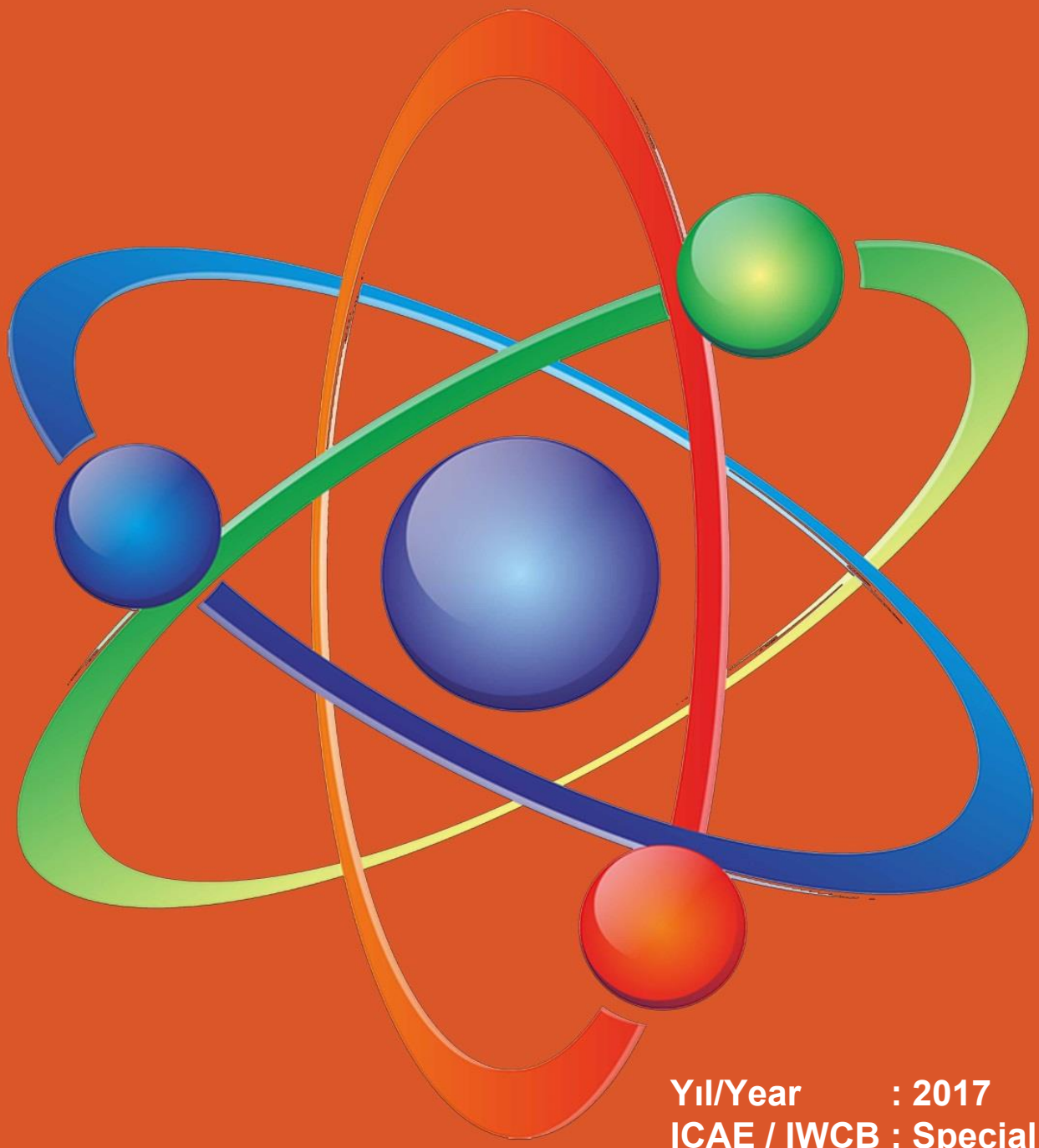
Akademia

Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Academia Journal of Engineering and Applied Sciences



Yıl/Year : 2017
ICAE / IWCB : Special Issue

Derginin Künyesi

Akademia Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi

Academia Journal of Engineering and Applied Sciences

ISSN: 2587-1897

Yayıncı



Editör

Prof. Dr. Recep KÜLCÜ

Dergi Hakkında

Akademia Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi (Academia Journal of Engineering and Applied Sciences) 2015 yılı itibariyle yılda bir kere yayınlanan hakemli bilimsel bir dergidir. Dergimizde Fen Bilimleri ve Mühendislik alanlarında, uluslararası bilimsel niteliklere sahip çalışmalar yayınlanmaktadır. Akademia Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, uluslararası alan indeksleri olan; Researchbib Index, AcademicKeys, General Impact Factor, International Institute of Organized Research, Eurasian Scientific Journal Index, Google Scholar, Asos Index, Journal Factor, EduIndex ve Copernicus index tarafından taranmaktadır.

Özel Say / Special Issue

ICAE

International Congress of Agriculture and Envirenment

IWCB

International Workshop of Composting and Biogas Technologies

Yayın Kurulu

Prof. Dr. Osman YALDIZ (Akdeniz University, Turkey)
Prof. Dr. Recep KÜLCÜ (Süleyman Demirel University, KAKAD, Turkey)
Prof. Dr. Can ERTEKİN (Akdeniz University, Turkey)
Prof. Dr. Günay KOCASOY (Boğaziçi University, KAKAD, Turkey)
Prof. Dr. Martin Libra (Czech University of Life Sciences Prague)
Prof. Dr. Eng. Sorin BIRIS (Univeristy of Politehnica Bucharest, Romania)
Prof. Dr. Nuri AZBAR (Ege University, KAKAD, Turkey)
Prof. Dr. Nuray BALKIS (İstanbul University , KAKAD, Turkey)
Prof. Dr. Ayşe FİLİBELİ (Dokuz Eylül University, KAKAD, Turkey)
Prof. Dr. Dilek SANİN (METU, KAKAD, Turkey)
Assoc. Prof. Dr. Ta.YEONG (Monash University, Malaysia)
Assoc. Prof. Dr. Nuriye Altınay PERENDECİ (Akdeniz University, Turkey)
Assoc. Prof. Dr. Merja KONTRO (University of Helsinki, Finland)
Assoc. Prof. Dr. Wojciech Budzianowski (Wrocław University of Science and Technology, Poland)
Assist. Prof. Dr. Ghaffar ALI (University of Agriculture FAISALABAD, Pakistan)
Assist. Prof. Dr. N.L. PANWAR (Maharana Pratap University of Agriculture and Technology, India)
Dr. Stefanie SIEBERT (Executive Director of the European Compost Network, GERMANY)
Dr. Eng. Mihai MATACHE (INMA Bucharest, Romania)
Dr. Eng. Valentin VLADUT (INMA Bucharest, Romania)
Dr. Antoni SÁNCHEZ (Universitat Autònoma de Barcelona, Spain)
Dr. Konstantinos MOUSTAKAS (National Technical University of Athens, Greece)
Dr. Abdullah YASAR (University Lahore, Pakistan)
Erwin Binner, Dipl. Ing. (MsC). (BOKU-University of Natural Resources and Life Sciences, Austuria)

İÇİNDEKİLER

İçindekiler 1

Konduitli Flotasyon Hücrelerinde Hücre Boyunun Havalandırma Performansına Etkisi .. 3

Türkiye'de Pirinç Biti (Sitophilus oryzae, Coleoptera: Curculionidae) Popülasyonlarının Malathion ve Deltamethrin'e Karşı Direnç Durumunun Belirlenmesi 14

Domates Hat ve Çeşitlerinin Fusarium Oxyporium F.Sp Lycopersici (FOL)'ye Karşı Dayanıklılığı 26

Melezleme Yoluyla Elde Edilmiş Bazı Keten (Linum usitatissimum L.) Genotiplerinin Ham Yağ Oranları ve Yağ Asidi Kompozisyonlarının Belirlenmesi 34

Dünya Crambe Gen Kolleksiyonuna Ait Crambe Hatlarının Samsun Ekolojik Koşullarında Uyum Yeteneklerininin Belirlenmesi Üzerinde Bir Araştırma 42

Farklı Kinoa Çeşitlerinin Bilecik Yöresinde Yeşil Ot Verimlerinin ve Verim Komponenetlerinin Belirlenmesi 50

Farklı Besin Solüsyonu Konsantrasyonlarının Yüzen Su Kültüründe Yetiştirilen Kuzukulağının Verim ve Kalitesi Üzerine Etkileri 62

Depolanmış Hububatta Zararlı Böceklerle Mücadelede Moleküler Yöntemlerin Kullanım Olanakları 78

Farklı Toprak işleme sistemlerinin Toprağın Mikrobiyal Aktivitesi Üzerine Etkisi 88

Aşılı (Rhizobium ciceri) ve Aşısız Toprak Koşullarında Linuron Etkili Maddeli Herbisitin Farklı Nohut Çeşitlerine Etkileri 96

Aclonifen Etkili Maddeli Herbisitin Nohut Cicer arietinum L. Gelişimine Olan Etkileri .. 109

Bazı Bitki Ekstraktlarının Farklı Malç Uygulamasında Yetiştirilen Domates Bitkisi Tohumlarının Çimlenme Gücü Üzerine Etkileri 117

Düz ve Kıvırcık Marul (Lactuca Sativa L. Romana Gars.) Fidelerinin Gelişimi Üzerine Farklı Katkı Maddelerinin Etkilerinin Belirlenmesi 127

Sığır Barınaklarında Kullanılan Altlık Materyallerin Tercih Sürelerinin Belirlenmesi..... 135

Kıyas Bitki Su Tüketiminin Hesaplanmasında Kullanılan Eşitliklerin Değerlendirilmesi. 144

Manisa Bölgesi'nden Toplanan Asma Yapraklarında Pestisit Kalıntılarının Araştırılması 162

Nohut Ekim Alanlarında Sorun Olan Sinapis arvensis L. (Yabani hardal) Mücadelesinde Aclonifen Etkinliği 175

Elektro-oksidasyon Prosesi Kullanılarak Biyolojik Çamur Dezentegrasyonu 181

Coğrafi İşaret Tescilli Gıdaların Türkiye ve Dünya'daki Durumu 190

Bazı Organik Materyallerin Toprağın Biyolojik Özellikleri ve Bakla Gelişimine Etkisi... 199

Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Doğal Olarak Yetişen Baklagil Yem Bitkilerinin Rhizobial Mikrosimbiyantlarının Karakterizasyonu 205

Tuzdan Etkilenen Toprakda Mikrobiyal Biyomas Karbon ve Katalaz Aktivite 210

Re-Modelling Of Small-Scale Dairy Cattle Farm As Large-Scale Collective Farm 215

Rooting of Green Top Cuttings of Wild Privet (Ligustrum vulgare L.) under Different Relative Humidity Levels and Indole-3 Butyric Acid (IBA) Concentrations 227

Tarım Makinalarında Bakım-Onarım Verileri Değerlendirme Esasları 235

Tarım Makinaları ve Traktörlerde Arızalanma Verilerinin İşletmecilik Kararlarında Kullanılma Esasları 246

Generatif Döneminde Su Kısıtı Uygulamalarının Bamyanın Bazı Morfolojik Özelliklerine Etkisi 256

Tuz Stresinin Yaprak Lahanada Yaprak Su Potansiyeli ve Bazı Yaprak Fizyolojik Özellikleri Üzerine Etkisi 268

Farklı Genetik Kaynaklardan Geliştirilen At dişi Mısır Çeşit Adaylarının Ana Ürün Koşullarında Verim ve Kalite Yönünden Değerlendirilmesi 281

Kombinasyon Kabiliyeti Yüksek Saf Hatlardan Geliştirilen Mısır Çeşit Adaylarının Performanslarının Belirlenmesi 289

LED Işık Kaynaklarının Domates ve Biber Bitkilerinin Gelişimi Üzerine Etkileri 297

An Overview of Veterinary Antibiotics and Their Ecological Effects 308

Toprak Altı Sıcaklığının Erkencilikte Kullanılma Potansiyeli 318

Industrial Clean Production Approaches 325

A Study about Using Animal Waste Generated in Livestock Carriers in Biogas Plants 331

Kentsel Alanlara Yakın Ormanlardaki Çevresel Baskıların Değerlendirilmesi 339

Tavuk Atıklarının Havasız Çürütülmesi Sırasında Optimum Katı Madde Oranı ile Biyogaz Veriminin Araştırılması 356

Biyogaz Üretiminde Fermantasyon Çamuru Kullanımı 365

Deneysel Ölçekli Biyogaz Üretimi Çalışmalarında Muhtemel Sorunlar ve Çözüm Önerileri 373

Biyogaz Üreteci Çıkış Suyunun Bitki Büyümesi Üzerine Etkileri 378

Çevresel Etki Değerlendirme Yönetmeliği Kapsamında Kompost ve Biyogaz Tesislerinin Değerlendirilmesi 387

LED Işık Kaynaklarının Domates ve Biber Bitkilerinin Gelişimi Üzerine Etkileri

Nuri ÇAĞLAYAN[1,*], Can ERTEKİN[2], Rahmi KOTAN[2]

[1]*Akdeniz Üniveristesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Antalya, Türkiye*
[2]*Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Antalya, Türkiye*
**nuricaglayan@akdeniz.edu.tr*

ÖZET

Işık tayfının içinde yer alan farklı dalga boylu ışıklar bitkiler üzerinde fizyolojik ve morfolojik açılardan farklı değişimlere yol açmaktadırlar. Araştırmalara göre Klorofil a ve b pigmentlerinin en etkin olduğu mavi (430 - 480 nm) ve kırmızı (640 - 680 nm) dalga boylu ışıklar çeşitli sebzeler üzerinde yüksek verimlilik ve besin kalitesi açısından iyi sonuçlar vermektedir.

Farklı dalga bandı kombinasyonları ile büyüme manipülasyonunun mümkün olduğunu bilmekle birlikte, bu çalışma LED ve Floresan lambalar tarafından üretilen farklı spektral birleşimlerin gösterdiği davranışların neden olduğu morfolojik etkileri belirlemek için yapılmıştır. Çalışmada (%52 Kırmızı + %48 Mavi) LED, Soğuk Beyaz LED ve Floresan lambaların domates ve biber fideleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Araştırmada Soğuk Beyaz (6500 K), Kırmızı (620 – 630 nm) ve Mavi (465 – 485 nm) dalga boylu LED'ler ile 6500 K Floresan lamba kullanılmıştır. Lambaların herbiri eşit ve 28 W ± 2 W. gücündedir.

Sonuçlara göre, en büyük gövde kalınlığı (Kırmızı + Mavi) LED ışığı altındaki domates fidelerinde 4.40 mm ve biber fidelerinde 4.80 mm ölçülmüştür. En küçük gövde kalınlığı ise Floresan ışığı altındaki domates (3.72 mm) ve biber (4.23 mm) fidelerinde belirlenmiştir. Ayrıca LED ışıklar altında yetişen bitkilerdeki toplam klorofil miktarının floresan altında yetişen bitkilere göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: LED, Fotosentez, Klorofil, Dalgaboyu, Bitki Yetiştirme Lambaları

The Effects of LED Light Sources on the Development of Tomato and Pepper Plants

ABSTRACT

Different wavelengths of light within the light spectrum lead to physiological and morphologically different changes on the plants. According to the researches, blue (430 – 480 nm) and red (640 – 680 nm) wavelengths of light, which are the most effective of chlorophyll a and b pigments, give good results in terms of high efficiency and nutritional quality on various vegetables.

While knowing that growth manipulation is possible with different waveband combinations, this study to determine the morphological effects caused by different spectral composition treatments produced by LED and Fluorescent lamps. In this study (52% Red + 48% Blue) LED, Cold White LED and Fluorescent lamps were investigated on tomato and pepper seedling. The study used 6500 K fluorescent lamps with cold white (6500 K), red (620-630 nm) and blue (465-485 nm) wavelength LEDs. Each of the lamps is equal and has a power of 28 W ± 2 W.

According to the results, the largest stem thickness on the seedlings was measured as 4.40 mm on tomato seedlings and as 4.80 mm on pepper seedlings under the (Red + Blue) LED lights. The smallest stem thickness was measured as 3.72 mm on tomato seedlings and 4.23 mm on pepper seedlings under fluorescent light. It was also found that the total amount of chlorophyll in the plants grown under the LED lights was higher than those grown under fluorescent.

Keywords: LED, Photosynthesis, Chlorophyll, Wavelength, Plant Growth Lights

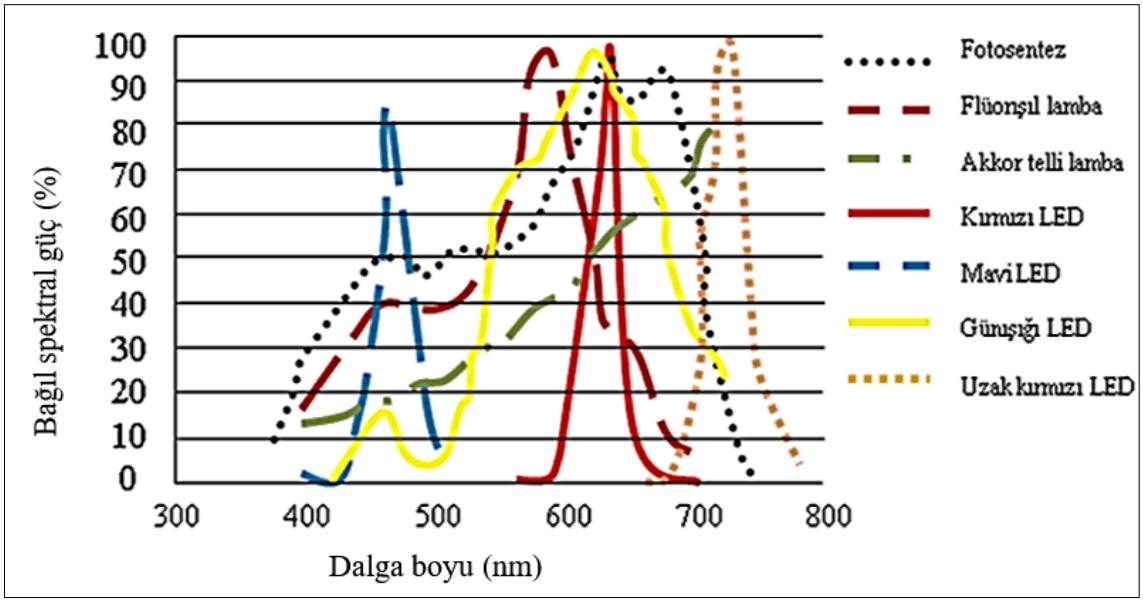
GİRİŞ

Bitkilerin ışığa olan gereksinimleri, ışığın şiddetine, süresine, kalitesine ve dalga boyuna göre değişiklikler gösterir. Işık şiddetinin belli oranlardaki artışı, bitkide büyüme ve gelişmeyi hızlandırıcı etkilerinin yanında, fotosentez hızı, uzama, kök şekli, yaprak anatomisi, yaprak boyutu ve rizogenesis gibi bazı morfolojik karakteristiklerin şekillenmesinde de oldukça önemli rolü bulunmaktadır (Vardar, 1975; Heuvelink, 1989; Uzun, 1996; Kevseroğlu, 1999; Aybak, 2002). Bu nedenle, bitkilerin kimyasal bağ enerjisini organik madde yapımında kullanabilmeleri için ışık enerjisini kimyasal enerjiye dönüştürebilme yeteneğinin, başka bir ifadeyle ışık kullanım etkinliğinin fazla olması gerekir (Hay ve Walker, 1989).

Yapılan araştırmalar, en etkili fotosentezin sağlandığı ve kuantum etkisinin en yüksek olduğu bölgenin turuncu-kırmızı bölge olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte bitkilerin istenen düzeyde gelişmeleri için dengeli bir ışık tayfı alması oldukça önemlidir. Bu nedenle bitkilerde sağlıklı bir gelişim için kırmızı ve turuncu ışık yanında mavi ışığın oranı da önemlidir. Bitkinin az miktarda mavi ışık alması uzamaya (Aşırı kök büyümesi) ve bazen de sarılaşan yapraklara neden olur. Bu işlevi bitkilerin kloroplastlarında veya kromatoforlarında bulunan pigmentler (Renk verici madde) yapmaktadır (Larson, 1997). Öte yandan kırmızı oranın düşük olması kökün büyümesini engellemektedir. Ancak bu duyarlılık tepkileri bitki türlerine göre değişmektedir (McCree, 1972).

Fotosentezden yararlanma etkinliğinin artırılması amacıyla doğal ışığa ilave olarak yapay ışık kaynakları kullanılmaktadır. Bitkisel üretimde kullanılan yapay ışık kaynaklarının bitkiler üzerindeki etkileri incelendiğinde, LED (*Light Emitting Diode*) lambalardan yayılan fotonların, geniş spektrum lambalara göre farklılıklar içerdikleri ve özellikle kırmızı LED'lerin geleneksel yapay ışık kaynaklarına göre daha az fotosentetik olmayan ışınım yaydıkları görülmektedir. Kırmızı renkli yüksek güçlü *AllGaP* tabanlı LED'ler 660 nm dalga boyunda ışık yayabilmektedirler. Bu dalga boyu bitkiler için önemli olan 640 nm dalga boyuna yakın olması açısından da önemlidir. Bu durum, bitkiler için gerekli olan PAR (*Photosynthetically Active Radiation*) enerjisinden yararlanma etkinliğinin artmasını sağlamaktadır. Birkaç dalga boyunun kısa bant spektrumuna sahip olmalarından dolayı, farklı aydınlatma koşullarında bitkilerin tepkisini belirlemek için yapılan aydınlatma çalışmalarında, en uygun ışık kaynağının yüksek ışık akısına sahip LED'ler olduğu ve LED'lerin gerekli PAR miktarının sağlanmasında yeterli oldukları görülmüştür (Berkovich ve ark., 2005).

PAR bölgesinin yer aldığı 400 – 700 nm dalga boyu aralığında yapay ışık kaynaklarının etkinliği birbirinden farklıdır (Şekil 1). Klorofil sentezi, 445 ve 650 nm dalga boylarında maksimum seviyeye yükselmekte, 500 – 575 nm dalga boyu aralığında ise azalarak %20 ve daha altındaki oranlara düşmektedir. Mavi, kırmızı ve uzak kırmızı ışık veren LED lambaların, fotosentez karakteristiğinin ilgili dalga boylarındaki enerjiyi karşılamak için uygun olduğunu göstermektedir (Koç ve ark., 2009).



Şekil 1. Yapay ışık kaynaklarının karakteristik eğrileri (Çağlayan ve Ertekin, 2011)

Öte yandan LED ışık kaynaklarının enerji tüketimleri, ortama daha az ısı yaymaları ve çalışma süreleri bakımından, yüksek basınçlı gaz boşalmalı, floresan ve akkor telli lambalara göre daha avantajlı oldukları bilinmektedir. Örnek olarak, doku kültürü ve büyüme odası endüstrisinde en çok kullanılan ışık kaynağı floresan (*TFL: Tubular Fluorescent Lamps*) lambalardır. Ancak TFL, bir doku kültürü laboratuvarında toplam elektrik gücünün %65'ini tüketmektedir. Bu nedenle, bu sanayiler sürekli olarak daha verimli ışık kaynakları aramaktadırlar. Bu bakımdan LED aydınlatma sistemleri bu alanda kullanılabilecek ışık kaynakları olarak gösterilmektedir (Yeh ve Chung, 2009).

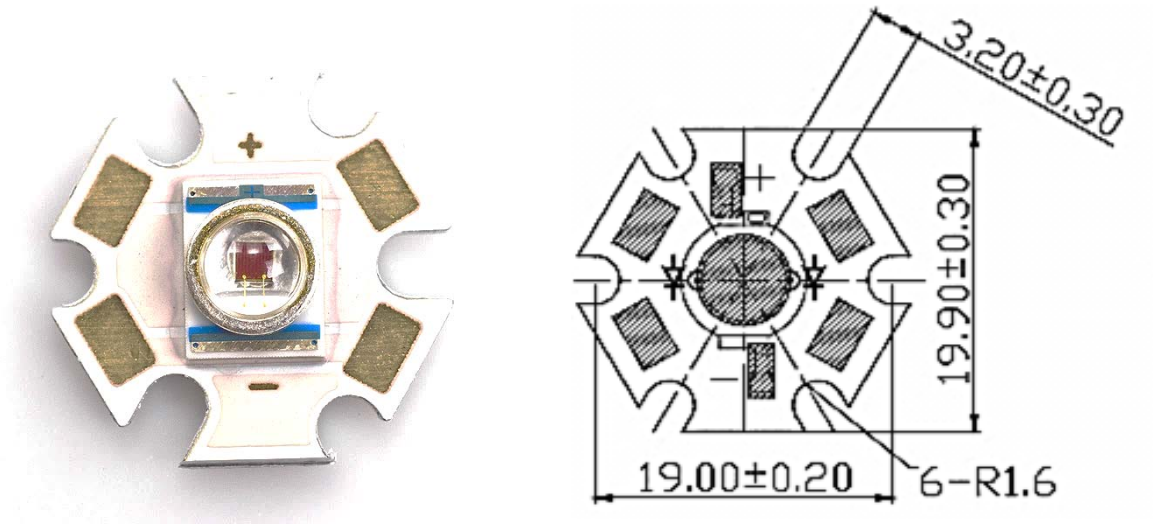
Yapılan çalışma kapsamında da LED ve floresan lambaların bazı bitki fideleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bu amaçla, 6500 K, (400 – 700 nm) Soğuk Beyaz gün ışığı LED (SB), %52 Kırmızı (620 – 630 nm) + %48 Mavi (465 – 485 nm) dalga boylu LED (K + M) ve 6500 K Soğuk Beyaz Floresan lamba (FL) ışık kaynaklarının domates ve biber fideleri üzerindeki etkileri incelenmiş ve sonuçlar tartışılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Laboratuvarında (40 cm x 40 cm x 40 cm) boyutlarında iç yüzeyleri alüminyum folyo ile kaplanmış 3 adet kabinde sürdürülmüştür. Kabinlerden birincisine 6500 K, (400 – 700 nm) Soğuk Beyaz gün ışığı LED (SB), ikincisine %52 Kırmızı (620 – 630 nm) + %48 Mavi (465 – 485 nm) dalga boylu LED (K + M), üçüncü kutuya ise kontrol grubunu oluşturan 1 adet; Soğuk Beyaz Floresan (6500 K; 26 W; 55 $lm.W^{-1}$) lamba (FL) yerleştirilmiştir. Tüm lambalar *27 W ± 2 W.* gücündedir. Çalışmada *Cree, XLamp XP – C* serisi 1 W, 350 mA LED'ler kullanılmıştır. LED'ler seri ve paralel şekillerde bağlanarak LED dizilerinden oluşan ışık kaynakları elde edilmiştir. Denemelerde kullanılan LED dizilerinin özellikleri Tablo 1.'de verilmiştir. Tüm LED'ler yüzey montaj (*PCB: Printed Circuit Board*) teknolojisiyle üretilmiş ve yıldız tipi soğutucular üzerine yerleştirilmiştir (Şekil 2).

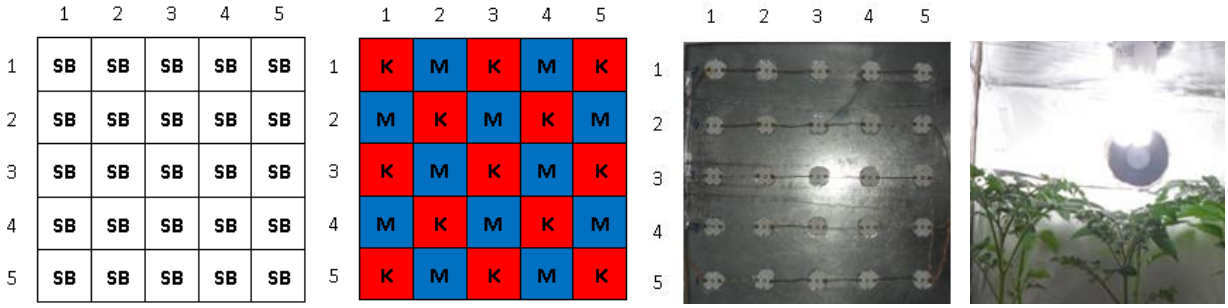
Tablo 1. LED özellikleri (Cree Inc., 2017)

Teknik Özellikler	LED		
	Soğuk Beyaz	Kırmızı	Mavi
Renk sıcaklığı (K)	6500	-	-
Dalga boyu (nm)	400 – 700	620 – 630	465 – 485
Işık akısı (lm)	100	45.7	23.5
Renk dönüşüm dizini (CRI)	70	-	-
Çalışma akımı (mA)	350	350	350
Çalışma gerilimi (V)	3.2 – 3.9	2.2 – 2.5	3.3 – 3.9
Çektiği güç (W)	1	1	1
En yüksek kavşak noktası sıcaklığı (°C)	150	150	150
Isıl direnç ($°C.W^{-1}$)	12	10	12
Işık yayım açısı (°)	115	125	125
Gerilimin sıcaklık katsayısı ($mV.°C^{-1}$)	- 4	- 2	- 4
Lamba içindeki sayısı	25	13	12
Paket yapısı	Yüzey montaj (SMD: Surface Mount Device)		



Şekil 2. Yıldız tipi alüminyum üzerine yerleştirilmiş LED ve soğutucu ölçüleri (XLamp XP – C, Cree Inc., 2017)

Işık kaynaklarının her biri ayrı olarak (40 cm x 40 cm x 40 cm) boyutlarında hazırlanmış kabinlerin iç kısmında, üst yüzeye yerleştirilmiştir. Kabinlerin tüm iç yüzeyleri alüminyum folyo ile kaplanmış ve iç ortam havalandırması için kutuların arka yüzey üzerinde havalandırma deliği açılarak (80 mm x 80 mm x 25 mm) boyutlarında fanlar (1400 d/d, 12 V_{dc}, 0.15 A) yerleştirilmiştir. LED yerleşimleri Şekil 3.a'da (25 adet SB LED) ve Şekil 3.b'de (13 adet K + 12 adet M) LED görülmektedir. Yıldız tip soğutuculu LED'ler belli bir geometride ve 2.5 cm aralıklarla (30 cm x 30 cm) ölçülerindeki alüminyum levhalar üzerine özel yapıştırıcı kullanılarak yerleştirilmiştir (Şekil 3.c). FL ise Şekil 3.d'de görülmektedir.



(a) (b) (c) (d)

Şekil. 3. a) SB LED düzeni, b) (K + M) LED düzeni ve c) metal levha üzerindeki genel LED yerleşimi d) kabin üzerindeki floresan lamba yerleşimi

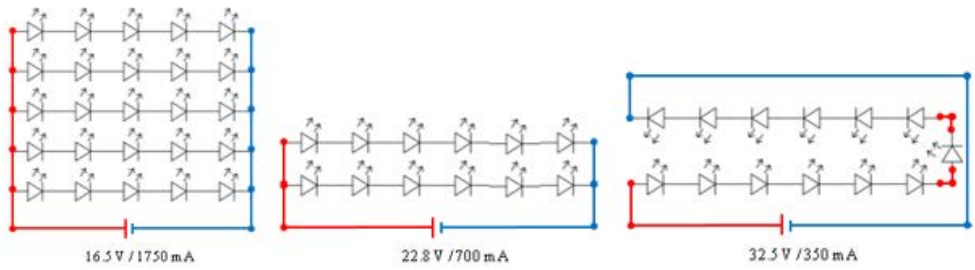
Çalışmada kullanılan SB için çalışma gerilimi 3.3 V, Mavi LED için çalışma gerilimi 3.8V ve Kırmızı LED için ise 2.5 V olarak alınmıştır. LED dizileri için gerekli çalışma gerilimi, akımı ve harcanan güç Eşitlik 1, 2 ve 3'e göre hesaplanmıştır.

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

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

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

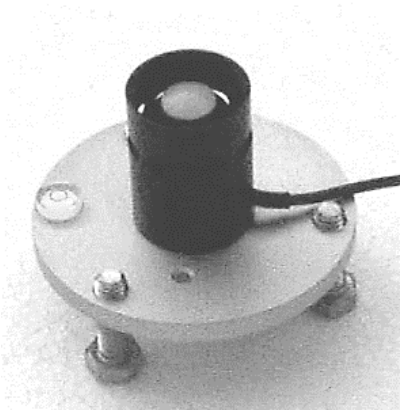
Eşitliklerde, V_f, LED dizisinin çalışma gerilimini (V); I_f, LED dizisinin çalışma akımını (A); P_f, LED dizisinin harcadığı toplam gücü (W); V_{LED} bir LED için doğru yön besleme gerilimini (V), I_{LED} bir LED için gerekli doğru yön besleme akımını (A), L_s LED dizisindeki seri bağlı LED sayısını ve L_p paralel hat sayısını göstermektedir. (K + M) LED dizilerinde, kırmızı ve mavi LED'lerin farklı gerilimde çalışmalarından dolayı bağımsız kırmızı ve mavi LED dizileri oluşturulmuş ve her renk LED dizisi için ayrı sürücüler kullanılmıştır. Kırmızı LED dizisi için 32.5 V, 350 mA, Mavi LED dizisi için 22.8 V, 700 mA, ve SB LED dizisi için de 16.5 V, 1750 mA sağlayabilecek sürücülere ihtiyaç olmaktadır. SB ve (K + M) LED dizilerinin her biri 28 W ± 2 W güç harcamaktadır. SB LED için 18 V, 2000 mA, 30 W, Mavi LED dizisi için 24 V, 700 mA, 20 W; Kırmızı LED dizisi için de 35 V, 350 mA, 15 W anahtarlamalı ve ayarlı (*SMPS: Switch Mode Power Supply*) 3 adet sürücü kullanılmıştır (Şekil 4. a, b, c).



(a) (b) (c)

Şekil 4. a) SB, b) Mavi ve c) Kırmızı LED dizilerinin bağlantı düzenleri.

Denemelerde PAR ölçümü için Delta – T marka QS2 model [Doğruluk: ±5% (20°C); Duyarlılık: 10.0 mV/mmol.m^{-2}.s^{-1}, 400 – 700 nm; Doğrusallık: ± 1%, 0 – 2 mmol.m^{-2}.s^{-1}] duyarga (Delta – T Devices Ltd.) kullanılmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. PAR ölçer (Delta – T Devices Ltd.)

Çalışmada kullanılan domates ve biber bitkilerinin tohumları plastik kaplar içerisindeki kokopit (Cocopeat) ortamına ekilmiş ve çimlenmeye bırakılmıştır. Tohumlar çimlendikten sonra (40 cm x 40 cm x 40 cm) boyutlarındaki küp şeklinde iç yüzeyleri alüminyum folyo ile kaplanmış kabinler içine alınmıştır (Şekil 6. a, b, c ve Şekil 7. a, b, c). Her kabinde 6 adet domates ve 6 adet biber fidesi bulunmaktadır. Denemeler 22 – 25°C sıcaklık ve %60 ± %5 oransal nem koşullarında, 16 saat aydınlık, 8 saat karartma olacak şekilde toplam 28 gün sürmüştür. Denemelerde elde edilen fidelerin boy ve kalınlık özelliklerinin belirlenmesi amacıyla, 0.01 mm hassasiyetli dijital kumpastan yararlanılmıştır. SB LED, (K + M) LED ve FL kabinlerinde bitki hizasındaki PAR miktarları sırasıyla 85.3, 180 ve 81.2 µmol.m^{-2}.s^{-1} olarak ölçülmüştür.



(a) (b) (c)

Şekil 6. Domates fideleri için hazırlanan aydınlatma kabinleri; a) (K + M), b) SB, c) FL



(a) (b) (c)

Şekil 7. Biber fideleri için hazırlanan aydınlatma kabinleri; a) (K + M), b) SB, c) FL

BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışmada, (K + M), SB ve FL ışıkları altında yetişen domates ve biber fidelerinin haftalık gelişimleri izlenmiş ve deneme sonunda alınan örneklerin (Şekil 8 ve 9) gövde ve kök uzunlukları, gövde kalınlıkları, yaprak sayıları ile klorofil yoğunlukları (SPAD değerleri) ölçülmüştür (Tablo 2).

Elde edilen ölçüm sonuçlarına göre, gövde kalınlığı en büyük olan domates ve biber fideleri sırasıyla 4.40 mm ± 0.14 mm ve 4.80 mm ± 0.12 mm olmak üzere (K + M) LED kabininde, en küçük gövde kalınlığı ise domateste 3.72 mm ± 0.21 mm ve biberde 4.23 mm ± 0.10 mm olarak FL kabininde ölçülmüştür. Gövde uzunluğu en büyük olan domates ve biber bitkileri FL ışığı altında sırasıyla 294.0 mm ± 0.23 mm ve 362.3 mm ± 0.24 mm olarak belirlenmiştir. Bu durumda domates ve biber bitkilerinden alınan örneklerde en kısa boylu ve en fazla gövde kalınlığa sahip olanların (K + M) LED ışığı altında yetiştikleri söylenebilir. Buradan, her rengin bitkilerin üzerine yaptığı etkinin farklı olduğu sonucu çıkarılabilir. Yapılan araştırmalarda sıcak (Kırmızı, turuncu) renkler fazla olduğunda bitkilerde boylanma, soğuk renkler (Mavi, mor) fazla olduğundan bodurlaşma ortaya çıktığı görülmüştür. Özellikle mavi ve 280 – 315 nm dalga boylu UVB ışıkları bitkilerin bodur büyümesine ve cüce kalmasına neden olmaktadır. Mavi ışığın ortamdan uzaklaştırılmasıyla bitkiler yaşamsal olaylarını yapamaz ve yaşayamaz hale gelir (Weir, 1975; Mpelkas, 1991). Bu iki grup arasında denge sağlandığında büyüme ritmi normale gelir. Yapılan çalışmada da, en kısa boylu domates bitkileri (K + M) altında yetiştikleri görülmektedir.



Şekil 8. (K + M), SB ve FL ışık kaynakları altında yetişen domates fidelerine ait ikişer örnek.



Şekil 9. (K + M), SB ve FL ışık kaynakları altında yetişen biber fidelerine ait ikişer örnek.

Tablo 2. Domates ve biber bitkileri üzerinde yapılan fiziksel ölçüm sonuçları

Lamba Türü	Gövde Uzunluğu (mm)		Gövde Kalınlığı (mm)		Kök Uzunluğu (mm)		Yaprak Sayısı (Adet/Bitki)	
	Domates	Biber	Domates	Biber	Domates	Biber	Domates	Biber
K + M	262.5±0.36	318.6±0.28	4.40±0.14	4.80±0.12	220.0±0.21	133.0±0.18	7.5	12.5
SB	274.5±0.42	355.0±0.33	4.32±0.17	4.65±0.17	200.5±0.32	140.0±0.21	8.5	13
FL	294.0±0.23	362.3±0.24	3.72±0.21	4.23±0.10	345.0±0.23	92.30±0.20	7.5	5.5

(K + M): %52 Kırmızı + %48 Mavi LED; SB: Soğuk Beyaz (6500 K) LED; FL: Soğuk Beyaz (6500 K) floresan)

Öte yandan McCree, (1972), tarafından yapılan araştırma, kuantum etkisinin en fazla turuncu-kırmızı bölgesinde olduğunu, farklı bitki türlerinin ortalama sapmasının %5'ten fazla olmadığını göstermektedir. Örneğin turuncu-kırmızı ışık en etkili fotosentezi sağlar. Ayrıca, birçok bitkinin tohumları en iyi 660 nm dalga boyunda çimlenir. Bu, bitkilerin bu renkte ışık kullanıldığı takdirde büyümediği anlamına gelmez. Düzgün bir şekilde gelişmeleri için bitkilerin dengeli bir ışık tayfı alması oldukça önemlidir. Bitkilerin sağlıklı gelişmesi için mavi ışığın oranı özellikle önemlidir. Az miktarda mavi ışık alması bazen aşırı kök büyümesine ve sarılaşan yapraklara neden olur. Bu duyarlılık tepkileri bitki türlerine göre değişir. Yapılan bu çalışmada da farklı dalga boylu ışıkların, domates ve biber bitkilerinin kök gelişimleri üzerine farklı tepkileri olduğu görülmüştür.

Çağlayan ve Ertekin (2013), tarafından yapılan benzer bir çalışmada, 3 farklı oranda ve dalga boyunda D1, D2 ve D3 LED ışığı kullanılmıştır. Bunlar; D1: (%10 UVA + %20 K +%70 M); D2: (%20 K +%80 M) ve D3: 6500 K Soğuk Beyaz LED kullanılmıştır. Çalışma kapsamında LED ışıklarının domates bitkileri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Denemeler sonucunda, gövde kalınlığı en büyük olan fideler mavi ışığın daha yoğun olduğu D3 denemesinde 3.12 mm ± 0.11 mm olarak ölçülürken, en küçük gövde kalınlığı soğuk beyaz ışık altında yetişen D1 denemesindeki fidelerde 2.26 mm ± 0.18 mm ölçülmüştür. En uzun boylu bitkiler kırmızının daha yoğun verildiği D2, en kısa boylu bitkiler mavi ışığın yoğun olarak kullanıldığı D3 denemesinde elde edilmiştir. Kök uzunluğu en az olan bitkiler 6500 K soğuk beyaz gün ışığı altında yetişenlerde 67.13 mm ± 0.85 mm görülürken, en uzun olanlar D2 denemesinde 78.68 mm ± 0.65 mm elde edilmiştir.

LED ışıkları altında yapılan analizlerden biri de fidelerdeki klorofil yoğunluğunun (SPAD) tayinidir. Klorofil içeriği, yapraktaki klorofil miktarını dolaylı olarak ölçen, taşınabilir klorofil metre cihazı (*Minolta SPAD-502, Osaka, Japan*) ile yapılmıştır. Bitkilerin alt kısımlarında gelişimini tamamlamış (Soluk) yapraklar dahil edilmeyerek, her bitkinin üst yeşil yapraklarından beş ayrı değer okunarak ortalaması alınmıştır.

Denemelerden elde edilen domates bitkisine ait ortalama klorofil (a + b) değeri en yüksek, SB LED ışığı altında yetişen fidelerde ve 62.33 olurken, en düşük 52.10 ile FL ışık altında yetişen fidelerde ölçülmüştür (Tablo 3). Biber bitkisine ait ortalama klorofil (a + b) değeri en yüksek 60.07 Soğuk Beyaz LED ışığı altında yetişen fidelerde ve en düşük 51.17 floresan ışık altında yetişen fidelerde ölçülmüştür (Tablo 4).

Tablo 3. Domates fidelerine ait klorofil (a + b) SPAD ölçüm değerleri.

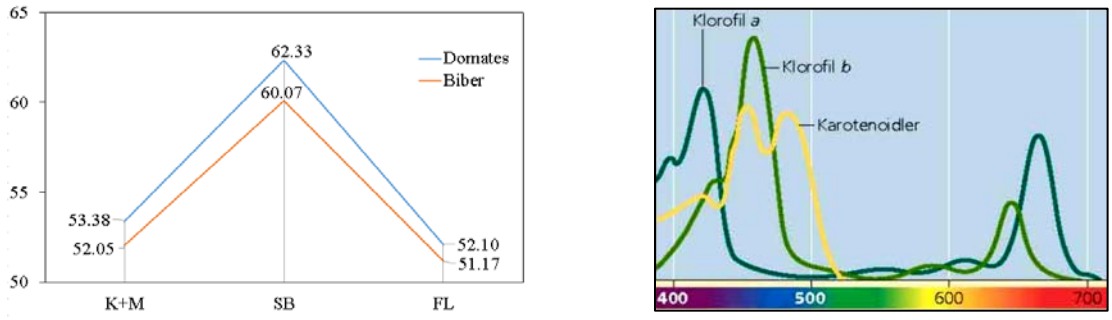
Lamba Türü	Ölçümler					
	1	2	3	4	5	Ortalama
K + M	49.10	56.45	53.00	57.85	57.85	53.58
SB	63.60	64.90	61.55	59.35	59.35	62.33
FL	54.00	49.75	51.75	54.80	54.80	52.10

Tablo 4. Biber fidelerine ait klorofil (a + b) SPAD ölçüm değerleri.

Lamba Türü	Ölçümler					
	1	2	3	4	5	Ortalama
K + M	36.06	56.40	57.43	54.26	56.10	52.05
SB	59.10	57.26	63.46	60.76	59.80	60.07
FL	53.66	51.06	48.16	52.30	50.70	51.17

Eşit güçlü 23 W ± 1 W LED ve FL ışık kaynakları altında yetişen bitkiler üzerinde yapılan analiz sonuçlarına göre LED ışıklar altında yetişen bitkilerdeki toplam klorofil miktarı FL altında yetişen bitkilere göre daha yüksek olduğu görülmüştür (Şekil 10. a). SB LED, (K + M) LED ve FL kabinlerindeki PAR miktarları sırasıyla 85.3, 180 ve 81.2 $\mu mol.m^{-2}.s^{-1}$ olarak ölçülmüştür. Ölçümlere göre SB ve FL yaklaşık aynı, (K + M) ise bu ışık kaynaklarından iki kattan daha fazla PAR miktarı vermektedir. Buna göre aynı dalga boylu (400 – 700 nm) ve (6500 K) SB ve FL ışık altında yetişen bitkilerde benzer ölçüm sonuçlarına ulaşılması beklenirken SB ışık altında yetişen bitkilerdeki ortalama toplam klorofil değeri FL ışık altında yetişenlerden yaklaşık 10 SPAD değeri fazla olduğu görülmüştür. Bu durum, parlak LED ışığının FL ışığına göre bitkilerdeki klorofil miktarında daha fazla artışa neden olduğunu göstermektedir.

Öte yandan (K + M) ve FL altında yetişen fidelerin klorofil miktarlarının yaklaşık aynı değerde olduğu görülmüştür. Bu sonuç bitkilerdeki toplam klorofil miktarındaki artışın dalga boyuna ve kalitesine de bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. SB ve FL (400 – 700 nm) aralığındaki tüm dalga boylarını verirken, (K + M) yalnız kırmızı (620 – 630 nm) ve mavi (465 – 485 nm) dalga boylu ışıkları vermektedir. Dolayısıyla klorofil oranının artmasında kırmızı ve mavi dışındaki dalga boylarının da katkısı olmaktadır. Gerçekte de bitkilerdeki klorofil sentezi 445 ve 650 nm dalga boylarında maksimum seviyeye yükselmekte, 500 – 575 nm'lik dalga boyu aralığında ise azalarak %20 ve daha altındaki oranlara düşmektedir (Şekil 10. b).



(a) (b)

Şekil 10. a) SB, (K + M) ve FL ışık altındaki Klorofil (a + b) miktarları ve b) Kloroplast pigmentleri tarafından absorbe edilen ışığın dalga boyları (Anonim, 2017).

KAYNAKLAR

Anonim, (2017). Chlorophyll ab spectra. Erişim Tarihi: Ekim 2017. https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chlorophyll_ab_spectra2.PNG

Aybak, H.Ç. (2002). Biber Yetiştiriciliği. Hasad Yayıncılık, 157 ss, İstanbul.

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.

CREE Inc. (2017). XLamp LED teknik dökümanı, Cree Firması resmi web sayfası: http://www.cree.com/led-components/products/xlamp-leds. Erişim tarihi: Eylül 2017).

Çağlayan, N. ve Ertekin, C. (2011). Bitkisel Üretim İçin Led Yetiştirme Lambalarının Kullanımı. Uluslararası Katılımlı I. Ali Numan Kıraç Tarım Kongresi ve Fuarı, 27-30 Nisan 2011, Eskişehir, 1227-1232 ss.

Çağlayan, N. (2013). Seralar İçin LED Lambalı Aydınlatma Otomasyon Sisteminin Tasarlanmasına ve Uygulanmasına Yönelik Bir Çalışma, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları ve Teknolojileri ABD, Doktora Tezi, 144 Sayfa, Antalya.

Hay, R.K.M. ve Walker, A.J. (1989). An Introduction to the Physiology of Crop Yield. Longman Group UK Limited. 26:292 pp.

Heuvelink, E. 1989. Influence of Day and Night Temperature on the Growth of Young Tomato Plants. Scientia Hort., 38: 11-22.

Kevseroğlu, K. 1999. Bitki Ekolojisi. O.M.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No:31, Samsun.

Koç, C., Vatandaş, M. ve Koç, A.B. (2009). LED Aydınlatma Teknolojisi ve Tarımda Kullanımı. 25.Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi, 01-03 Ekim 2009, Isparta, 153-158 ss.

Larson, R.A. (1997). Naturally Occuring Antioxidants, Boca Raton (Lewis Publishers) Http://tr.wikipedia.org/wiki/Karotenoid. Erişim tarihi: Ekim: 2017.

McCree, K.J. (1972). Test of Current Definitions of Photosynthetically Active Radiation Againist the Leaf Photosynthesis Data, Agricultural and Forest Meteorology, 10: 443-453.

Mpelkas, C.C. (1991). Horticultural Light Sources. Sylvania Engineering Bulletin 0- 352. Sylvania Lighting, Danvers, MA.

Uzun, S. 1996. The Quantitative Effects of Temperature and Light Environment on the Growth, Development and Yield of Tomato and Aubergine. Unpublished PhD Thesis. The Univ. of Reading, England.

Vardar, Y. 1975. Bitki Fizyolojisine Giriş. Ticaret Gazetesi Matbaası, İzmir, 229 ss.

Weir, J. (1975). Artificial lighting for commercial horticulture. Lighting Research and Technology. 7(4): 209- 225.

Yeh, N. ve Chung J. (2009). High-brightness LEDs Energy efficient lighting sources and their potential in indoor plant cultivation. Renewable and Sustainable Energy Reviews (13): 2175–2180.