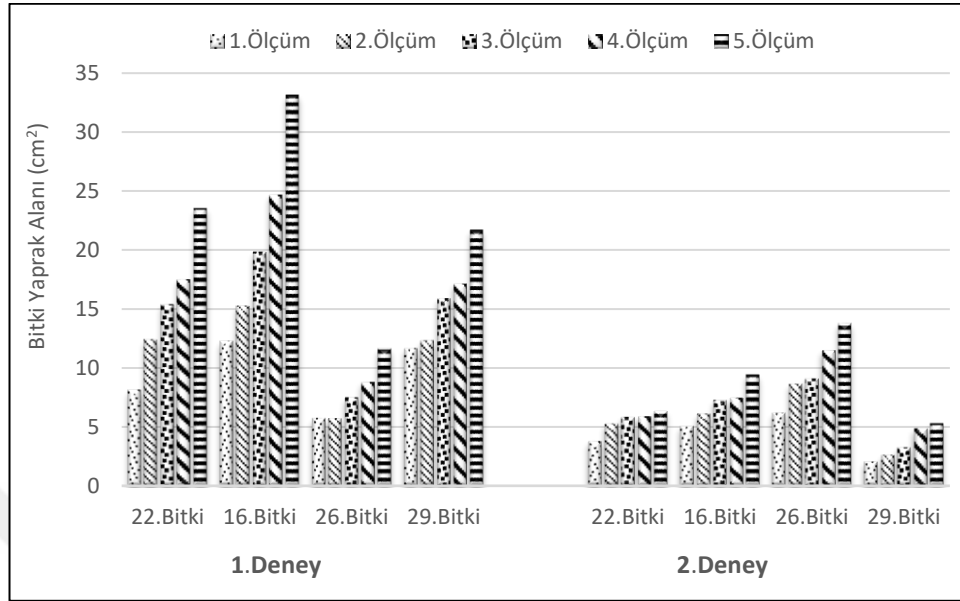
Şekil 4.6'da 1. deneyde ve 2. deneyde sabit ışık sisteminde yetişen fesleğenlerin ortalama yaprak alanları görülmektedir.



Şekil 4.6. Sabit ışıktaki bitkilerin ortalama alanı

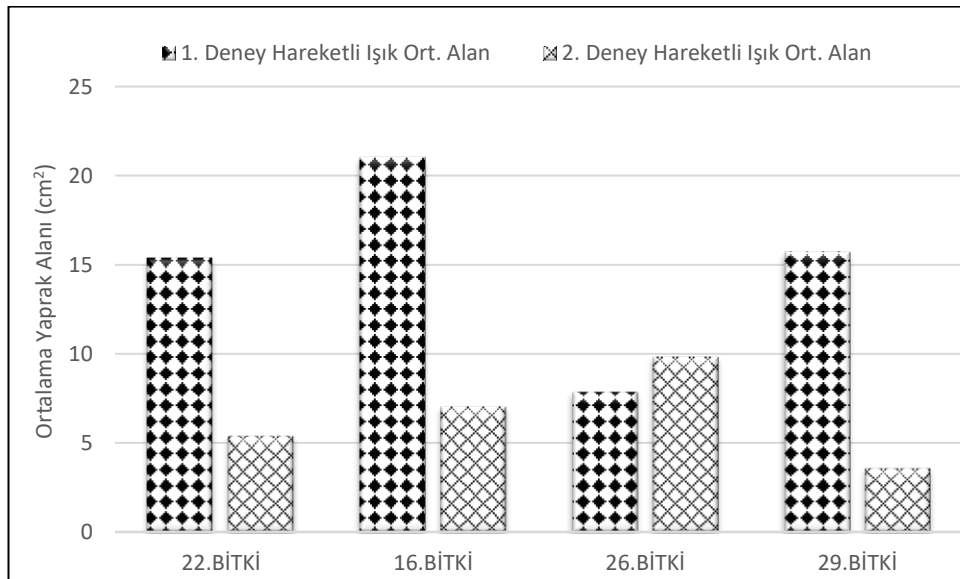
Şekil 4.7'de deney 1 ve deney 2'deki hareketli ışık sistemindeki fesleğenlerin yaprak alanları karşılaştırılmıştır. 1. deneyde hareketli ışığın motor hızı %100, 2. deneyde

hareketli ışığın motor hızı %50'dir. Burada da 1. deneydeki yaprak alan gelişimin 2. deneye göre daha iyi olduğu gözlemlenmektedir.



Şekil 4.7. Hareketli ışıktaki bitkilerin yaprak alanı

Şekil 4.8'de 1. deneyde %100 motor hızı ile çalışan hareketli ışık sisteminde yetişen fesleğenlerin ve 2. deneyde %50 motor hızı ile çalışan hareketli ışık sisteminde yetişen fesleğenlerin ortalama yaprak alanları gösterilmiştir. Şekil 4.8 incelendiğinde örnek olarak seçilen 4 bitki yerleşimi için 22., 16. ve 29. bitkilerde %100 motor hızında çalışan sistemdeki bitkilerin daha iyi gelişim gösterdiği gözlemlenmiştir. 26. bitkinin ise %50 motor hızında çalışan sistemin biraz daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

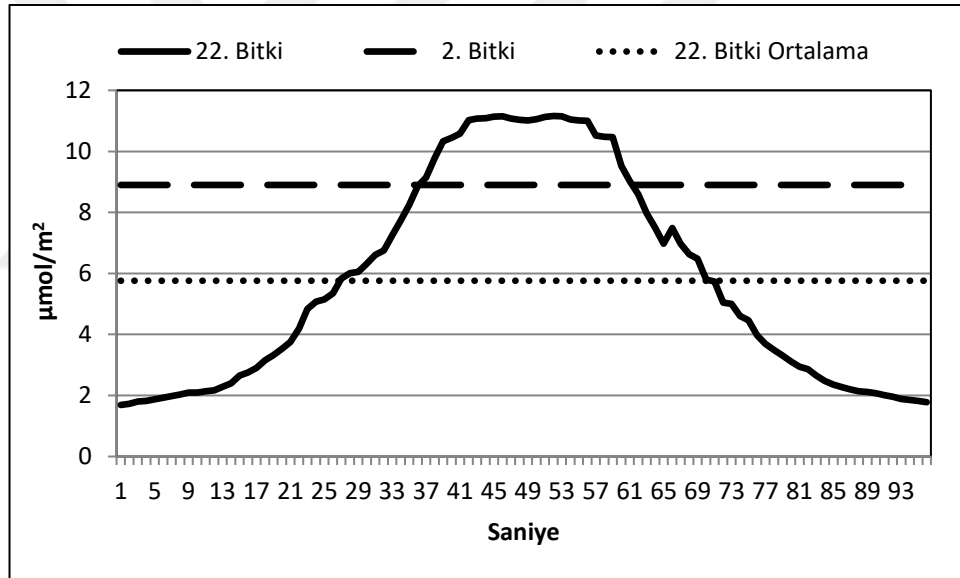


Şekil 4.8. Hareketli ışıktaki bitkilerin ortalama alanları

4.2. Fesleğen Bitkisi Üzerine Düşen Işık Miktarı ve Boy Uzunluklarının Kıyaslanması

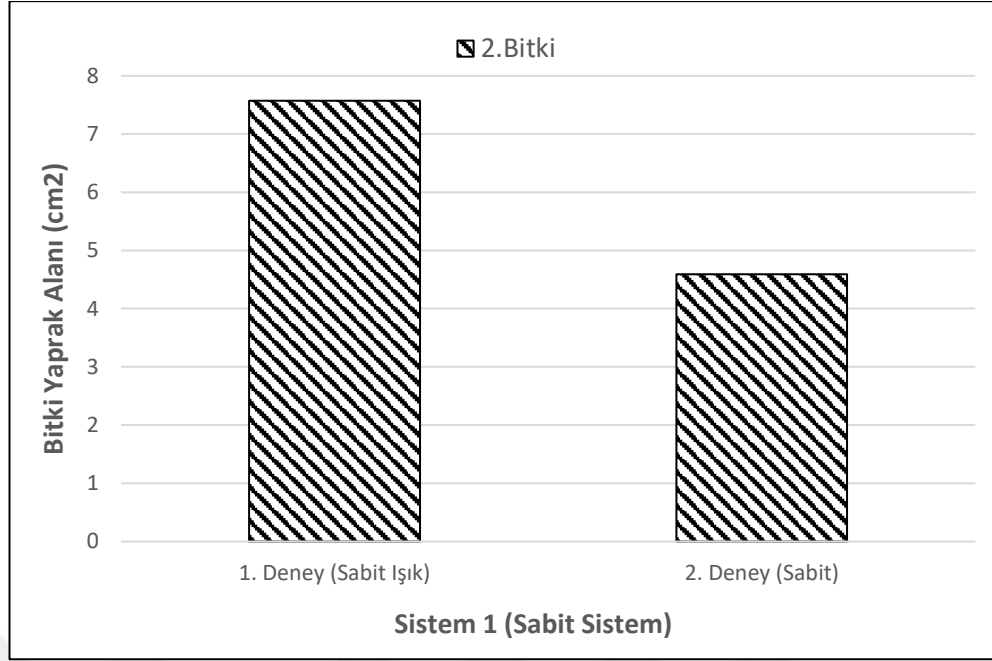
Bir bitkinin büyümesi ve yetişebilmesi için ışık oldukça önemlidir. Laboratuvar ortamında gerçekleştirilen deney için güneş ışığına en yakın yapay ışık tercih edilmiştir.

Şekil 4.9’da sabit ışık tarafındaki 2 numaralı bitki ve hareketli ışık tarafında 22 numaralı bitkinin üzerine %50 motor hızında düşen ışık miktarları görülmektedir. 22 numaralı fesleğen bitkisinin üzerindeki hareketli ışığın tam bir turunda üzerine düşen ışık miktarı ortalaması $5.76 \mu\text{mol}/\text{m}^2$ olarak hesaplanmıştır. 2 numaralı fesleğen bitkisi üzerinde sabit ışık kaynağı sürekli olarak $8.9 \mu\text{mol}/\text{m}^2$ olarak ölçülmüştür.



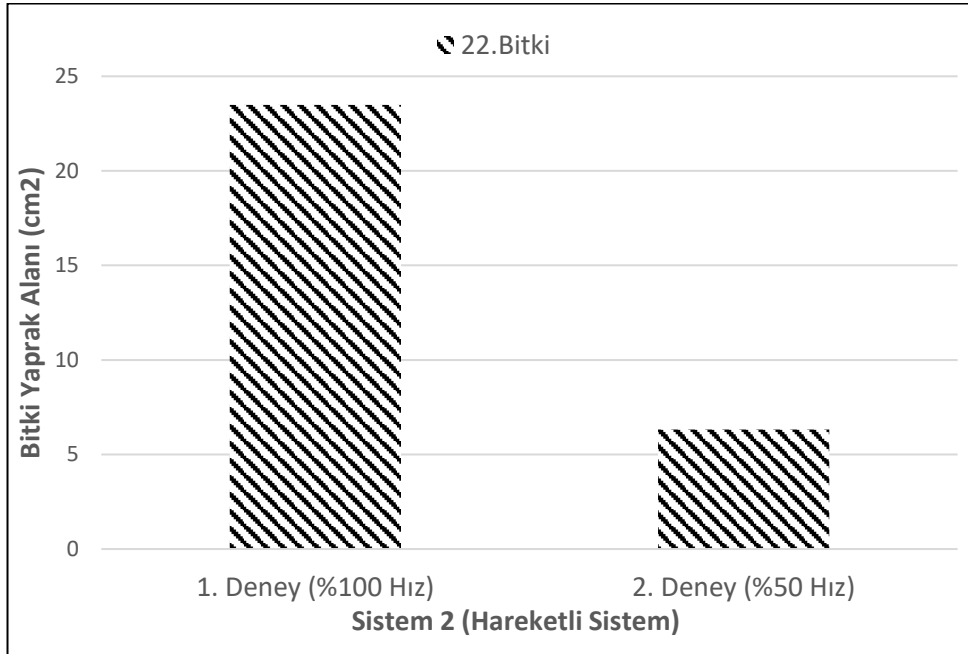
Şekil 4.9. Bitkiye düşen ışık miktarı (2-22 numaralı bitkiler)

Şekil 4.10’da 2 numaralı bitkinin son hafta yaprak alanı görülmektedir. 2 numaralı bitki sabit ışık altında bulunmaktadır. 1. deneyde yaprak alanı 7.57 cm^2 , 2. deneyde yaprak alanı 4.59 cm^2 olarak hesaplanmıştır.



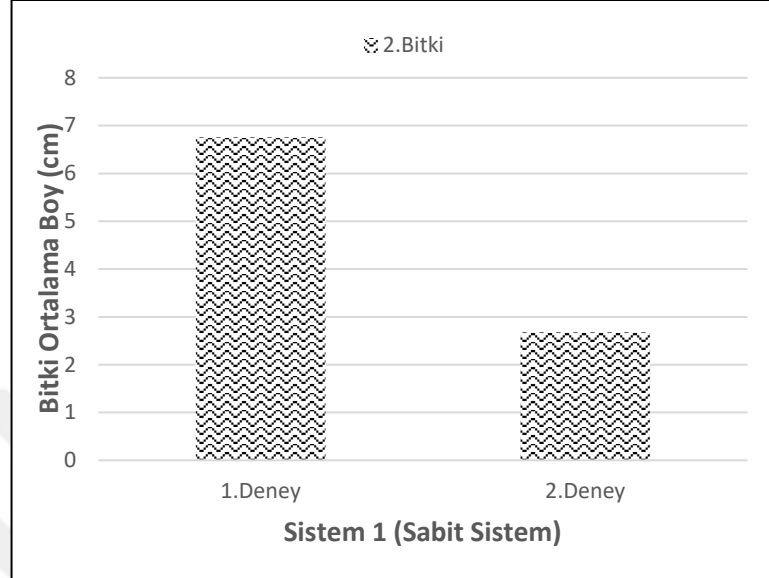
Şekil 4.10. Sabit sistemde 2 numaralı bitkinin yaprak alanı

Şekil 4.11’de 22 numaralı bitkinin son hafta yaprak alanı görülmektedir. 22 numaralı bitki 1. deneyde %100 motor hızı ile 2. deneyde %50 motor hızı ile çalışan ışık altında bulunmaktadır. 1. deneydeki yaprak alanı 23.49 cm², 2. deneydeki yaprak alanı 6.32cm² olarak hesaplanmıştır.



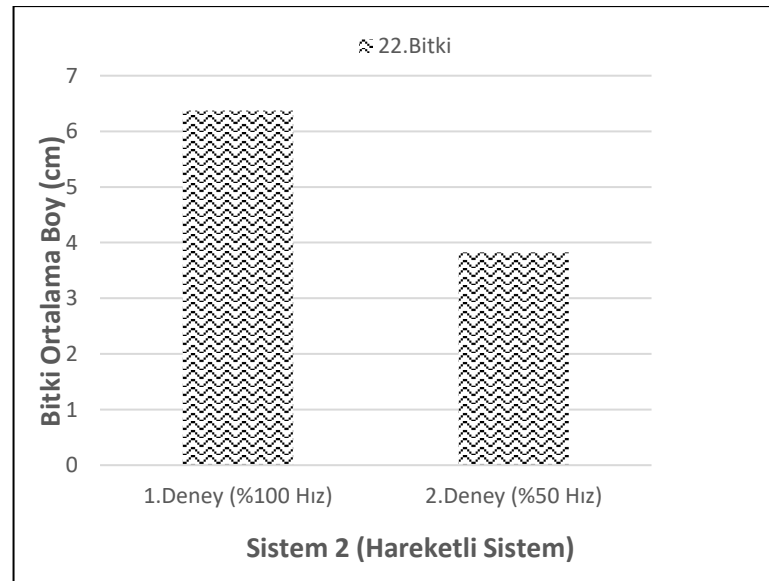
Şekil 4.11. Hareketli sistemde 22 numaralı bitkinin son haftadaki yaprak alanı

Şekil 4.12’de 2 numaralı bitkinin boy uzunluk ortalaması grafikte görülmektedir. Sabit sistemimdeki 1. deneyde 2 numaralı bitkinin ortalama boy uzunluğu 6.75 cm, 2 deneyde ise 2.67 cm olarak görülmektedir.



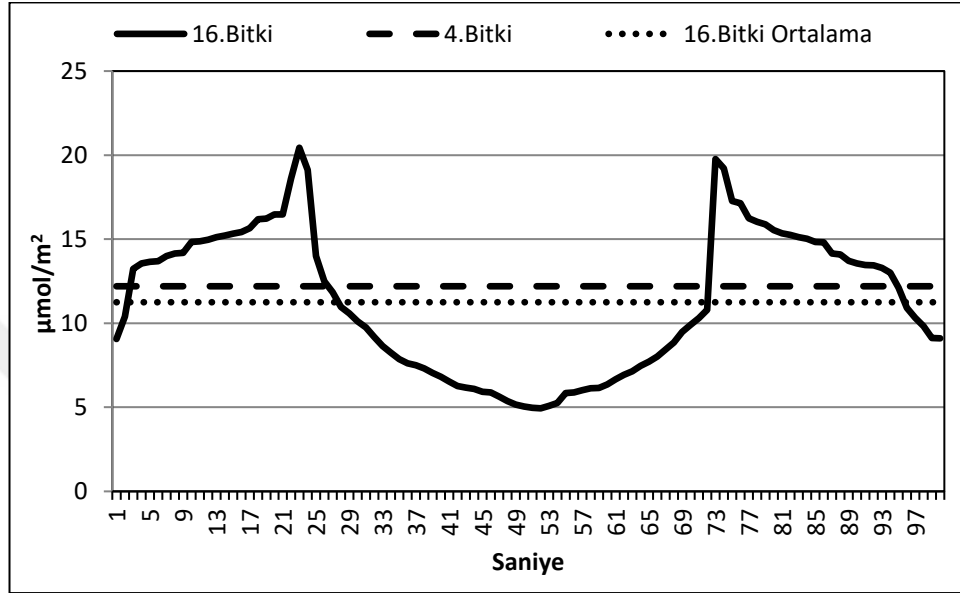
Şekil 4.12. Sabit sistemde 2 numaralı bitkinin ortalama boy uzunluğu

Şekil 4.13’te 22 numaralı bitkinin boy uzunluk ortalaması grafikte görülmektedir. Hareketli sistemde ki 22 numaralı bitki 1. deneyde %100 motor hızında ortalama boy uzunluğu 6.37 cm, 2. deneyde %50 motor hızında 3.82 cm olarak görülmektedir.



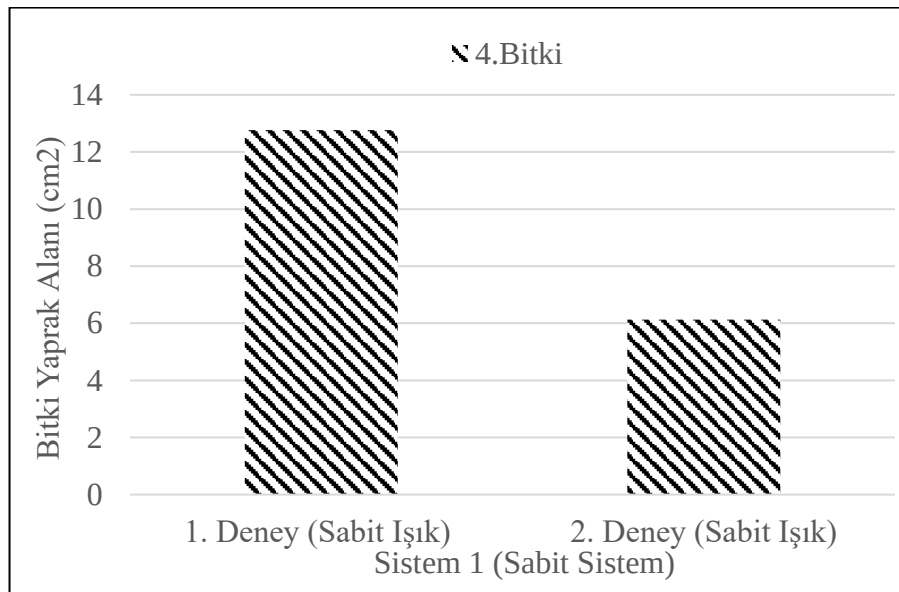
Şekil 4.13. Hareketli sistemde 22 numaralı bitkinin ortalama boy uzunluğu

Şekil 4.14'te; sabit ışık tarafındaki 4 numaralı bitki ve hareketli ışık tarafında 16 numaralı bitkinin üzerine düşen ışık miktarları görülmektedir. 16 numaralı fesleğen bitkisinin üzerindeki hareketli ışığın tam bir turunda üzerine düşen ışık miktarı ortalaması $11.24 \mu\text{mol}/\text{m}^2$ olarak hesaplanmıştır. 4 numaralı fesleğen bitkisi üzerinde sabit ışık kaynağı sürekli olarak $12.2 \mu\text{mol}/\text{m}^2$ olarak ölçülmüştür.



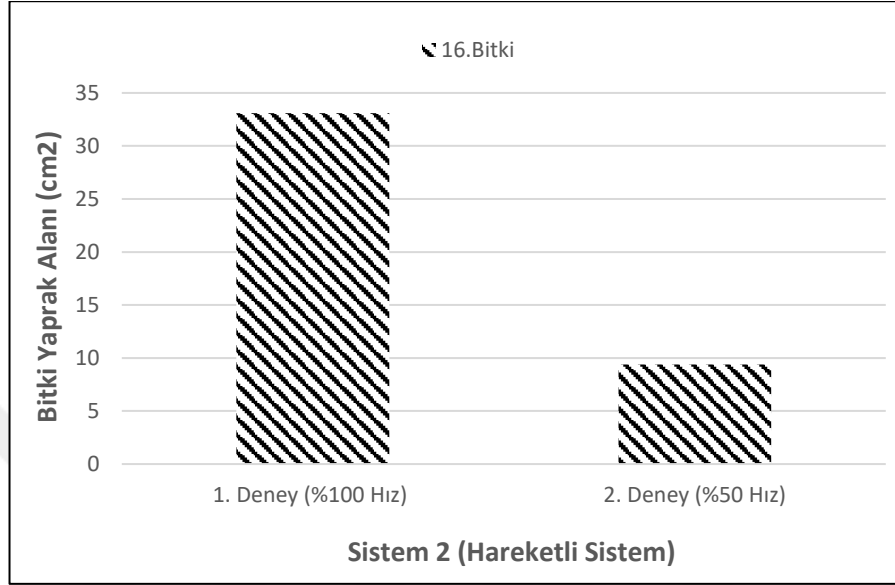
Şekil 4.14. Bitkiye düşen ışık miktarı (4-16 numaralı bitkiler)

Şekil 4.15'te 4 numaralı bitkinin son hafta yaprak alanı görülmektedir. 4 numaralı bitki sabit ışık altında bulunmaktadır. 1. deneyde yaprak alanı 12.76 cm^2 , 2. deneyde yaprak alanı 6.13 cm^2 olarak hesaplanmıştır.



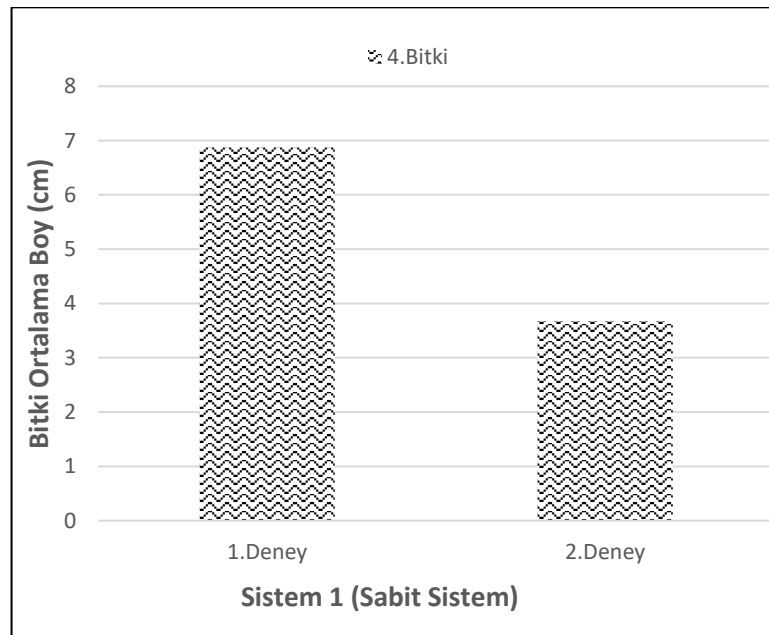
Şekil 4.15. Sabit sistemde 4 numaralı bitkinin yaprak alanı

Şekil 4.16’da 16 numaralı bitkinin son hafta yaparak alanı görülmektedir. 16 numaralı bitki 1. deneyde %100 motor hızı ile 2. deneyde %50 motor hızı ile çalışan ışık altında bulunmaktadır. 1. deneydeki yaprak alanı 33.09 cm^2 , 2. deneydeki yaprak alanı 9.4 cm^2 olarak hesaplanmıştır.



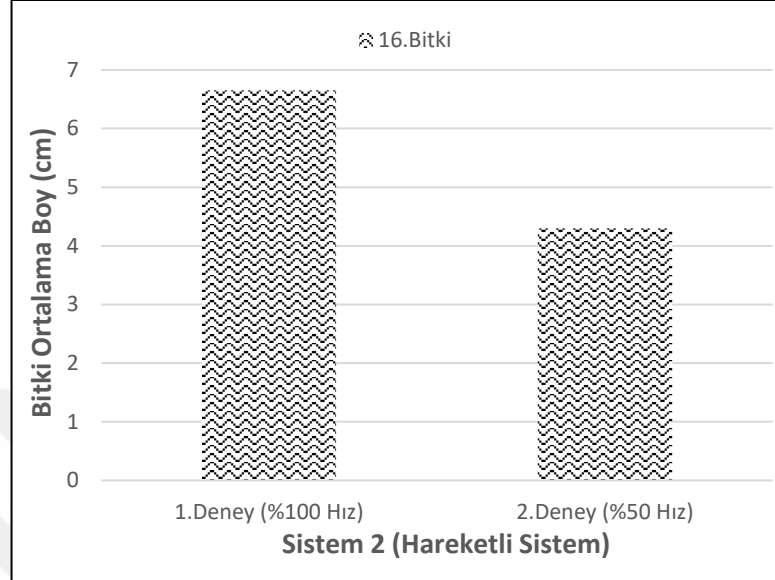
Şekil 4.16. Hareketli sistemde 16 numaralı bitkinin yaprak alanı

Şekil 4.17’de 4 numaralı bitkinin boy uzunluk ortalaması grafikte görülmektedir. Sabit sistemimdeki 1. deneyde 4 numaralı bitkinin ortalama boy uzunluğu 6.87 cm, 2. deneyde ise 3.67 cm olarak görülmektedir.



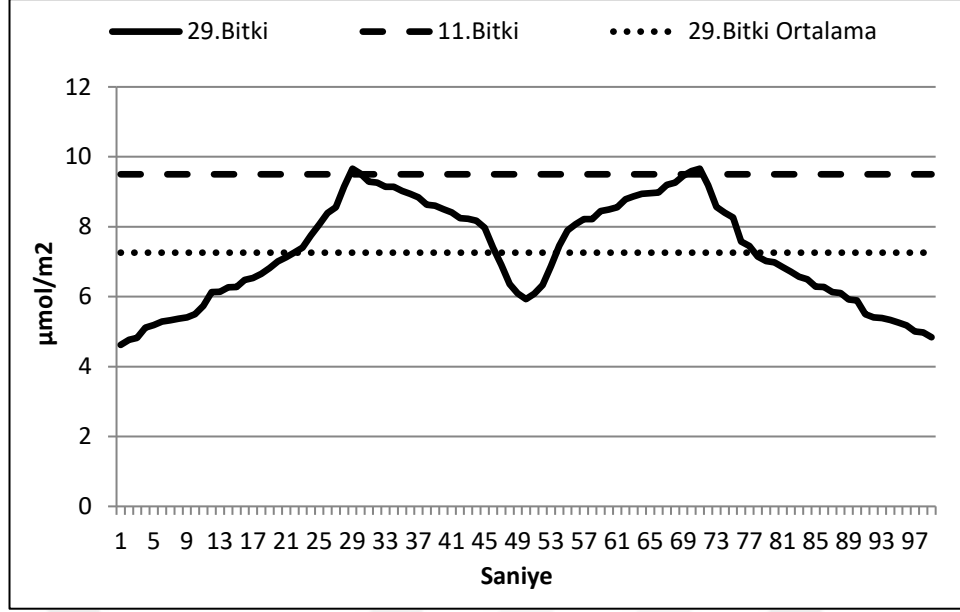
Şekil 4.17. Sabit sistemde 4 numaralı bitkinin ortalama boy uzunluğu

Şekil 4.18’de 16 numaralı bitkinin boy uzunluk ortalaması grafikte görülmektedir. Hareketli sistemde ki 16 numaralı bitki 1. deneyde %100 motor hızında ortalama boy uzunluğu 6.65 cm, 2. deneyde %50 motor hızında 4.3 cm olarak görülmektedir.



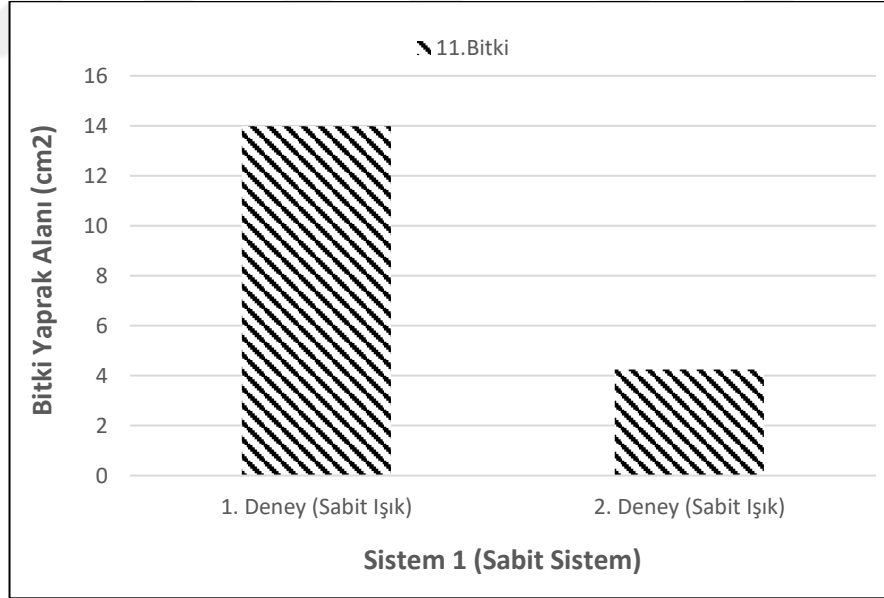
Şekil 4.18. Hareketli sistemde 16 numaralı bitkinin ortalama boy uzunluğu

Şekil 4.19’da; sabit ışık tarafındaki 11 numaralı bitki ve hareketli ışık tarafında konum olarak 11 numaralı bitkiye denk gelen 29 numaralı bitkinin üzerine düşen ışık miktarları görülmektedir. 29 numaralı fesleğen bitkisinin üzerindeki hareketli ışığın tam bir turunda üzerine düşen ışık miktarı ortalaması $7.25 \mu\text{mol}/\text{m}^2$ olarak hesaplanmıştır. 11 numaralı fesleğen bitkisi üzerinde sabit ışık kaynağı sürekli olarak $9.5 \mu\text{mol}/\text{m}^2$ olarak ölçülmüştür.



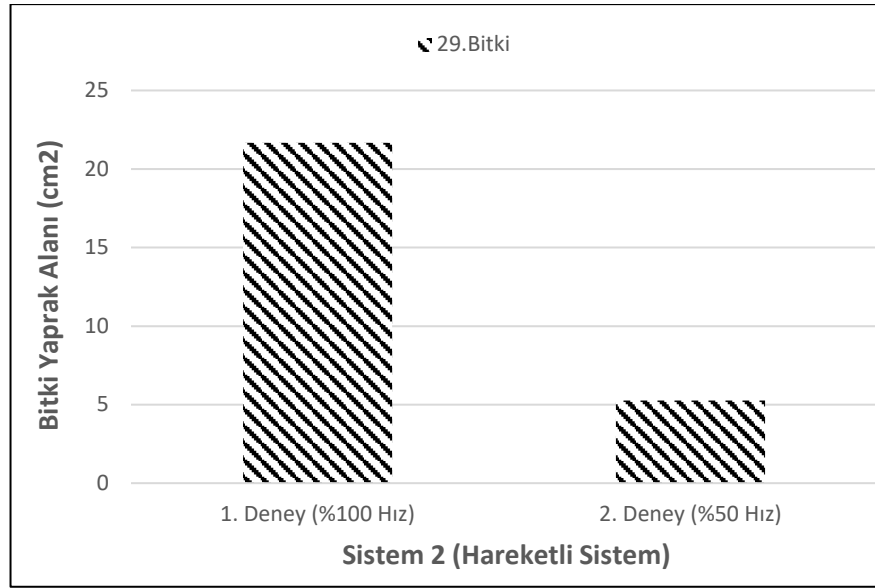
Şekil 4.19. Bitkiye düşen ışık miktarı (11-29 numaralı bitkiler)

Şekil 4.20’de 11 numaralı bitkinin son hafta yaprak alanı görülmektedir. 11 numaralı bitki sabit ışık altında bulunmaktadır. 1. deneyde yaprak alanı 13.99 cm^2 , 2. deneyde yaprak alanı 4.25 cm^2 olarak hesaplanmıştır.



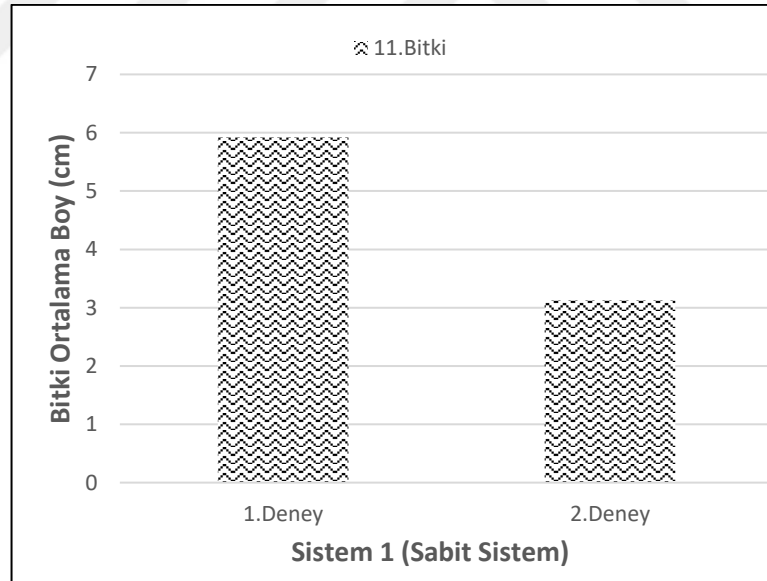
Şekil 4.20. Sabit sistemde 11 numaralı bitkinin yaprak alanı

Şekil 4.21’de 29 numaralı bitkinin son hafta yaprak alanı görülmektedir. 29 numaralı bitki 1. deneyde %100 motor hızı ile 2. deneyde %50 motor hızı ile çalışan ışık altında bulunmaktadır. 1 deneydeki yaprak alanı 21.67 cm^2 , 2. deneydeki yaprak alanı 5.27 cm^2 olarak hesaplanmıştır.



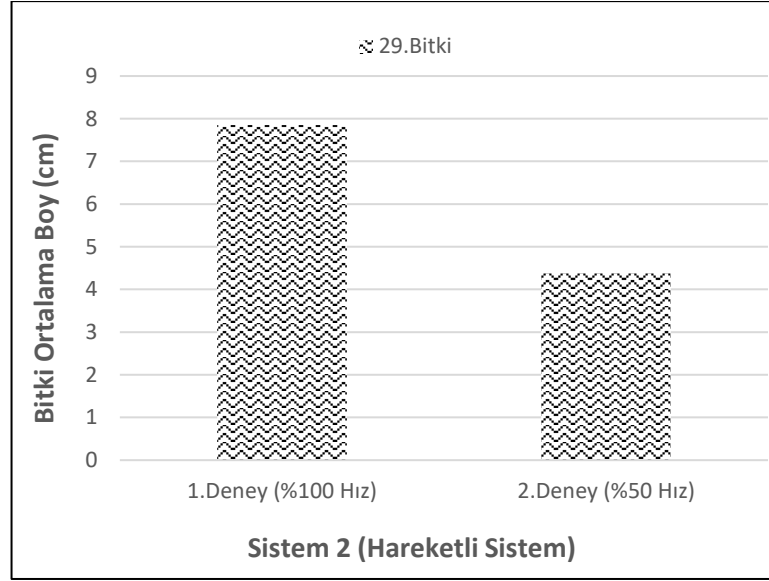
Şekil 4.21. Hareketli sistemde 29 numaralı bitkinin yaprak alanı

Şekil 4.22’de 11 numaralı bitkinin boy uzunluk ortalaması grafikte görülmektedir. Sabit sistemimdeki 1. deneyde 11 numaralı bitkinin ortalama boy uzunluğu 5.92 cm, 2. deneyde ise 3.12 cm olarak görülmektedir.



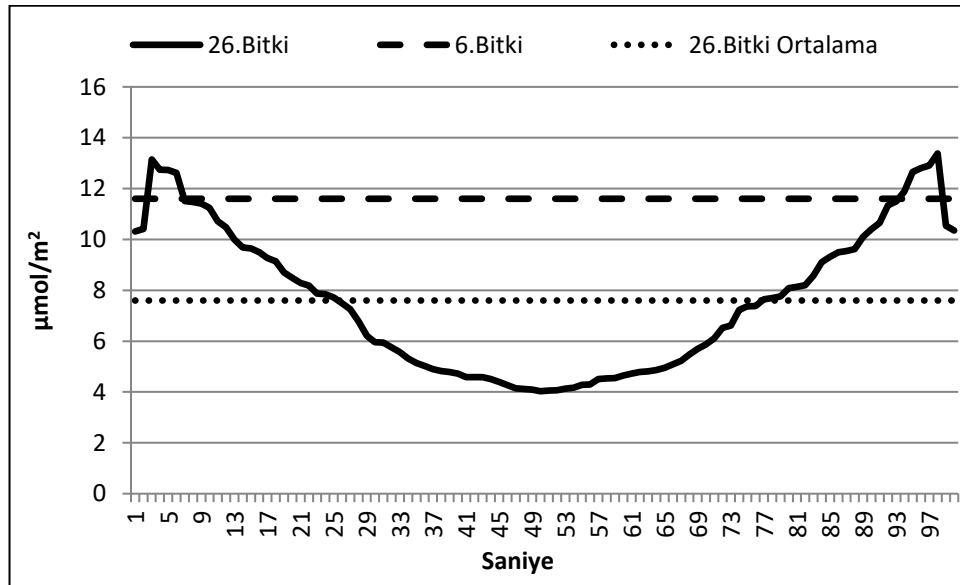
Şekil 4.22. Sabit sistemde 11 numaralı bitkinin ortalama boy uzunluğu

Şekil 4.23’te 29 numaralı bitkinin boy uzunluk ortalaması grafikte görülmektedir. Hareketli sistemde ki 29 numaralı bitki 1. deneyde %100 motor hızında ortalama boy uzunluğu 7.85 cm, 2. deneyde %50 motor hızında 4.37 cm olarak görülmektedir.



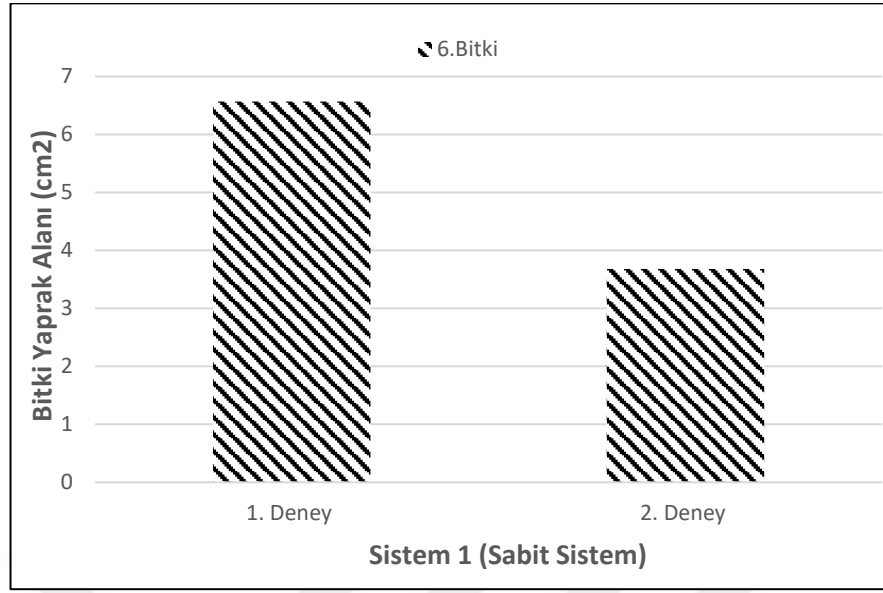
Şekil 4.23. Hareketli sistemde 29 numaralı bitkinin ortalama boy uzunluğu

Şekil 4.24'te; sabit ışık tarafındaki 6 numaralı bitki ve hareketli ışık tarafında 26 numaralı bitkinin üzerine düşen ışık miktarları görülmektedir. 26 numaralı fesleğen bitkisinin üzerindeki hareketli ışığın tam bir turunda üzerine düşen ışık miktarı ortalaması $7.59 \mu\text{mol}/\text{m}^2$ olarak hesaplanmıştır. 6 numaralı fesleğen bitkisi üzerinde sabit ışık kaynağı sürekli olarak $11.6 \mu\text{mol}/\text{m}^2$ olarak ölçülmüştür.



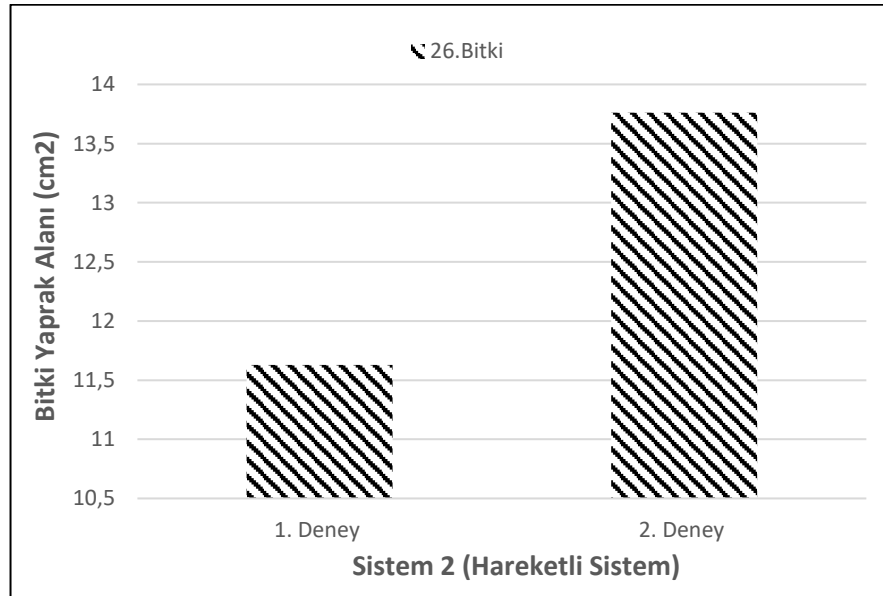
Şekil 4.24. Bitkiye düşen ışık miktarı (6-26 numaralı bitkiler)

Şekil 4.25'te 6 numaralı bitkinin son hafta yaprak alanı görülmektedir. 6 numaralı bitki sabit ışık altında bulunmaktadır. 1. deneyde yaprak alanı 6.57 cm^2 , 2. deneyde yaprak alanı 3.68 cm^2 olarak hesaplanmıştır.



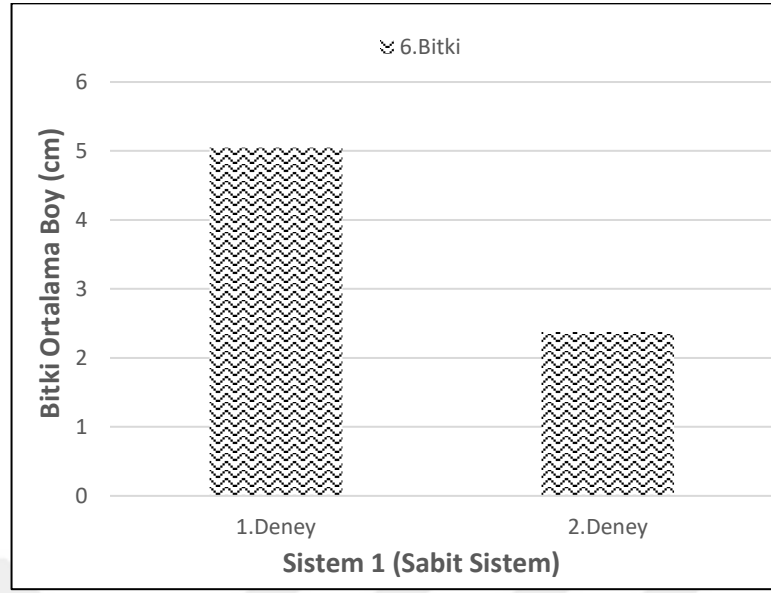
Şekil 4.25. Sabit sistemde 6 numaralı bitkinin yaprak alanı

Şekil 4.26’da 26 numaralı bitkinin son hafta yaprak alanı görülmektedir. 26 numaralı bitki 1. deneyde %100 motor hızı ile 2. deneyde %50 motor hızı ile çalışan ışık altında bulunmaktadır. 1. deneydeki yaprak alanı 11.63 cm², 2. deneydeki yaprak alanı 13.76 cm² olarak hesaplanmıştır.



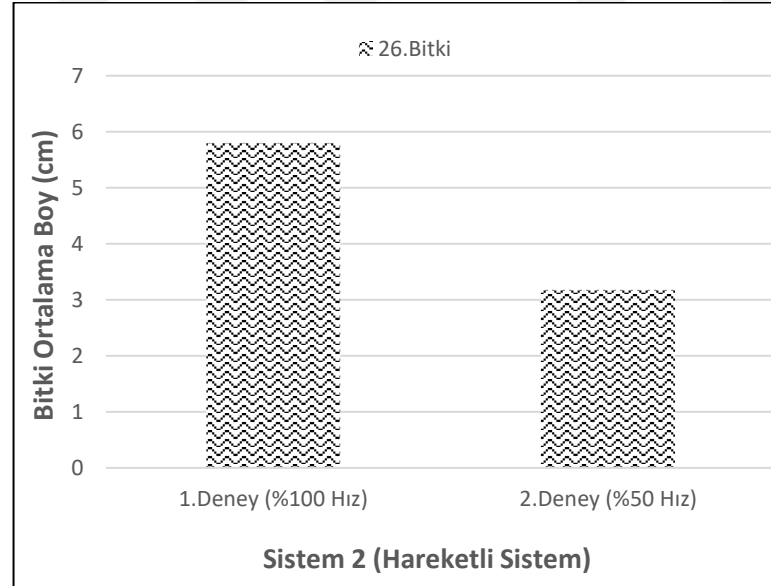
Şekil 4.26. Hareketli sistemde 26 numaralı bitkinin yaprak alanı

Şekil 4.27’de 6 numaralı bitkinin boy uzunluk ortalaması grafikte görülmektedir. Sabit sistemdeki 1. deneyde 6 numaralı bitkinin ortalama boy uzunluğu 5.05 cm, 2. deneyde ise 2.37 cm olarak görülmektedir.



Şekil 4.27. Sabit sistemde 6 numaralı bitkinin ortalama boy uzunluğu

Şekil 4.28’de 26 numaralı bitkinin boy uzunluk ortalaması grafikte görülmektedir. Hareketli sistemdeki 26 numaralı bitki 1. deneyde %100 motor hızında ortalama boy uzunluğu 5.8 cm, 2. deneyde %50 motor hızında 3.17 cm olarak görülmektedir.



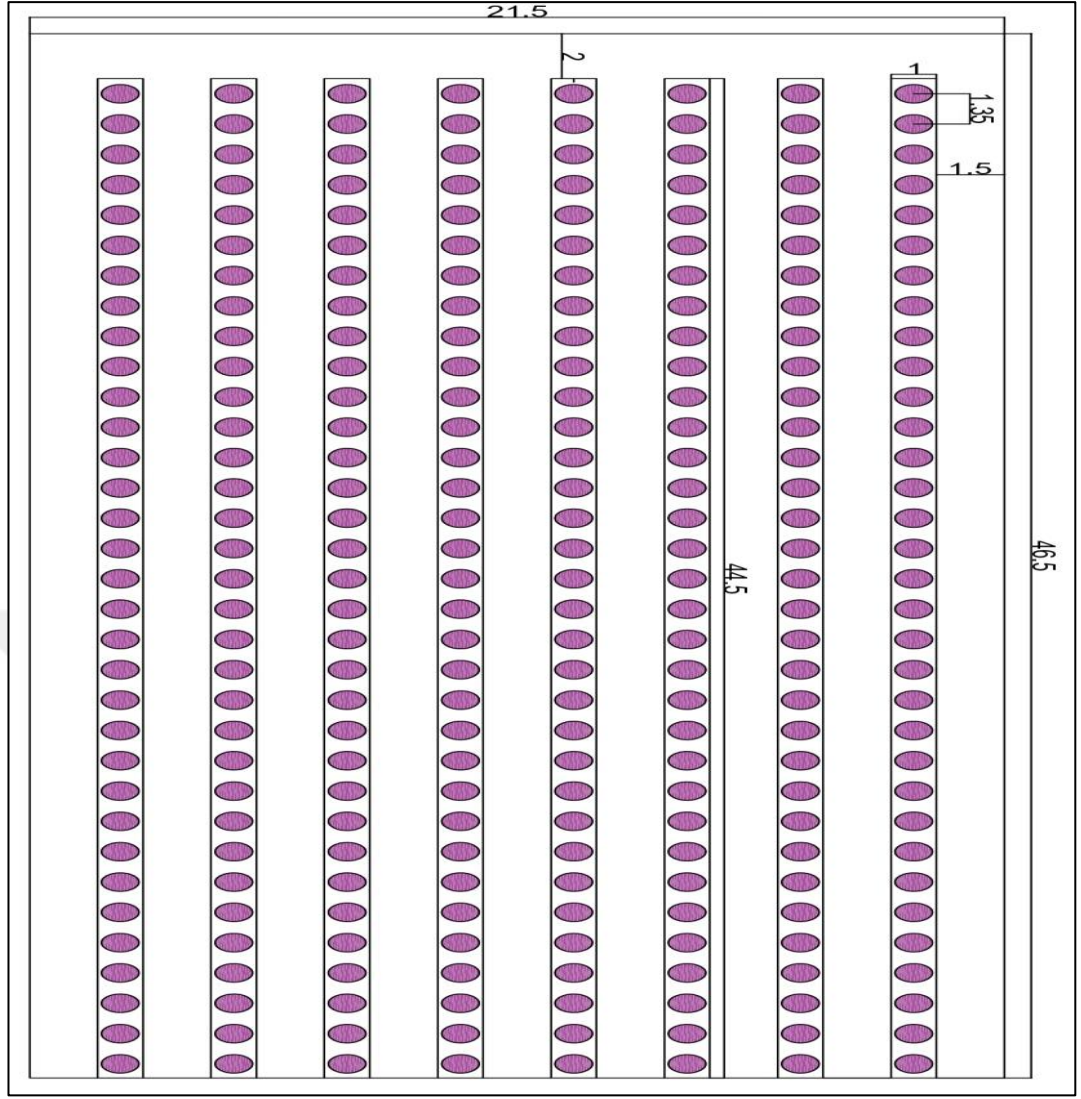
Şekil 4.28. Hareketli sistemde 26 numaralı bitkinin ortalama boy uzunluğu

4.3. Örnek Bir Tesis için Armatür Sayısının Hesaplanması

Sabit ve hareketli sistemlerde kullanılan LED armatürlerin deneyde çalışılan uzunlukları baz alınarak yaklaşık 1000 m²'lik örnek bir alanda sabit ve hareketli ışıklar için ayrı ayrı hesap yapılmıştır.

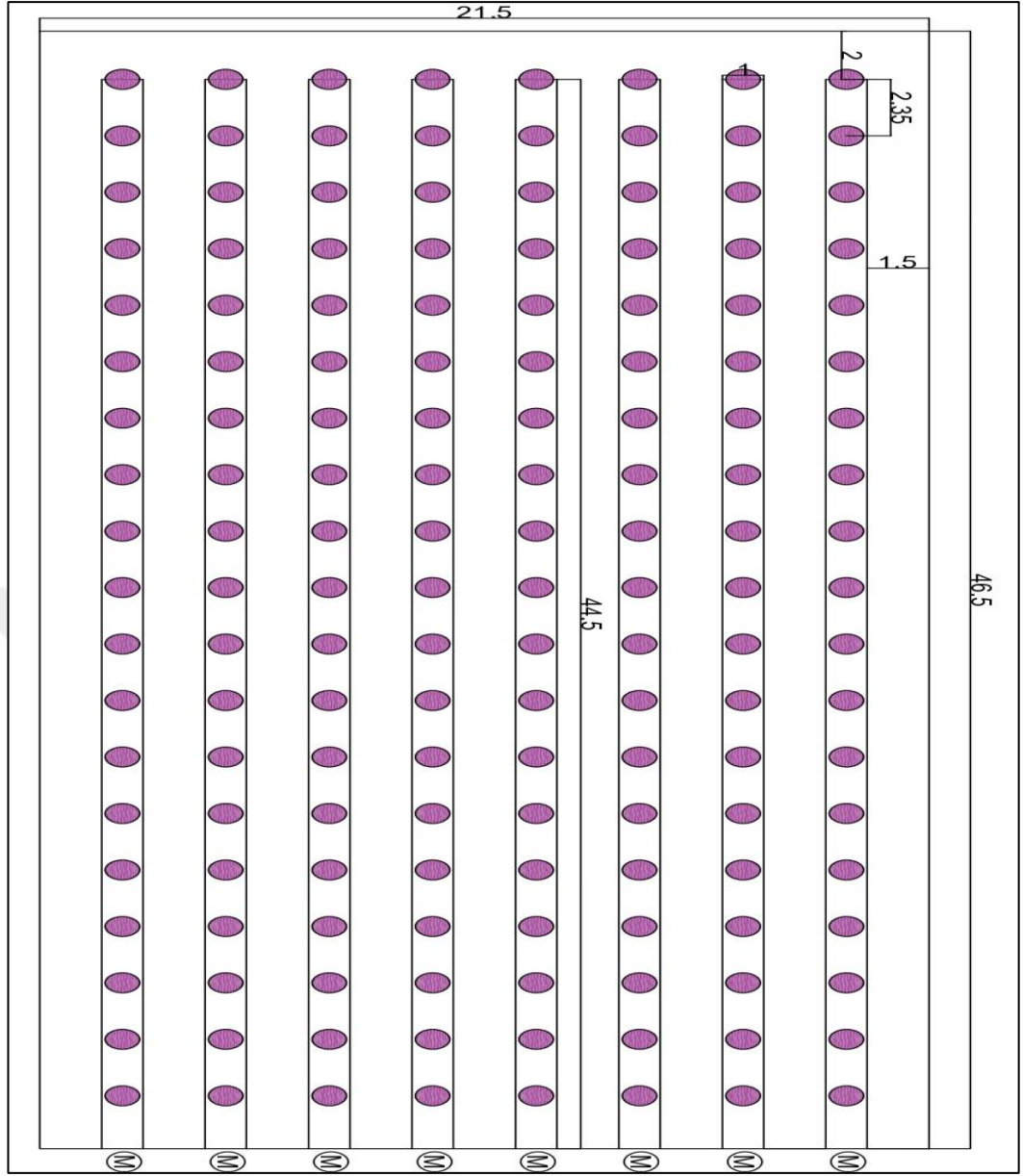
Şekil 4.29 ve Şekil 4.30'da görülen örnek alanların boy uzunlukları 46.5 m, en uzunlukları 21.5 m'dir. Alan içerisinde dikim yapılabilecek 8 adet sıra oluşturulmuş ve sıralar arası 1.5 m olarak ayarlanmıştır. Her bir sıranın başlangıç bölümlerine geçiş alanı için 2 m boşluk bırakılarak her bir sıra boyu 44.5 m ve eni 100 cm'dir.

Şekil 4.29'da sabit ışık kullanılarak tasarlanmış bir örnek alan görülmektedir. Deneyde kullanılan sabit düzenek uzunluğu 135 cm'dir. Bu uzunluk göz önünde bulundurularak her 135 cm uzunluk için 1 armatür kullanılarak hesap yapılmıştır. Böylece her bir sırada 33 armatür toplam alanda 264 adet sabit armatür kullanılmış olacaktır.



Şekil 4.29. Sabit ışık kullanarak tasarlanan örnek alan

Şekil 4.30’da hareketli ışık kullanılarak tasarlanmış bir örnek alan görülmektedir. Deneyde kullanılan hareketli düzenek uzunluğu 235 cm’dir. Bu uzunluk göz önünde bulundurularak 1 armatürün hareket mesafesi 235 cm kabul edilerek hesap yapılmıştır. Böylece her bir sırada 19 armatür toplam alanda 152 adet hareketli armatür kullanılmış olacaktır.



Şekil 4.30. Hareketli ışık kullanarak tasarlanan örnek alan

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada seralarda ya da kapalı ortamlarda yapay ışık kullanımında hem kurulum hem de işletme maliyetlerini düşürülebilme için bir deneme sistemi oluşturulmuştur. Oluşturulan bu deney düzeneklerinde sabit ve hareketli yapay ışık sistemleri ile yapılan deneyler karşılaştırılmış olup elde edilen bulgulara göre sonuçlar ve öneriler aşağıda sunulmuştur.

Sabit sistemdeki bitkilerin yaprak alanı ile hareketli sistemdeki bitkilerin yaprak alanı gelişimlerinde aşağıdaki bulgulara ulaşılmıştır. Sabit sistemdeki bitkilerin yaprak alanları ile hareketli sistemin 2. denemesinde yani 0.0235 m/sn ile hareket hızında (%50 oranında bir hız ile hareket eden sistem) bitkinin yaprak alanının hemen hemen eşit olduğu görülmüştür. Ancak hareketli sistemin 1. denemesinde yani 0.047 m/sn ile hareket hızında (%100 oranında bir hız ile hareket eden sistem) bitkinin yaprak alanının sabit sistemdeki bitkinin yaprak alanına göre yaklaşık 2,5 kat daha iyi bir gelişim gösterdiği görülmüştür. %100 hız oranındaki sistemin hem %50 hız oranına hem de sabit sisteme göre daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Yapay ışık destekli kurulan yetiştirme ortamlarında sistemdeki armatür sayılarını ve kurulum maliyetlerini azaltmak amacıyla başlanılan bu tez çalışmasında armatür sayısını azaltmak için yapılan denemeler sonucunda seçilen armatür tipine göre, 1000 m²'lik bir deneme sahası için sabit sistemde 264 armatür gerekirken 0.047 m/sn hızda hareket eden sistem için 152 adet armatür gerektiği hesaplanmıştır. Kısaca daha az armatür ile ancak hareketli olarak kurulan sistemin daha çok armatür ile sabit olarak kurulan sisteme göre daha iyi sonuçlar verdiği söylenebilir.

Mevcut yapay ışık destekli yetiştirme ortamlarındaki armatürlerin sayılarının azaltılarak hareketli hale getirilmeleri neticesinde işletme maliyetlerinin düşürülebileceği görülmektedir. Yeni kurulacak olan sistemlerde ise hareketli ve daha az sayıda armatür kullanımı sayesinde hem kurulum hem de işletme maliyetleri azaltılabilir.

KAYNAKLAR

- Apogee, (2021). *Dönüştürme-PPFD'den LUX'a*.
<https://www.apogeeinstruments.com/conversion-ppfd-to-lux/>. (Son erişim tarihi: 29.11.2021)
- Acir, N., Günel, H. & Çelik, İ. (2019). *Elektriksel İletkenlik ve pH Analizinde Toprak-Su Karışımlarının Karşılaştırılmaları*. ISPEC Uluslararası Tarım ve Kırsal Kalkınma Kongresi. 10-12 Haziran, Siirt.
- Anonim (2006). *Işık*. <https://tr.wikipedia.org/wiki/I%C5%9F%C4%B1k>. (Son erişim tarihi: 08.07.2021)
- Anonim (2020). *Motor sürücüsü nedir*. <https://elektrikinfo.com/motor-surucusu-nedir/>. (Son erişim tarihi: 14.06.2021)
- Anonim (2021a). *Topraksız tarımın tarihi*. https://www.zirai.org/topraksiz-tarimin-tarihi_585.html. (Son erişim tarihi: 21.06.2021)
- Anonim (2021b). *Topraksız tarım tarihi*.
<http://damlatarim.blogspot.com/p/gezilerim.html>. (Son erişim tarihi: 21.06.2021)
- Anonim (2021c). *Tam spektrum LED*.
https://tr.aliexpress.com/item/4000904365953.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.7d5e28db12VQJr&aem_p4p_detail=202106160128383531084329345320005608969. (Son erişim tarihi: 16.06.2021)
- Arı, İ. (2008). *MATLAB ile imge işlemeye giriş*. <http://ismailari.com/blog/matlab-ile-imge-islemeye-giris/> (Son Erişim: 26.06.2021)
- Ayan, M. (2015). *Bulanık Mantık Tabanlı Uzaktan Erişimli Sera Otomasyonu*. (Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Bakırcı, M. (2021). *Topraksız tarım*. https://cdn-acikogretim.istanbul.edu.tr/auzefcontent/ders/turkiye_tarim_cografyasi/7/index.html. (Son erişim tarihi: 21.06.2021)
- Barth, B. (2018). *How does aeroponics work?*
<https://modernfarmer.com/2018/07/how-does-aeroponics-work/>. (Son erişim tarihi: 23.06.2021)
- Bingöl, B. (2015). Dikey Tarım. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 11(2), 92-99.
- Collewet, C., Rault, G., Quéllec, S. & Marchal, P. (1998). Fuzzy Adaptive Controller Design for the Joint Space Control of an Agricultural Robot. *Fuzzy Sets and Systems*, 99(1), 1-25.

- Çağlayan, N. & Ertekin, C. (2015). Bitki yetiştirme Odaları için farklı LED lamba tasarımı ve performansının incelenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 11(4), 347-353.
- Çakırer, G., Selen, A., Demir, K. & Yanmaz, R. (2017). Bahçe bitkilerinde kullanılan ışık kaynakları. *Akademik Ziraat Dergisi*, 6, 63-70.
- Çevik, M. (2020). 13 bin 360 dekada topraksız tarım yapılıyor. <http://www.turktarim.gov.tr/Haber/507/13-bin-360-dekada-topraksiz-tarim-yapiliyor>. (Son erişim tarihi: 21.06.2021)
- Çiftiçiöğlü, S. (2021). Bitki yetiştirme lambası nasıl olmalı? LED ışık seçerken nelere dikkat etmelisiniz? <https://huglero.com/led-bitki-yetistirme-lambasi-nasil-olmalı/>. (Son erişim tarihi: 08.07.2021)
- Çomak, B., Beycioğlu, A., Başyigit, C. & Kılınçarslan, Ş. (2011). Beton teknolojisinde görüntü işleme tekniklerinin kullanımı. In 6th. International Advanced Technologies Symposium. Elazığ, 220-227.
- Dayıoğlu, A. M. & Silileli, H. (2012). Seralar için Yapay Aydınlatma Sistemi: Günlük Işık İntegrali Yöntemi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 8(2), 233-240.
- Demirbaş, H. Y. & Dursun, İ. (2007). Buğday tanelerinin bazı fiziksel özelliklerinin görüntü işleme tekniğiyle belirlenmesi. *Journal of Agricultural Sciences*, 13(03), 176-185.
- Dipova, N. (2018). Görüntü Analizi Yöntemlerinin Geoteknik Mühendisliğinde Kullanımı. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(1), 33-44. DOI: 10.29048/makufebed.345053
- Emo (2021). LED Işık Kaynakları. https://www.emo.org.tr/ekler/956c5080dc82dda_ek.pdf?tipi=2&turu=X&sube=7. (Son erişim tarihi: 29.11.2021)
- Giray, E. (2009). *Dinamik Aydınlatma ve Uygulaması*. (Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Gonzalez, R. C. & Woods, R. E. (2014). *Sayısal Görüntü İşleme*, Ankara, Palme Yayıncılık.
- Gökçe, M. (2014). *Sayısal Görüntü İşleme ile Göz Hastalıklarının Teşhisi için Bir Yardımcı Sistem Tasarımı*. (Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Javadikia, P., Tabatabaeefar, A., Omid, M., Alimardani, R. & Fathi, M. (2009). Evaluation of Intelligent Greenhouse Climate Control System-based Fuzzy Logic in Relation to Conventional Systems. *International Conference on Artificial Intelligence and Computational Intelligence*, 146-150. <https://doi.org/10.1109/AICI.2009.494>

- Karakaş, A. (2018). Sera Aydınlatmacılığı. *Elektrik Mühendisliği Dergisi*, 443, 142-144.
- Kargın, H. & Bilgüven, M. (2018). Akuakültürde Akuaponik Sistemler ve Önemi. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(2), 159-173.
- Karhan, M. (2011). *İmge İşleme Yöntemleri İle Kayıslarda Yaprak Delen Hastalığı Sonucu Oluşan Lekelerin Tespiti*. (Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Koç, C., Vatandaş, M. & Koç, A.B. (2009). *LED Aydınlatma Teknolojisi ve Tarımda Kullanımı*. 25. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi, 01-03 Ekim, Isparta, 153-158.
- Kusriyanto, M. & Putra, B.D. (2016). Smart home using local area network (LAN) based arduino mega 2560. *2016 2nd International Conference on Wireless and Telematics (ICWT)*, 127-131. <https://doi.org/10.1109/ICWT.2016.7870866>
- Küçükaslan, M. (2021). *Topraksız tarımda pH ayarlama*. <https://ziraatyapma.blogspot.com/2011/08/topraksz-tarimda-ph-ayarlama-topraksz.html>. (Son erişim tarihi: 13.06.2021)
- Liu, X.Y., Guo, S.R, Chang, T.T, Xu, Z.G. & Takafumi, T. (2012). Regulation of the growth and photosynthesis of cherry tomato seedlings by different light irradiances of light emitting diodes (LED). *African Journal of Biotechnology*, 11(22), 6169-6177.
- Megep (2008). *Hidroponik sistemler*. http://hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/bahcecilik/moduller/hidroponik_sistemler. (Son erişim tarihi: 06.09.2021)
- Nhut, D.T. & Nam, N.B. (2010). Light emitting diodes (LEDs): an artificial lighting source for biological studies. *Proceedings of the 3rd international conference of the development of BME in Vietnam*, 11-14. https://doi.org/10.1007/978-3-642-12020-6_33
- Nhut, D.T., Takamura, T., Watanabe, H., Watanabe, H., Okamoto, K. & Tanaka, M. (2003). Responses of strawberry plantlets cultured in vitro under superbright red and blue light-emitting diodes (LEDs). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 73, 43–52. <https://doi.org/10.1023/A:1022638508007>
- Ohashi, K. K., Matsuda, R., Goto, E., Fujiwara, K. & Kurata, K. (2006). Growth of rice plants under red light with or without supplemental blue light. *Soil Science and Plant Nutrition*, 52, 444-452. <https://doi.org/10.1111/j.1747-0765.2006.00063.x>
- Okumuş, A. (2019). Dünyada Hidroponik (Topraksız Tarım). *Toprak Tarım Dergisi*, 1, 3-5. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11376.61443>

- Pınar, H. (2015). *Topraksız kültürde bitki yetiştiriciliği*. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr>. (Son erişim tarihi: 11.11.2021)
- Pişkin, M. (2016). *Opencv ile görüntü işleme*. <https://mesutpiskin.com/blog/wp-content/uploads/2017/01/OpenCV%20Kitap.pdf>. (Son erişim tarihi: 23.10.2021)
- Saha, S., Monroe, A. & Day, R.M. (2016). Growth, yield, plant quality and nutrition of basil (*Ocimum basilicum* L.) under soilless agricultural systems. *Annals of Agricultural Sciences*, 61, 181-186. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2016.10.001>
- Samtaş, G., & Gülesin, M. (2012). Sayısal görüntü işleme ve farklı alanlardaki uygulamaları. *Ejovoc (Electronic Journal of Vocational Colleges)*, 2(1), 85-97.
- Sayan, H.S. (2015). *Topraksız tarımın ilkeleri nelerdir?* <https://www.tarim.com.tr/Topraksiz-Tarimin-Ilkeleri-Nelerdir,23294h>. (Son erişim tarihi:21.06.2021)
- Schuerger, A.C., Brown, C.S. & Stryjewski E.C. (1997). Anatomical features of pepper plants (*Capsium annuum* L.) grown under red light emitting diodes supplemented with blue or far-red light. *Ann Bot*, 79, 273-282. <https://doi.org/10.1006/anbo.1996.0341>
- Seginer, I. & Zlochin, I. (1997). Night-Time Greenhouse Humidity Control with a Cooled Wetness Sensor. *Agricultural and Forest Meteorology*, 85, 269-277. [https://doi.org/10.1016/S0168-1923\(96\)02387-8](https://doi.org/10.1016/S0168-1923(96)02387-8)
- Semiz, T.Y. (2019). *RTC Arduino saat modülü*. <https://maker.robotistan.com/ldc-rtc-arduino-saat-yapimi/>. (Son erişim tarihi: 13.06.2021)
- Shimada, A. & Taniguchi, Y. (2011). Red and blue pulse timing control for pulse width modulation light dimming of light emitting diodes for plant cultivation. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 104, 399-404. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2011.04.007>
- Straten, G.V. (1999). Acceptance of Optimal Operation and Control Methods for Greenhouse Cultivation. *Annual Reviews in Control*, 23, 83-90. [https://doi.org/10.1016/S1367-5788\(99\)90065-2](https://doi.org/10.1016/S1367-5788(99)90065-2)
- Şahin, G. & Kendirli, B. (2016). *Yeni Bir Zirai İşletme Modeli: Dikey Çiftlikler*. TÜCAUM Uluslararası Coğrafya Sempozyumu 13-14 Ekim, Ankara.
- Şenol, R., Kılıç, S. & Taşdelen, K. (2016). Pulse timing control for LED plant growth unit and effects on carnation. *Computers and Electronics in Agriculture*, 123, 125-134. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2016.02.013>
- Şenol, R. & Taşdelen, K. (2014). A New Approach for LED Plant Growth Units. *Acta Polytechnica Hungarica*, 11(6), 57-71.

- Tosun, O., (2015). *Görüntü İşleme ile Yaprak Alanı Ölçüm Sistemi Tasarımı*. (Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Tosun, O. & Şenol, R. (2016). Görüntü işleme metotlarıyla yaprak alanı tayini ile bitki gelişiminin gözlenmesi. *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, 3, 154-166. <https://doi.org/10.31202/ecjse.67161>
- Tutak, A. (2009). *LED Technologies in Energy Efficient Applications*. (Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Doğal ve Uygulamalı Bilimler Enstitüsü)
- Uysal, Ö. (2011). *Tarımsal Aydınlatmada Led Işık Kaynaklarının Kullanım Olanakları*. (Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Vimal, P. V. & Shivaprakasha, K. S. (2017). IOT based greenhouse environment monitoring and controlling system using Arduino platform. *International Conferance on Intelligent Computing, Instrumentation and Control Technologies (ICICT)*, 1514-1519. <https://doi.org/10.1109/ICICT1.2017.8342795>
- Wheeler, R.M., Mackowiak, C.L. & Sager, J.C. (1991). Soybean stem growth under high pressure sodium with supplemental blue lighting. *Agron J.* , 903-906. <https://doi.org/10.2134/agronj1991.00021962008300050024x>
- Yaman, K., Sarucan, A., Mehmet, A. & Aktürk, N. (2001). Dinamik çizelgeleme için görüntü işleme ve arıma modelleri yardımıyla veri hazırlama. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 16(1), 19-40.
- Yeh, H. & Chung, J. P. (2009). High-brightness LEDs-energy efficient lighting sources and their potential in indoor plant cultivation. *Renew Sust Energy Rev*, 13(8), 2175-2180. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.01.027>

ÖZGEÇMİŞ

