ISSN 1306-0007
e-ISSN 2651-4230

TARIM MAKİNALARI BİLİMİ DERGİSİ

Journal of Agricultural Machinery Science



2022 CİLT VOLUME 18 SAYI NUMBER 1

Tarım Makinaları Derneği Yayınıdır
Published by Agricultural Machinery Association

TARMAKDER
TARIM MAKİNALARI DERNEĞİ

Tarım Makinaları Bilimi Dergisi
Journal of Agricultural Machinery Science

http://dergipark.org.tr/tr/pub/tarmak

ISSN: 1306-0007
e-ISSN: 2651-4230

YIL (YEAR) 2022 **CİLT** (VOLUME) 18 **SAYI** (ISSUE) 1

Sahibi (President)

Tarım Makinaları Derneği Adına
(On Behalf of Agricultural Machinery Association)

Can ERTEKİN
Akdeniz Üniversitesi, Antalya

Editör Kurulu (Editorial Board)

Sayı Editörü (Issue Editor)

İlknur ALİBAŞ
Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa

Editörler (Editors)

Türkan AKTAŞ
Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ

İlknur ALİBAŞ
Bursa Uludağ Üniversitesi, Bursa

Recep KÜLCÜ
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta

Alan Editörleri (Field Editors)

Zeliha Bereket BARUT
Çukurova Üniversitesi, Adana

Heinz BERNHARDT
Technical University of Munich, Germany

Sorin-Stefan BIRIS
Politehnica University of Bucharest, Romania

H. Kürşat ÇELİK
Akdeniz Üniversitesi, Antalya

Osman GÖKDOĞAN
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta

Shoojin JUN
Hawaii University, USA

Habip KOCABIYIK
18 Mart Üniversitesi, Çanakkale

Y. Benal ÖZTEKİN
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun

Bernhard STREIT
Bern University of Applied Sciences, Switzerland

Shuichi YAMAMOTO
Yamaguchi University, Japan

Hüseyin YÜRDEM
Ege Üniversitesi, İzmir

Mizanpaj Editörü (Layout Editor)

Ahmet SÜSLÜ

Dergi Hakkında (About Journal)

Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, Tarım Makinaları Derneği'nin bir yayınıdır. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi yılda üç sayı olarak yayınlanır.

(Journal of Agricultural Machinery Science is published three times in a year by Agricultural Machinery Association.)

Yayın Hakları (Copyright Policies)

Bu derginin yayın hakları Tarım Makinaları Derneği'ne aittir. Derginin hiç bir bölümü, yayıncının izni olmaksızın, herhangi bir şekilde çoğaltılamaz.

(All rights reserved. No part of this publication may be reproduced in any form without the prior permission of the publisher.)

Tarandığı İndeksler (Indexing)

ROOT INDEXING

Google Scholar

Academic Journal Index

ESJI Eurasian Scientific Journal Index

ASOS INDEX

CiteFactor Academic Scientific Journals

Academic Resource Index ResearchBib

Tarım Makinaları Derneği (TARMAKDER)

Yazışma Adresi (Correspondence Address)

Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Antalya
ertekin@akdeniz.edu.tr +90 505 257 90 80

Dernek Adresi (Association Address)

1462. Sok. No:33
Alsancak – İzmir / Türkiye
https://www.tarmakder.org.tr

İçindekiler (Contents)

Sayfa (Page)

Nane Bitkisine Uygulanan Farklı Kurutma Yöntemlerinin Kuruma Kinetiği ve Kalite Özelliklerine Etkisi
The Effect of Different Drying Methods Applied to Mint Plant on Drying Kinetics and Quality Characteristics **1-8**
Hakan POLATCI, Burcu AKSÜT

Kırmızı Kıvırcık Yaprak Salatanın Farklı LED Işık Kaynaklarındaki Gelişim Parametrelerinin İncelenmesi
Investigation of the Growth Parameters of Red Curly Leaf Lettuce in Different LED Light Sources **9-24**
Ahmet ŞAHİN, İsmail BOYAR, Mehmet TORUN, Nuri ÇAĞLAYAN, Can ERTEKİN

Türkiye'de İmal Edilen Odun Pelet Örneklerinin Kalite Özelliklerinin ve Standartlara Uygunluğunun Belirlenmesi
Determination of Quality Characteristics and Compliance with Standards of Wood Pellet Samples Produced in Turkey **25-40**
Türkan AKTAŞ

Farklı Mürdümük Çeşitlerine Ait Tohumların Bazı Biyoteknik Özelliklerinin Belirlenmesi
Determination of Some Biotechnical Properties of Seeds of Different Grass Pea Cultivars **41-57**
Esra Nur GÜL, Ebubekir ALTUNTAŞ, Mahir ÖZKURT

TARMAKDER
TARIM MAKİNALARI DERNEĞİ

Tarım Makinaları Bilimi Dergisi
Journal of Agricultural Machinery Science

http://dergipark.org.tr/tr/pub/tarmak

Research Article / Araştırma Makalesi

e-ISSN: 2651-4230

18(1), 2022: 9-24

Kırmızı Kıvırcık Yaprak Salatanın Farklı LED Işık Kaynaklarındaki Gelişim Parametrelerinin İncelenmesi

Investigation of the Growth Parameters of Red Curly Leaf Lettuce in Different LED Light Sources

Ahmet Şahin[1], İsmail Boyar[1,*], Mehmet Torun[2], Nuri Çağlayan[3], Can Ertekin[1]

[1] *Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Antalya, Türkiye.*
[2] *Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Antalya, Türkiye.*
[3] *Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Antalya, Türkiye.*
[*] *Corresponding author (Sorumlu Yazar): İ. Boyar, e-mail (e-posta): ismailboyar@akdeniz.edu.tr*

Makale Bilgisi

Alınış tarihi : 21.09.2021
Düzeltilme tarihi : 25.01.2022
Kabul tarihi : 07.02.2022

Anahtar Kelimeler:

Yapay Aydınlatma
LED Işık Kontrolü
Marul

Atıf için:

Şahin, A., Boyar, İ., Torun, M., Çağlayan, N., Ertekin, C., (2022). "Kırmızı Kıvırcık Yaprak Salatanın Farklı LED Işık Kaynaklarındaki Gelişim Parametrelerinin İncelenmesi", Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 8(1): 9-24.

ÖZET

Bu çalışmada farklı dalga boylu ışık kaynaklarının kırmızı kıvırcık yaprak salata (*Lactuva sativa* var. Crispa) bitkisinde büyümeye olan etkileri incelenmiş ve elde edilen sonuçlar tartışılmıştır. Çalışma, 6 adet bölme (A, B, C, D, E ve F) içindeki dörder saksıda üçer adet ekili olan tohum olmak üzere toplam 12 tekerrür ile sürdürülmüştür. Işık kaynakları 16 saat gündüz, 8 saat gece olacak şekilde ayarlanmış ve ortam sıcaklığı 24°C'de sabit tutulmuştur. Araştırmada tek renk LED ışık kaynakları; soğuk beyaz (A), sıcak beyaz (C), kırmızı (B) ile karışım LED ışık kaynakları; [%33.3 kırmızı + %16.7 uzak kırmızı + %16.7 Yeşil + %16.7 mavi + %16.6 UVA] (E) ve [%50 kırmızı + %50 mavi] (F) olmak üzere 5 farklı LED ve soğuk beyaz floresan lamba (D) kullanılmıştır. Deneme sonuçlarına göre, yaprak boyu en uzun bitki, "B", en geniş yapraklı bitkiler, "D", yaprak sayısı en çok olan bitkiler ise "C, D, F" bölmelerindeki denemelerde elde edilmiştir. Renk kriterlerinin belirlenmesinde kullanılan Lab skalasına göre istatistiki açıdan a ve b değerleri önemsiz çıkarken L değeri en yüksek olan bölmeler "B, D, E" bölmelerinde yetişen marullardır. Yaprak boğum arası mesafe, yaprak sayısı, rengi ve görselliği açısından ticari olarak satışa sunulan aynı tür marula en yakın parametreleri veren "F" ışık bölmesinde yetişen marullar olmuştur.

Article Info

Received date : 21.09.2021
Revised date : 25.01.2022
Accepted date : 07.02.2022

Keywords:

Artificial Lighting
LED Light Control
Lettuce

How to Cite:

Şahin, A., Boyar, İ., Torun, M., Çağlayan, N., Ertekin, C., (2022). "Investigation of the Growth Parameters of Red Curly Leaf Lettuce in Different LED Light Sources", Journal of Agricultural Machinery Science, 8(1): 9-24.

ABSTRACT

In this study, the effects of light sources of different wavelengths on the growth of red curly leaf salad (*Lactuva sativa* var. Crispa) plants were examined and the results were discussed. The study was carried out with a total of 12 repetition, each three sowed seeds in four pots in 6 compartments (A, B, C, D, E and F). The light sources were adjusted to be 16 hours of daytime and 8 hours of night, and the ambient temperature was kept constant at 24°C. Single color LED light sources in the research; Mixed LED light sources with cool white (A), warm white (C), red (B), [33.3% red + 16.7% far red + 16.7% green + 16.7% blue + 16.6% UVA] (E) and [50% red + 50% blue] (F) 5 different LEDs and cool white fluorescent lamps (D) were used. According to the results of the experiment, the plants with the longest leaf length were obtained in the "B", the plants with the widest leaves were obtained in the "D", and the plants with the highest number of leaves were obtained in the "C, D, F" compartments. According to the Lab scale used to determine the color criteria, while a and b values are statistically insignificant, the groups with the highest L value is the lettuce grown in the "B, D, E" group. Lettuce grown in "F" light group gave the closest parameters to the same type of lettuce offered for sale in terms of distance between leaf nodes, number of leaves, color and visuality.

1. GİRİŞ

Tarım alanları, erozyon, sel, bilinçsiz kullanım ve imara açılması gibi sebeplerden dolayı gün geçtikçe azalmakta ve dünya nüfusu ise her geçen yıl daha fazla artış göstermektedir (Bayhan ve Avcı, 2019). Bu kapsamda gıdaya olan talep her geçen gün artış gösterirken, tarımsal üretimde verimi artırmaya yönelik birçok çalışma yapılmaktadır. Yem bitkilerinin yeşil gübre olarak (Özyazıcı ve Manga, 2000), farklı ışık, ışık şiddetleri ve gölgeleme (Öztürk ve Demirsoy, 2004; Odabaş ve Gülümser, 2005; Kırbay ve Özer, 2015; Çakırer ve ark., 2017; Çağlayan ve Ertekin, 2018), farklı ekim parametreleri (Bozkurt ve Kurt, 2007; Şaman ve Öztürk, 2012), farklı doz ve çeşitlerde gübre (Öz, 2002; Söğüt, 2005; Ünlü ve Padem, 2009; Şahin, 2010), farklı çözücü bakteriler (Çakmakçı, 2005(a); Çakmakçı, 2005(b)) ve farklı sulama yöntemlerinin (Karaşahin ve Sade, 2011) kullanımı gibi alanlarda verim ve gelişim parametrelerinin incelendiği birçok çalışma ve araştırmalar bulunmaktadır.

Bitki yetiştirmeye elverişli olmayan zaman ve mekanlarda ürün yetiştiriciliğinin yapılmak istenmesi, kontrol edilebilir yapay yetiştirme ortamlarının gelişmesine sebep olmuştur. Burada kontrol altında tutulması gerekenler arasında sıcaklık, nem ve ışık en önemli faktörler arasındadır. Sıcaklık, ışık ve nem değerleri belirli sabit değerler arasında yer alırken (Sağlam, 2021) ışık konusunda gelişen teknolojiler ve çeşitli varyasyonlardan dolayı halen çalışmalar devam etmektedir (Yücesan ve Olutaş, 2019).

Yetersiz ışık alan bölgelerde ilave aydınlatma veya tam yapay ortamlar için geleneksel ışık kaynaklarının kullanımı halen yaygın olsa da LED'lerin, bitki yetiştirme teknolojilerindeki hızlı gelişmeler sayesinde geleneksel ışık kaynaklarının yerini almaya başladığı gözlemlenmektedir. Bu rol değişiminde LED'lerin uzun ömürlü ve verimli olması, teknolojik üstünlükleri ile ışık spektrum özellikleri yanında fiyatlarındaki düşüş etkili olmaktadır. LED lambalar, çiçek, sebze, meyve, aşılanmış fide, mikro yeşillik, tıbbi ve aromatik bitkilerin üretiminde sıklıkla kullanılmaktadır (Çağlayan ve Ertekin, 2011).

Bitkisel üretimde kullanılan LED lambalardan yayılan fotonlar, geniş spektrum lambalara göre farklılıklar içermekte ve özellikle kırmızı LED'lerin geleneksel yapay ışık kaynaklarına göre daha az fotosentetik olmayan ışınım yaydıkları görülmektedir. Kırmızı renkli yüksek güçlü AllGaP tabanlı LED'lerin verdiği 640-660 nm dalga boyundaki ışık, bitkiler için gerekli olan PAR (Photosynthetically Active Radiation) enerjisinden yararlanma etkinliğinin artmasını sağlamaktadır (Berkovich ve ark., 2005). Daha önce yapılan çalışmalara göre, ~640 nm (Lefsrud ve ark., 2008; Samuolienė ve ark., 2012a; Žukauskas ve ark., 2011; Samuolienė ve ark., 2012b) veya ~660 nm (Brazaitytė ve ark., 2006; Mizuno ve ark., 2011; Tarakanov ve ark., 2012; Wojciechowska ve ark., 2015; Chen ve ark., 2016) kırmızı LED dalga boyları marul ve diğer yeşil sebzelerin yetiştirilmesinde en yaygın kullanılan dalga boylarıdır. Samuoliene ve ark. (2009), bir serada doğal ışıklandırmaya ek olarak üç gün süren ~640 nm kırmızı LED ışık ile, marulda karbonhidrat içeriğini ve antioksidan kapasitesini artırmış ve istenmeyen nitrat içeriğini baskılayabilmişlerdir. Kırmızı ışık altında yetişen yeşil yapraklı marul türlerinde antioksidan aktivitesindeki artış, ışık dahil çevresel etkilere karşı koruma sağlayan ve doğal olarak daha yüksek seviyelerde antioksidanlar içeren kırmızı yapraklı türlere göre daha belirgin ortaya çıktığı görülmüştür (Carvalho ve Folta, 2014). Bununla birlikte, kırmızı veya uzak kırmızı (730-750 nm) ışınımdaki değişiklikler ve bunların oranları fitokromlar tarafından algılanmaktadır (Demotes – Mainard ve ark., 2016) ve bu durum bitkilerdeki fotomorfolojik süreçleri etkileyebilmektedir. Uzak kırmızı LED ışığı, kırmızı (Stutte ve ark., 2009; Lee ve ark., 2015) veya kırmızı + mavi LED birleşimiyle

(Lee ve ark., 2016) veya soğuk beyaz floresanla (Li ve Kubota, 2009) birlikte uygulandığında, marulun büyüme özellikleri üzerinde biyokütle ve yaprak uzunluğunu artırıcı yönde etkileri olurken, klorofil, antosiyanin ve karotenoid konsantrasyonlarını olumsuz yönde etkilediği görülmüştür.

Kırmızı ışık, fotosentezi etkin bir şekilde yönlendirmesine rağmen, düzenli büyümeyi sağlamak, aşırı uzamış gövde ve gölgeden kaçınma tepkilerini en aza indirmek için genellikle mavi ışıkla birlikte kullanılması gereklidir (Snowden ve ark., 2016). Mavi ışık kriptokrom sistemini harekete geçirir ve klorofil ile karotenoid uygun ışıkla karşılaşmış olur. Böylelikle mavi ışık, yeşil sebzelerde büyüme, fotosentez ve antioksidan sistemi üzerinde önemli etkiler göstermektedir (Olle ve Viršilė, 2013). Mavi LED'ler (440-476 nm) tek veya kırmızı LED'ler ile birlikte kullanıldığında marul (Johkan ve ark., 2010; Lin ve ark., 2013), ıspanak (Matsuda ve ark., 2007; Ohashi - Kaneko ve ark., 2007), kişniş (Naznin ve ark., 2016) ve Çin lahanası (Li ve ark., 2012) bitkilerinde yaprak alanının genişlemesi ve biyokütle birikimini artırıcı yönde etki etmektedir. Mavi ışığın artmasının, büyüme üzerinde, klorofil miktarında ve fotosentezde artışı teşvik eden etkileri olmaktadır (Yorio ve ark., 2001; Carvalho ve Folta, 2014).

Kıvırcık yaprak salata Asteraceae (Compositae) familyasındaki Lactuca cinsine dahildir. Bir serin iklim bitkisi olan, açıkta ve örtü altında değişik mevsimlere uygun olarak ıslah edilmiş çeşitlerle yılın her mevsiminde yetiştirilmesi mümkün olan bu bitki, ülkemizde genellikle salata yapımında kullanılmaktadır. Enfeksiyonu tedavi etme ve salisilik asit içerme gibi özellikleri bulunmaktadır. Bu çalışmada, doğal gün ışığı almayan tam kapalı bölmelerdeki saksılarda kırmızı kıvırcık yaprak salatanın (*Lactuva sativa* var. Crispa) farklı dalga boylu LED ve floresan ışık kaynakları altındaki büyüme ve gelişme parametreleri incelenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Bu çalışma, Antalya ili, Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında 500x500x1000 mm boyutlarında hazırlanan 6 adet yetiştirme bölmesinde 2 litrelik saksılarda yetiştirilen kırmızı kıvırcık yaprak salata bitkisi *Lactuva sativa* var. Crispa üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Denemelerin sürdürüldüğü 6 adet bölmenin beşinde LED aydınlatma ve birinde de kontrol grubu olarak 6500 K soğuk beyaz ışık veren 23 W gücünde kompakt floresan lambalar kullanılmıştır. Çalışmada sıcak beyaz ışık (SıB) için 2700 K (E27, G45, 90-260 V) LED ampül (Şekil 1) kullanılırken, diğer dalgaboyları için soğutucu üzerine montajı yapılmış yüksek güçlü LED diyotlar kullanılmıştır (Şekil 2 ve 3). Çalışmada kullanılan LED'lerin teknik özellikleri Çizelge 1'de, verilmiştir.

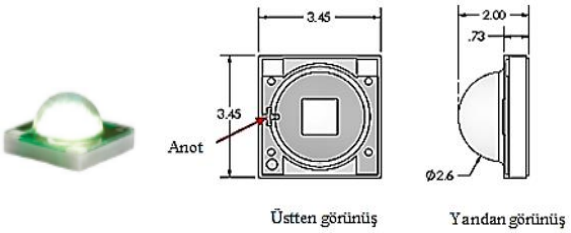
Çizelge 1. Çalışmada kullanılan LED'lerin teknik özellikleri

LED Işık Rengi	*Dalgaboyu (nm)*	*Işık Akısı (lm)*	*Güç (W)*	*Çalışma Gerilimi (V)*	*Çalışma Akımı (A)*
Sıcak Beyaz (SıB)	400-700/2700K	425	4	3.1	350
UVA	405-410	12	3	3.1	700
Mavi (M)	460-470	30	1	3.1	350
Yeşil (Y)	520-530	100	1	3.1	350
Kırmızı (K)	650-670	50	1	2.2	350
Uzak Kırmızı (UK)	720-750	52	1	2.2	350

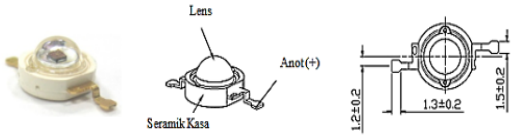
Çalışmada tek renk; K, SoB ve SıB LED aydınlatmalar ile karışık renkli; [%50 M + %50 K], [%33.3 K + %16.7 UK + %16.7 Y + %16.7 M + %16.6 UVA] aydınlatma düzenekleri oluşturulmuştur (Şekil 4).



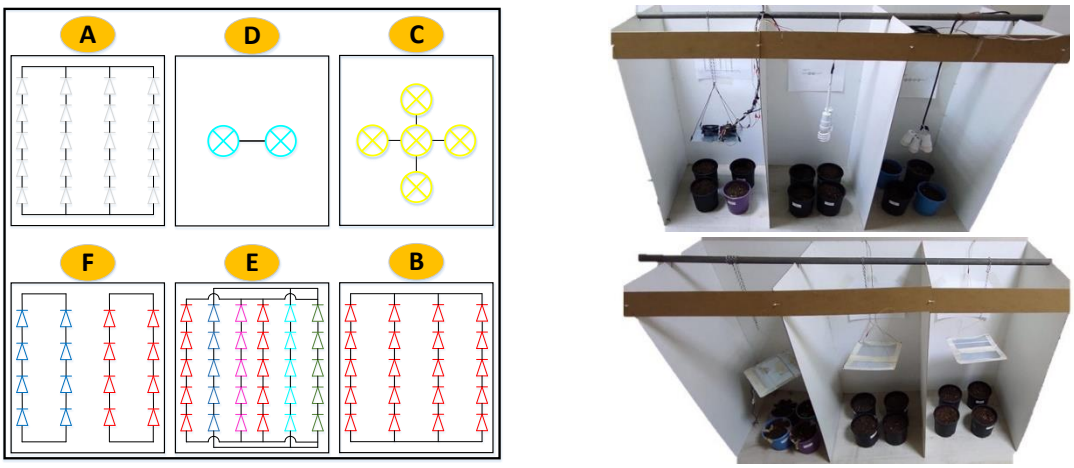
Şekil 1. SıB 4W E27 LED lamba



Şekil 2. SoB, K, M, Y, UK LED ve ölçüleri (XLamp XP-C, Cree Inc.2021)



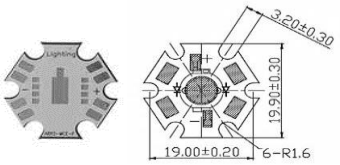
Şekil 3. UVA LED ve ölçüleri (Edixeon S, Edison Opto inc. 2021)



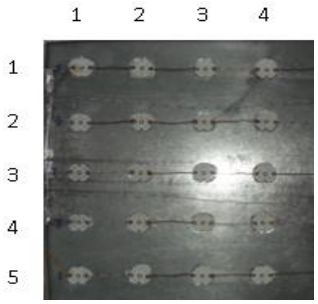
Şekil 4. Bölmelerde kullanılan tek renk (%100) aydınlatma düzenekleri: SoB (A), K (B), SıB (E27, G45, 90-260 V) LED lamba (C), kontrol grubu floresan (D) ve karışık renkli aydınlatma düzenekleri: [%33.3 K + %16.7 UK + %16.7 Y + %16.7 M + %16.6 UVA] (E) ve [%50 M + %50 K] (F).

Yüksek güçlü LED'ler uygun soğutucusu olmadan çalıştırılmaları zarar görmelerine neden olacağından, tüm LED'ler yıldız alüminyum soğutucular üzerine lehimlenmiştir (Şekil 5). Yıldız tip soğutuculu LED'ler 400x400 mm ölçülerindeki metal levhalar üzerine 25 mm aralıklarla yerleştirilmiştir (Şekil 6). Levhalar üzerindeki LED'ler seri ve paralel bağlantılarla birbirlerine bağlanmış, böylece her bölme için ayrı LED aydınlatma düzenekleri (lamba) oluşturulmuştur. Lambalar, bitki yüzeyinden yüksekliği ayarlanabilir olacak şekilde bölmelerin tavanından asılarak

yerleştirilmiştir. Bölmelerin iç yüzeyleri beyaz renkli folyo ile kaplanmış ve iç ortamda hava akışını sağlamak amacıyla 80x80x25 mm boyutlarında fanlar (1400 d/d, 12 V_{dc}, 0.15 A) yerleştirilmiştir. Lambaların yanma ve sönme sürelerinin ayarı için ise bir zaman saati kullanılmıştır.



Şekil 5. LED'ler için kullanılan yıldız tipi alüminyum soğutucu ve ölçüleri.



Şekil. 6. Metal levha üzerindeki (SoB) LED yerleşimi.

LED dizileri için gereken çalışma gerilimi, akımı ve harcanan güç değerleri Eşitlik 1, 2 ve 3'e göre hesaplanmıştır.

$$V_f = V_{LED}.L_s \quad (1)$$

$$I_f = I_{LED}.L_p \quad (2)$$

$$P_f = V_f.I_f \quad (3)$$

Eşitliklerde, V_f, LED dizisinin çalışma gerilimini (V); I_f, LED dizisinin çalışma akımını (A); P_f, LED dizisinin harcadığı toplam gücü (W); V_{LED} bir LED için doğru yön besleme gerilimini (V), I_{LED} bir LED için gerekli doğru yön besleme akımını (A), L_s LED dizisindeki seri bağlı LED sayısını ve L_p paralel hat sayısını göstermektedir. Buna göre;

A bölmesinde 20 adet SoB LED bulunmaktadır. LED dizisi bu grupta gerilimi daha düşük tutmak için 4 paralel kola ayrılmıştır. Her kolda 5 adet LED bulunduğundan koldaki toplam gerilim 15.5 V ve geçen akım 350 mA'dir. Bu durumda, A bölmesi için hazırlanan SoB LED aydınlatma için kullanılan güç kaynağı 15.5 V@1400 mA sağlamaktadır.

B bölmesinde 20 adet K LED bulunmaktadır. LED dizisi bu grupta gerilimi daha düşük tutmak için 4 paralel kola ayrılmıştır. Her kolda 5 adet LED bulunduğundan koldaki toplam gerilim 11 V ve geçen akım 350 mA'dir. Bu durumda, B bölmesi için hazırlanan K LED aydınlatma için kullanılan güç kaynağı 11 V@1400 mA sağlamaktadır.

C bölmesinde 5 adet SıB için 2700 K, E27, G45 tipi LED lamba kullanılmıştır. Lambaların herbiri 220V ve 4 W gücündedir.

D bölmesinde 2 adet 6500 K, E27 tipi floresan lamba kullanılmıştır. Lambaların her biri 220V ve 23 W gücündedir.

E bölmesinde 10 adet K, 5 adet UK, 5 adet M, 5 adet Y ve 5 adet UVA LED bulunmaktadır. Karışımdaki K LED dizisi paralel 2 kola ayrılmıştır. Her paralel koldaki gerilim 11 V ve dizi için gerekli toplam akım 700 mA'dir. Bu nedenle K dizisi için 11V@350mA sağlayan güç kaynağı kullanılmıştır. UK dizisi için 11 V@ 350 mA, M ve Y dizileri için 15.5 V@350 mA ve UVA LED dizisi için ise, 15.5 V@700 mA sağlayan güç kaynağı kullanılmıştır.

F bölmesinin aydınlatması için, K ve M dizileri kullanılmıştır. K LED dizisi paralel 2 kola ayrılmıştır. Her paralel koldaki gerilim 11 V ve dizi için gerekli toplam akım 700 mA'dir. Bu nedenle K dizisi için 11V@700mA sağlayan güç kaynağı kullanılmıştır. Benzer şekilde, M LED dizisi paralel 2 kola ayrılmıştır. Her paralel koldaki gerilim 15.5 V ve dizi için gerekli toplam akım 700 mA'dir. Bu nedenle M dizisi için 15.5 V@700mA sağlayan güç kaynağı kullanılmıştır.

Denemelerde PAR ölçümleri bitkilerin üzerinden yapılmış ve ölçümlerde Apogee MQ-510 [389-692 nm; 0-4000 µmol.m^{-2}.s^{-1}, görüş alanı: 180°] tam spektrum quantum ölçer (Şekil 7) kullanılmıştır (Apogee inc., 2021).



Şekil 7. PAR ölçer (Apogee, MQ-510)

Saksılarda yetiştirme ortamı olarak Hindistan cevizi kabuğu (coco-peat) kullanılmıştır. Ortamın içerik değerleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Hindistan cevizi kabuğu (Coco peat) içerik analiz verileri

Yetiştirme Ortamının İçerik Analizi

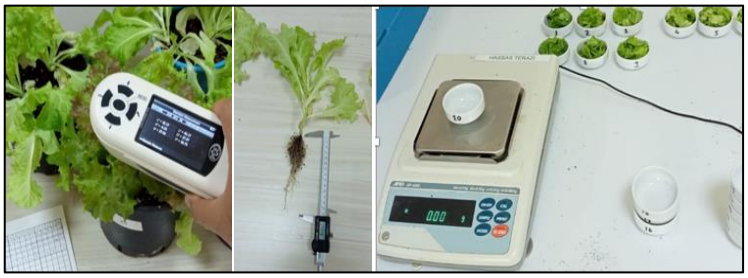
	%		**ppm**		**Çözünmüş**
Azot (N)	0.51	Demir (Fe)	289	H	5.1-6.4
Fosfor (P)	0.09	Mangan (Mn)	18.4	P	10-20 ppm
Potasyum (K)	1.87	Bor (B)	18.1	K	40-100 ppm
Kalsiyum (Ca)	0.30	Bakır (Cu)	17.3	Ca	30-50 ppm
Magnezyum (Mg)	0.11	Çinko (Zn)	17.9	Mg	10-20 ppm
Sülfür (S)	0.10				

2.2. Yöntem

Araştırmanın yürütüldüğü her aydınlatma bölmesinde 4 saksı ve her saksıda 8 marul (kırmızı kıvırcık yaprak salata (*Lactuva sativa* var. Crispa) tohumu 4-8 mm derinliğe ekilmiş, çimlenme sonrası ise en iyi 3 filiz kalacak şekilde seyreltme işlemi uygulanmıştır.

Denemeler, 24°C sıcaklık ve %60 ±5 bağıl nem koşullarında, 16 saat aydınlık (gündüz), 8 saat karanlık (gece) olacak şekilde kurulmuş ve ekim işleminden itibaren toplam 57 günlük deneme süresinde 150±10 µmol.m^{-2}.s^{-1} PAR uygulanmıştır. Bitkiler üzerinde 2 gün aralıkla yaprak sayısı (adet), yaprak eni (mm), yaprak boyu (mm), boğum arası mesafe (mm) ölçümleri alınarak gelişimleri takip edilmiştir. Deneme sonunda ise, köklü ve köksüz yaş kütleler (g), kuru madde miktarı (%), kök uzunlukları (mm), klorofil a ve b (mg/g) değerleri ölçülmüştür. Ölçümlerde, uzunluklar için 0.01 mm hassasiyetli kumpas, kütleler için hassas terazi ve renk ölçümü için PCE-CSM 3 renk ölçüm cihazı kullanılmıştır (Şekil 8). Gıdalarda renk ölçümleri L, a, b değerleri ile ifade edilmektedir. Burada "L"

parlaklığı, "a" kırmızı ve yeşili, "b" ise sarı ve mavi renk tonlarının derecesini ifade etmektedir. Parlaklık (L) 0 ile 100 arasında değer almaktadır (Üren, 1999).



Şekil 8. Deneme sonunda yapılan ölçümler

Deneme sonunda kırmızı kıvırcık yaprak salata bitkilerinden, 0.25 g örnek alınarak, %80'lik hazırlanmış aseton ile homojenizatörde parçalandıktan sonra %80'lik aseton ile 25 ml'ye tamamlanmıştır. Tamamlanan örnekler daha sonra kaba filtre kağıdından filtre edildikten sonra spektrofotometre cihazında 663 ve 645 nm dalga boylarında okunmuştur. Hesaplamalar için aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır.

$$Klorofil\ a\ (mg/g)\ =\ (12.7xD663) -\ (2.69xD645)\ x\ V\ /\ W\ x\ 1000 \quad (4)$$

$$Klorofil\ b\ (mg/g)\ =\ (22.91xD645) -\ (4.68xD663)\ x\ V\ /\ W\ x\ 1000 \quad (5)$$

Burada, V, ekstrakt hacmi (ml), W, bitki kütlesi (g)'dır.

Bitkiler gelişimini tamamlayıp saksılardan ayrıldıktan sonra kuru madde oranının belirlenmesi için, her ışık bölmesinde yetişen marullardan üçer tekerrürlü örnekler alınarak 105°C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş ve kuru madde oranları Eşitlik 6'da ki gibi yapılmış ve istatistiki açıdan değerlendirilmiştir;

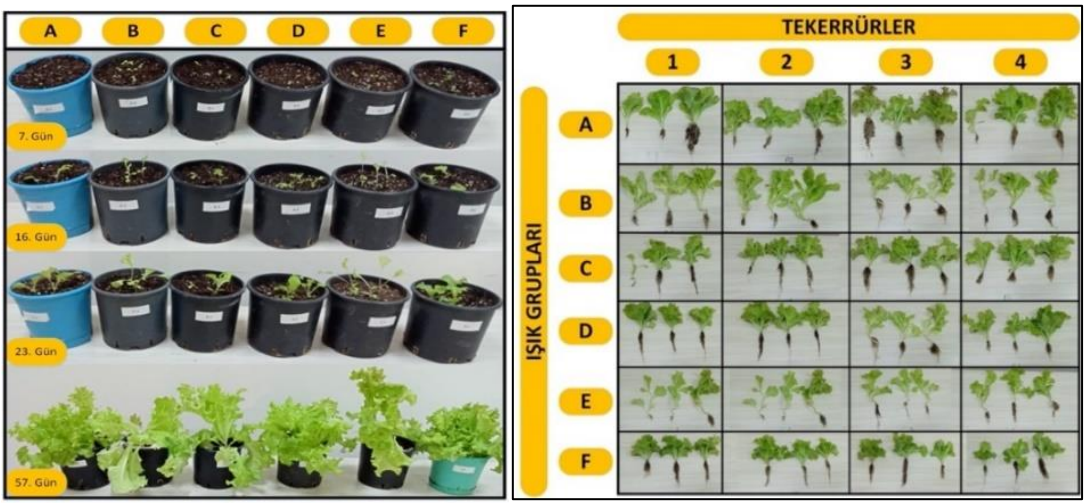
$$\%N_y = \frac{W_s}{W_s + W_k} x100 \quad (6)$$

N_y = Yaş baza göre nem içeriği (%)
W_s = Su ağırlığı (g)
W_k = Kuru madde ağırlığı (g)

Yapılan denemeler dörder saksıda üçer fide olmak üzere toplamda 12 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiş ve araştırmadan elde edilen sonuçların arasındaki farkın olup olmadığını belirlemek için SPSS paket programında istatistiksel analizler yapılmıştır. İstatiksel olarak önemli bulunan parametrelerin karşılaştırılmasında, denemede elde edilen verilerin değerlendirilmesi ve varyans analizlerinde (ANOVA) SPSS (Version 17; Chicago, IL, USA) istatistik yazılımı kullanılmıştır. Ortalamaların karşılaştırılması Duncan testine göre $p \leq 0.01$ düzeyinde yapılmıştır.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Çalışma süresi boyunca belirli periyotlarla fotoğrafları çekilen saksılar ve çalışma sonundaki tekerrürlere bağlı kök uzunlukları Şekil 9'da görülmektedir.



Şekil 9. Marul bitkilerinin gelişimi ve tekerrürler

Yapılan ölçüm sonuçlarına göre, en yüksek klorofil a ve b değerleri A bölmesinde, en düşük değerler ise E bölmesinde elde edilmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Klorofil a ve b ölçüm sonuçları

Bölmeler	***Klorofil a (mg/g)***	***Klorofil b (mg/g)***
A	545.38	184.67
B	372.57	138.17
C	440.42	163.41
D	459.17	141.38
E	349.45	116.98
F	489.93	155.53

Farklı ışık kaynaklarının, yaprak boyu, yaprak eni, boğum arası mesafe ve yaprak sayısı üzerine etkisinin istatistiki açıdan önemli olduğu bulunmuştur (Çizelge 4). Duncan karşılaştırma testi sonuçlarına göre "B" ışık kaynağında yetiştirilen marulların en fazla yaprak boyuna, "D" ışık kaynağında yetiştirilen marulların en fazla yaprak enine, "A – D – F" ışık kaynağında yetiştirilen marulların boğum arası mesafesinin en kısa olduğuna ve "C – D – F" ışık kaynağında yetiştirilen marulların en fazla yaprak sayısına sahip olduğu belirlenmiştir. Farklılıkları belirtilen ışık kaynakları, değerlendirildikleri parametrelerde diğer ışık kaynaklarında yetiştirilen marullara göre istatistiki açıdan önemlilik göstermişlerdir.

Çizelge 4. Farklı ışık kaynaklarında yetiştirilen marulların gelişim özellikleri

Bölme	*Yaprak boyu (mm)*	*Yaprak eni (mm)*	*Boğum arası mesafe (mm)*	*Kök uzunluğu (mm)*	*Köklü yaş kütle (g)*	*Köksüz yaş kütle (g)*	*Yaprak sayısı (adet)*
A	176.25^{ab*}	107.06^{b}	0^{a}	122.84	16.03	14.23	9.33^{bc*}
B	324.58^{e}	97.49^{a}	22.45^{c}	125.30	17.45	15.45	8.50^{b}
C	222.50^{c}	105.47^{ab*}	2.87^{b}	149.35	23.31	15.43	9.91^{bcd*}
D	198.75^{b}	116.78^{c}	0^{a}	172.25	14.69	13.35	10.58^{cd*}
E	287.92^{d}	108.52^{b}	41.25^{d}	121.95	9.05	8.38	5.58^{a}
F	168.33^{a}	98.24^{a}	0^{a}	154.65	16.83	15.14	11.16^{d}
	**	**	**	Önemsiz	Önemsiz	Önemsiz	**

* Duncan çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık önemsizdir.
** P<0.01

Çalışma sonunda, marul yapraklarının renk parametrelerinden sadece L değeri üzerine etkisinin istatistiki açıdan önemli olduğu (P<0.01), en yüksek L değerinin "B – D – E" bölmelerindeki ışık kaynaklarında yetiştirilen marullarda olduğu görülmüştür (Çizelge 5).

Çizelge 5. Farklı ışık kaynaklarında yetiştirilen marulların renk özellikleri

Bölme	***L***	***a***	***b***
A	39.34^{a}	-4.48	23.73
B	46.22^{c}	-6.07	26.35
C	41.30^{a} ^{b*}	-5.47	25.29
D	42.31^{a} ^{bc*}	-5.39	25.47
E	44.59^{b} ^{c*}	-6.54	25.69
F	41.15^{a} ^{b*}	-5.72	24.61
	**	Önemsiz	Önemsiz

* Duncan çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık önemsizdir
** P<0.01

Farklı ışık ve ışık grubu uygulamalarının kuru madde oranı üzerine etkileri istatistiki açıdan önemli bulunmuştur (P<0.05). Duncan karşılaştırma testi sonuçlarına göre en yüksek kuru madde oranı "B" bölmesinde yetiştirilen marullarda görülürken, en düşük ise "A – C – E – F" bölmesinde yetiştirilen marullarda görülmüştür (Çizelge 6).

Çizelge 6. Farklı ışık kaynaklarında yetiştirilen marulların kuru madde oranları

Bölme	***Kuru Madde Oranı (%)***
A	4.84^{a}
B	6.57^{c}
C	4.97^{ab*}
D	6.06^{bc*}
E	4.93^{a}
F	5.19^{ab*}
	**

* Duncan çoklu karşılaştırma sonuçlarına göre aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık önemsizdir
** P<0.05

Köksal ve ark., (2013), LED aydınlatma sisteminin domates bitkisinin gelişim parametrelerinde oluşturacağı değişiklikler üzerine yaptıkları çalışmada, kırmızı turuncu LED ışığın ek aydınlatma olarak verilmesinin, bitki boyu, yaprak sayısı, çiçek sayısı ve biyokütle ağırlığı bakımından istatistiki olarak önemli farklılıklar yarattığını gözlemlemiştir. Bice Ataklı, (2018), yaptığı lisansüstü çalışmada, farklı renkteki LED ışıkların (mavi, sarı, kırmızı, mavi+sarı, mavi+kırmızı, sarı+kırmızı, mavi+sarı+kırmızı) topraksız tarımda kıvırcık yapraklı baş salata ve biberde, bitki gelişimlerini incelemiştir. Sonuç olarak, kırmızı ve mavi ışık kaynakları ve bunların kombinasyonlarının verim ve bitki gelişimini artırdığını tespit etmiştir. Efe, (2014), kıvırcık yapraklı salata yetiştiriciliğinde ilave LED kullanımının verim, kalite ve bitki gelişimine olan etkileri üzerine lisansüstü bir çalışma gerçekleştirmiştir. Farklı renk ve karma renklerden oluşan deneme sonuçlarına göre, bitki ağırlığı, yaprak sayısı, C vitamini, yaprak rengi gibi birçok parametrenin değişkenlik gösterdiğini tespit etmiştir. Sonuç olarak, mavi + sarı + kırmızı ışık kombinasyonunun verim ve bileşenlerini artırırken nitrat içeriğini düşürdüğünü belirlemiştir.

Yapılan benzer çalışmalar incelendiğinde LED ışıkların bitkilerin gelişim parametreleri yönünde farklı sonuçlara yol açtığı görülmektedir. Özellikle yaprakları yenen yeşil bitkiler incelendiğinde, farklı ışık kombinasyonlarının bu çalışmada olduğu gibi gelişim parametrelerini olumlu yönde etkilediği gözlemlenmiştir.

4. SONUÇ

Araştırmada bitkilerin farklı LED kombinasyonları ve floresan lamba ışıkları altında 57 günlük süre boyunca gelişimleri incelenmiştir. Yapılan istatistiki analizler sonucunda farklı ışık kaynaklarının, kırmızı kıvırcık yaprak salatanın gelişim parametreleri üzerinde olumlu ve olumsuz birçok sonuca yol açtığı görülmüştür. Sonuç olarak özellikle soğuk beyaz ve sıcak beyaz LED ışıkların birlikte veya yetişme dönemine göre sırayla kullanılmasının verimde önemli artışlar sağlanabileceği anlaşılmaktadır. Pazarlanabilir yaprak sayısı açısından bölmeler incelendiğinde “A” ve “F” bölmesinde yetiştirilen bitkilerin öne çıktığı görülmektedir. Ayrıca renginden dolayı kırmızı kıvırcık yapraklı olarak bilinen bu çeşit yapay aydınlatma koşulları altında neredeyse tamamen yeşil bir yaprak rengine sahip olmuştur. Sadece “A ve F” bölmelerinde yetiştirilen marulların yaprak uçlarında hafif kızarıklık tespit edilmiştir. Bu kapsamda kırmızı kıvırcık yapraklı salatanın farklı ışık kaynakları altındaki renk değişimlerinin incelenmesi üzerine yeni çalışmalar yapılması literatüre katkıda bulunacaktır. Gelecek çalışmalarda roka, tere, maydanoz vb. yaprağı yenen bitkiler için de denemeler yapılabilir ve sonuçlar karşılaştırmalı olarak değerlendirilebilir.

KAYNAKLAR

Apogee inc., 2021. MQ-510 Fotosentezde Aktif Işınım (PAR: Photosynthetically Active Radiation (PAR)) ölçer teknik dokümanı. https://www.apogeeinstruments.com/content/MQ-510-manual.pdf. (Erişim Tarihi: Mayıs 2021)

Bayhan, Y. ve Avcı, Z. 2019. Örtü Altı Sebze Yetiştiriciliğinde LED Aydınlatma Sistemlerinin Bitki Gelişimine ve Verimine Etkisinin Belirlenmesi. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 17: 86-95.

Berkovich, Y.A., Krivobok, N.M., Smolyanina, S.O. ve Erokhin, A.N. (2005). Kosmicheskie oranzherei: nastoyashcheei budushchee (Space Greenhouses: Now and in Future), Russia.

Bice Ataklı, S. 2018. Topraksız Tarımda Kıvırcık Yapraklı Baş Salata ve Biberde Led Aydınlatmanın Verim, Bitki Gelişimi, Mineral Madde Alımı ve Yaprak Nitrat Birikimine Etkisi. Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Tokat. S:58-62.

Bozkurt, D. ve Kurt, O. 2007. Keten (*Linum usitatissimum* L.)'in Verim ve Verim Unsurlarına Ekim Zamanı ve Toprak Sıcaklığının Etkisi. OMÜ Zir. Fak. Dergisi, 22 (1): 20-25.

Brazaitytė, A., R. Ulinskaitė, P. Duchovskis, G. Samuolienė, J. B. Šikšnianienė, G. Šabajevienė, K. Baranauskis, G. Stanienė, G. Tamulaitis, Z. Bliznikas, A. Žukauskas, 2006. Optimization of Lighting Spectrum For Photosynthetic System And Productivity Of Lettuce By Using Light-Emitting Diodes. Acta Hortic 711:183–188.

Carvalho, S. D., K. M. Folta, 2014. Environmentally Modified Organisms—Expanding Genetic Potential with Light. Crit Rev in Plant Sci 33:486–508.

Chen, X. L., X. Z. Xu, W. Z. Guo, L. C. Wang, X. J. Qiao, 2016. Growth And Nutritional Properties Of Lettuce Affected By Mixed Irradiation Of White And Supplemental Light Provided By Light-Emitting Diode. Sci Hort 200:111–118.

CREE Inc. (2021). XLamp LED teknik dokümanı. Cree inc. web sayfası: http://www.cree.com/led-components/products/xlamp-leds. Erişim tarihi: Mayıs 2021).

Çağlayan, N. ve Ertekin, C. 2011. Bitkisel Üretim için LED Yetiştirme Lambalarının Kullanımı. Uluslararası Katılımlı I. Ali Numan Kıraç Tarım Kongresi ve Fuar, 27-30.

Çağlayan, N. ve Ertekin, C. 2018. Farklı Dalga Boylu LED Işıklarının Yeşil Yapraklı Bitkilerin Gelişimi Üzerindeki Etkileri. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 14 (2): 105-114.

Çakırer, G., Akan, S., Demir, K. ve Yanmaz, R. 2017. Bahçe Bitkilerinde Kullanılan Işık Kaynakları. Akademik Ziraat Dergisi, 6: 63-70.

Çakmakçı, R. 2005(a). Bitki Gelişiminde Fosfat Çözücü Bakterilerin Önemi. S. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 19 (35): 93-108.

Çakmakçı, R. 2005(b). Bitki Gelişimini Teşvik eden Rizobakterilerin Tarımda Kullanımı. Atatürk Üniv. Zir. Fak. Derg. 36 (1): 97-107.

Demotes -Mainard, S., T. Peron, A. Corot, 2016. Plant Responses To Red And Far Red Lights, Applications In Horticulture. Eviron Exp Bot 121:4–21.

Edison Opto inc. (2021). Edixeon Emitter High Power LED Datasheet. http://www.edison-opto.com.tw (Erişim tarihi: Mayıs 2021).

Efe, H. 2014. Katı Ortam Kültüründe Kıvırcık Yapraklı Salata Yetiştiriciliğinde İlave Led Aydınlatma Uygulamalarının Verim Kalite ve Bitki Gelişimine Etkileri. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Tokat. S:41-42.

Johkan, M., K. Shoji, F. Goto, S. Hashida, T. Yoshihara, 2010. Blue Light-Emitting Diode Light Irradiation Of Seedlings Improves Seedling Quality And Growth After Transplanting In Red Leaf Lettuce. HortScience 45:1809–1814.

Karaşahin, M. ve Sade, B. 2011. Farklı Sulama Yöntemlerinin Hibrit Mısırda (*Zea mays* L. indentata S.) Dane Verimi ve Verim Unsurları Üzerine Etkileri. U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 25 (2): 47-46.

Kırbay, E. ve Özer, H. 2015. Farklı Gölgeleme Uygulamalarının Örtüaltında Organik Olarak Yetiştirilen Hıyarın (*Cucumis sativus* L.) Verim ve Kalite Üzerine Etkisi. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 1 (1): 7-14.

Köksal, N., İncesu, M. ve Teke, A. 2013. LED Aydınlatma Sisteminin Domates BitkisininGelişimi Üzerine Etkileri. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi 6 (2): 71-75.

Lee, M. J., S. Y. Park, M. M. Oh, 2015. Growth And Cell Division of Lettuce Plants Under Various Ratios Of Red To Far-Red Light-Emitting Didoes. Hortic. Environ Biote 56:188–194.

Lee, M. J., K. H. Son, M. M. Oh, 2016. Increase in biomass and bioactive compounds in lettuce under various ratios of red to far-red LED light supplemented with blue LED light. Hortic Environ Biote 57:139–147.

Lefsrud, M. G., D. A. Kopsell, C. E. Sams, 2008. Irradiance from distinct wavelength light-emitting diodes affect secondary metabolites in kale. HortScience 43:2243–2244

Li, H., Tang, C., Xu, Z., Liu, X. ve Han, X. 2012. Effects of Different Light Sources on the Growth of Non-heading Chinese Cabbage (*Brassica campestris* L.). Journal of Agricultural Science, 4 (4): 262-273.

Li, Q., C. Kubota, 2009. Effects of supplemental light quality on growth and phytochemicals of baby leaf lettuce. Environ Exp Bot 67:59–64.

Lin, K. H., M. Y. Huang, W. D. Huang, M. H. Hsu, Z. W. Yang, C. M. Yang, 2013. The effects of red, blue, and white light-emitting diodes on the growth, development, and edible quality of hydroponically grown lettuce (*Lactuca sativa* L. var. capitata). Sci Hort 150:86–91.

Matsuda, R., K. Ohashi-Kaneko, K. Fujiwara, K. Kurata, 2007. Analysis of the relationship between blue-light photon flux density and the photosynthetic properties of spinach (Spinacia olearacea L.) leaves with regard to the acclimation of photosynthesis to growth irradiance. Soil Sci Plant Nutr 53:459–465.

Mizuno, T., W. Amaki, H. Watanabe, 2011. Effects of monochromatic light irradiation by LED on the growth and anthocyanin contents in leaves of cabbage seedlings. Acta Hortic 907:179–184.

Naznin, M. T., M. Lefsrud, V. Gravel, X. Hao, 2016. Different ratios of red and blue LED light effects on coriander productivity and antioxidant properties. Acta Hortic 1134:223–229.

Odabaş, M.S. ve Gülümser, A. 2005. Farklı ışık şiddetinin baklada (Vicia faba L.) verim ve bazı bitkisel özelliklere etkisi. Tarım Bilimleri Dergisi, 11 (3): 286-291.

Ohashi-Kaneko, K., M. Takase, N. Kon, K. Fujiwara, K. Kurata, 2007. Effect of light quality on growth and vegetable quality in leaf lettuce, spinach and komatsuna. Environ Control Biol 45:189–198.

Olle, M., A. Viršilė, 2013. The effects of light-emitting diode lighting on greenhouse plant growth and quality. Agr. Food Sci 22:223–234.

Öz, M. 2002. Bursa Mustafakemalpaşa Ekolojik Koşullarında Farklı Bitki Populasyonları ve Azot Dozlarının Soyanın Verim ve Verim Unsurlarına Etkisi. Ulud. Üniv. Zir. Fak. Derg., 16: 165-177.

Öztürk, A. ve Demirsoy, L. 2004. Değişik Gölgeleme Uygulamalarının Camarosa Çilek Çeşidinde Verim ve Büyüme Üzerine Etkileri. Bahçe, 33 (1-2): 39-49.

Özyazıcı, M. A. ve Manga, İ. 2000. Çarsamba Ovası Sulu Kosullarında Yesil Gübre Olarak Kullanılan Bazı Baklagil Yembitkileri ile Bitki Artıklarının Kendilerini Izleyen Mısır ve Ayçiçeginin Verim ve Kalitesine Etkileri. Turk J Agric For, 24: 95-103.

Sağlam, A. 2021. Phytolacca americana L. Bitkisinin Farklı Habitatlardaki Bazı Ekolojik ve Kimyasal Parametrelerinin Karşılaştırılması. Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Moleküler Biyoloji ve Genetik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. S:3.

Samuolienė, G, A. Urbonavičiūtė, P. Duchovskis, Z. Bliznikas, P. Vitta, A. Žukauskas, 2009. Decrease in nitrate concentration in leafy vegetables under a solid-state illuminator. HortScience 44:1857–1860.

Samuolienė, G., A. Brazaitytė, P. Duchovskis, A. Viršilė, J. Jankauskienė, R. Sirtautas, A. Novičkovas, S. Skalauskienė, J. Sakalauskaitė, 2012(a). Cultivation of vegetable transplants using solid-state lamps for the short-wavelength supplementary lighting in greenhouses. Acta Hortic 952:885–892.

Samuolienė, G., R. Sirtautas, A. Brazaitytė, A. Viršilė, P. Duchovskis, 2012(b). Supplementary red-LED lighting and the changes in phytochemical content of two baby leaf lettuce varieties during three seasons. J Food Agric Environ 10:7001–7706.

Samuolienė, G., A. Brazaitytė, R. Sirtautas, A. Viršilė, J. Sakalauskaitė, S. Sakalauskienė, P. Duchovskis, 2013. LED illumination affects bioactive compounds in romaine baby leaf lettuce. J Sci Food Agric 93:3286–3291.

Snowden, M. C., K. R. Cope, B. Bugbee, 2016. Sensitivity of seven diverse species to blue and green light: interactions with photon flux. PLOS ONE 11(10): e0163121.

Söğüt, T. 2005. Aşılama ve Azotlu Gübre Uygulamasının Bazı Soya Çeşitlerinin Verim ve Verim Özelliklerine Etkisi. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 18 (2): 213-218.

Stutte, G. W., S. Edney, T. Skerritt, 2009. Photoregulation of bioprotectant content of red leaf lettuce with light-emitting diodes. HortScience 44:79–82.

Şahin, M. 2010. Borlu Gübrelemenin Fındık Bitkisinin Verim ve Yaprakların Bazı Bitki Besin Maddesi İçerikleri Üzerine Etkisi. Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. 1-3 s.

Şaman, O. ve Öztürk, Ö. 2012. İkinci Ürün Susamda Farklı Bitki Sıklıklarının Verim ve Verim Unsurları Üzerine Etkileri. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 5 (1): 118-123.

Tarakanov, I., O. Yakovleva, I. Konovalova, G. Paliutina, A. Anisimov, 2012. Light-emitting diodes: on the way to combinatorial lighting technologies for basic research and crop production. Acta Hortic 956:171–178.

Ünlü, H. ve Padem, H. 2009. Organik Domates Yetiştiriciliğinde Çiftlik Gübresi, Mikrobiyal Gübre ve Bitki Aktivatörü KullanımınınVerim ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri. Ekoloji, 19 (73): 1-9.

Üren, A. 1999. Üç Boyutlu Renk Ölçme Yöntemleri. Gıda, 24 (3): 193-200.

Wojciechowska, R., O. Długosz-Grochowska, A. Kołton, M. Župnik, 2015. Effects of LED supplemental lighting on yield and some quality parameters of lamb's lettuce grown in two winter cycles. Sci Hortic 187:80–86.

Yorio, N. C., G. D. Goins, H. R. Kagie, R. M. Wheeler, J. C. Sager, 2001. Improving spinach, radish and lettuce growth under red light emitting didoes (LEDs) with blue light supplementation. HortScience 36:380–383.

Yücesan, B. ve Olutaş, M. 2019. Bitki Fabrikalarının Dünü, Bugünü ve Yarını. Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi. (Özel Sayı:1): 1-3.

Žukauskas, A., Z. Bliznikas, K. Breivė, A. Novičkovas, G. Samuolienė, A. Urbonavičiūtė, A. Brazaitytė, J. Jankauskienė, P. Duchovskis, 2011. Effect of supplementary pre-harvest LED lighting on the antioxidant properties of lettuce cultivars. Acta Hortic 907:87–90.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction and Research Questions & Purpose

The desire to grow crops at times and places that are not suitable for growing plants has led to the development of controllable artificial growing environments. Temperature, humidity and light are among the most important factors to keep under control here. While the temperature, light and humidity values are among certain fixed values, studies are still continuing due to the developing technologies and various variations on light. In this study, the effects of light sources of different wavelengths on the growth of red curly leaf salad (Lactuva sativa var. Crispa) plants were examined and the results were discussed.

Methodology

The study was carried out with a total of 12 replications, three planted seeds in four pots in 6 compartments (A, B, C, D, E and F). The light sources were adjusted to be 16 hours of daytime and 8 hours of night, and the ambient temperature was kept constant at 24°C. Single color LED light sources in the research; mixed LED light sources with cool white (A), red (B), warm white (C), cool white fluorescent lamps (D), combination with five different LEDs [33.3% red + 16.7% far red + 16.7% green + 16.7% blue + 16.6% UVA] (E) and combination with two different LEDs [50% red + 50% blue] (F) were used. After starting the experiment, the leaf length, leaf width, distance between the leaf nodes of the plants were measured at fixed intervals and their daily development was recorded. At the end of the experiment, root length, rooted weight, rootless weight and leaf number were measured. Color measurements and dry matter weights were defined by analyzing chlorophyll a and b values.

Results and Conclusions

As a result, it is understood that the use of cold white and warm white LED lights together or sequentially according to the growing period can provide significant increases in efficiency. When the sections are examined in terms of the number of marketable leaves, it is seen that the plants grown in the "A" and "F" sections stand out. Also known as red curly-leaved because of its colour, this cultivar has an almost entirely green leaf color under artificial lighting conditions. Only slight redness was detected on the leaf tips of the lettuce grown in “A and F” compartments.

Yazarların Biyografisi



Ahmet ŞAHİN

1997 Keçiören, Ankara doğumlu yazar, ilk, orta ve lise eğitimini Keçiören'de tamamlamıştır. 2017 yılında Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümün'den lisans derecesini almıştır. 2021 yılından beri Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği ABD'nda Yüksek Lisans eğitimine devam etmektedir. Tarımda aydınlatma uygulamaları ve topraksız tarım konuları üzerinde çalışmaktadır.

İletişim ahmetsah.483@gmail.com
ORCID Adresi https://orcid.org/0000-0003-4342-9491



İsmail BOYAR

1990 Konak, İzmir doğumlu yazar, ilk, orta ve lise eğitimini Bergama'da tamamlamıştır. 2013 yılında SDÜ Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'nden Lisans, aynı üniversite Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları ABD'ndan 2017 yılında Yüksek Lisans derecesini almıştır. 2019 yılından beri Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü'nde/ABD'da Arş. Gör. olarak doktora eğitimine devam etmektedir. Tarımda enerji kullanımı, tarımsal ürünleri kurutma tekniği, ürün işleme tekniği ve hayvancılıkta mekanizasyon konularında çalışmaları bulunmaktadır.

İletişim ismailboyar@akdeniz.edu.tr
ORCID Adresi https://orcid.org/0000-0001-6703-6022



Mehmet TORUN

Dr. Mehmet TORUN, Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü'nde 2006 yılında Lisans eğitimini tamamladıktan sonra, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği ABD'nda 2009 yılında Yüksek Lisans eğitimini, 2015 yılında da doktora eğitimini tamamlamıştır. 2018 yılından bu yana aynı bölümde Dr. Öğr. Üyesi olarak görevine devam etmektedir. Gıda Mühendisliği Temel İşlemler Alanı'nda (Kurutma, ekstraksiyon, kavurma ve konsantrasyon) çok sayıda ulusal ve uluslararası dergide yayınlanmış makalesi bulunmaktadır.

İletişim torun@akdeniz.edu.tr
ORCID Adresi https://orcid.org/0000-0002-6287-2993



Nuri ÇAĞLAYAN

1975 Sivas doğumlu yazar, ilk, orta ve lise öğrenimini Antalya'da tamamlamıştır. 2002 yılında Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'nden lisans, aynı Üniversite Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları ABD'nda 2007 yılında yüksek lisans ve 2013 yılında doktora öğrenimini tamamlamıştır. 2020 yılından itibaren Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mekatronik Mühendisliği Bölümü Kontrol AD'da doçent olarak, LED bitki yetiştirme sistemlerinin tasarımı, sera otomasyon sistemleri, tarımda mekatronik uygulamalar ve yenilenebilir enerji kaynakları konularında çalışmalarını sürdürmektedir.

İletişim nuricaglayan@akdeniz.edu.tr
ORCID Adresi https://orcid.org/0000-0003-0206-5003



Can ERTEKİN

1970 Karşıyaka, İzmir doğumlu yazar, ilk, orta ve lise eğitimini Karşıyaka'da tamamlamıştır. 1991 yılında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'nden Lisans, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları ABD'ndan 1995 yılında Yüksek Lisans ve 2001 yılında Doktora derecelerini almıştır. 2012 yılından beri Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü'nde Profesör olarak görev yapmaktadır. Tarımda enerji kullanımı, tarımsal ürünleri kurutma tekniği, aydınlatma uygulamaları ve yenilenebilir enerji kaynakları konularında çok sayıda uluslararası ve ulusal çalışmaları bulunmaktadır.

İletişim ertekin@akdeniz.edu.tr
ORCID Adresi https://orcid.org/0000-0003-2987-2438