BİTKİSEL ÜRETİM İÇİN LED YETİŞTİRME LAMBALARININ KULLANIMI

Nuri ÇAĞLAYAN[1], Can ERTEKİN[2]

ÖZ

Seralarda bitkilerin büyümek ve gelişmek için ihtiyaç duydukları ışık miktarının doğal yollarla karşılanamadığı durumlarda yapay aydınlatma sistemleri kullanılmaktadır. Birçok farklı uygulama alanında kendine yer bulan LED (Light Emitting Diode) lamba teknolojisinin bitkisel üretim alanlarında fotosentezi artırma amacıyla kullanılması üzerine araştırmalar devam etmektedir. LED lambalar farklı dalga boylarında ışık yayabilmekte, bitkilerin fotosentez için en çok kullandıkları, tayfın sadece mavi ve kırmızı bölgelerindeki ışığı üretebilmektedirler. Bitkisel üretim alanındaki yapay aydınlatma uygulamalarında ve enerji tasarrufunda önemli üstünlükler getirebilecek olan bu teknolojinin tanıtılması, yaygınlaştırılması ve özel olarak tasarlanması, düşük enerji kullanımı ve bitkisel üretimde verim artışı yönünden oldukça önemlidir. Bu çalışmada LED'lerin geleneksel bitki büyütme lambalarına göre teknolojik üstünlükleri ve farklılıkları incelenmiş, bitkisel üretim üzerindeki etkileri tartışılmış, kullanımı ve LED sistemlerinin tasarımı konusunda öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: LED (Light Emitting Diode) lamba, fotosentez, bitkisel üretim, ışık Tayfı

ABSTRACT

The artificial lighting methods are used for crop production in greenhouses if the lighting cannot be provided naturally. LEDs (Light Emitting Diodes) lamp technology has found place in very wide of application areas lately and with LED light, research on crop production have been continuing to increase photosynthesis. LED lamps can emit different wavelengths of the light. The LEDs can produce blue and red of the light spectrums which are the most used spectrum range for photosynthesis of the plants. It is very important issue that is designing, spreading and introducing of this technology for optimum energy consumption and increasing the yield of the agricultural production. Hence, in this study, it is reviewed the advantageous, differences and efficiency of the LED technology and suggestions has been given for usage and design issue of the LED systems for agricultural production.

Keywords: LED (Light Emitting Diode) lamp, photosynthesis, crop production, light spectrum

GİRİŞ

Bitkilerde uzama, kök şekli, yaprak anatomisi, yaprak boyutu ve rizogenesis gibi bazı morfolojik karakteristiklerin şekillenmesinde ışık kalitesinin oldukça önemli bir rolü bulunmaktadır. Işık, bitkilerin fotosentezi gerçekleştirebilmesi için gerekli tek enerji olması yanında, aydınlık ve karanlık

[1] Öğr. Gör.,Tenik Bilimler MYO, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, Türkiye,
e-posta: nuricaglayan@akdeniz.edu.tr
[2] Doç. Dr., Tarım Makinaları Bölümü, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, Türkiye,
e-posta: ertekin@akdeniz.edu.tr

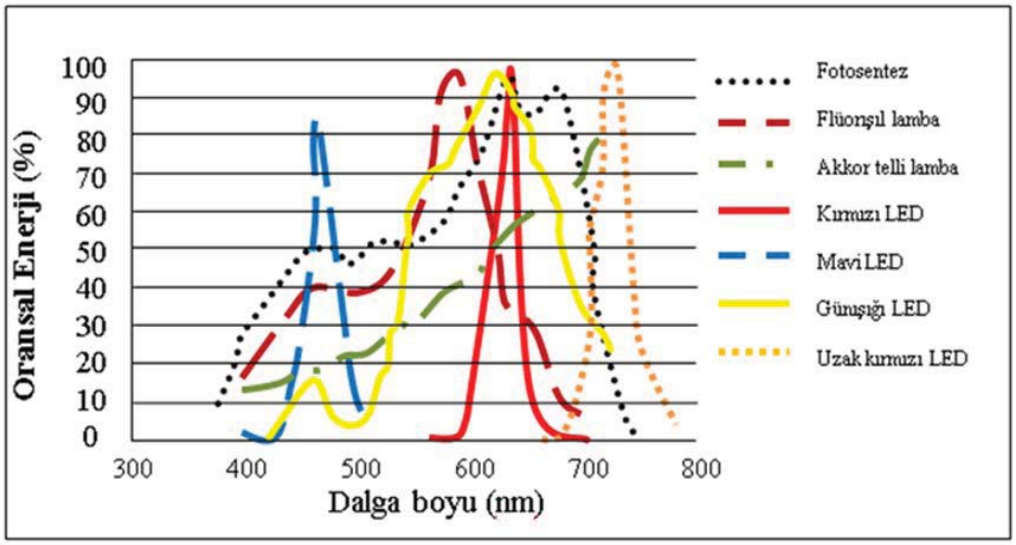
sürelerin gün içindeki uzunlukları nedeniyle, bitkilerin mevsimsel değişimlerini sağlayan bir bilgi kaynağıdır (Yağcıoğlu, 1996).

Doğal ışığın yetersiz olduğu yerlerde fotoperiyodik aydınlatma yapılması ve eksik kalan fotosentetik aktif radyasyon (Photosynthetically active radiation, PAR) enerjisinin yapay ışık kaynaklarıyla karşılanması gerekmektedir. Fotoperiyodik aydınlatma, bitkilerde istenilen gelişmeyi kontrol edebilmek amacıyla, gereksinim duyulan ışıklı sürenin yapay olarak düzenlenmesinde uygulanan bir yöntemdir. Fotoperiyodik aydınlatma uygulamalarında amaç; elektriksel aydınlatıcılar yardımıyla günü uzatıp (geceyi kısaltıp), bitki bünyesindeki fitokrom kırmızı ötesi/fitokrom kırmızı ($F_{kö}/F_k$) oranını uzun gün etkisi yaratacak kritik değerin üzerinde tutabilmektir (Yağcıoğlu, 2005). Fotoperiyodik aydınlatmada, kırmızı ışık mavi ışıkla birlikte ve yüksek dozlarda verilebilirse çiçeklenmeyi, tohum üretimini ve meyve tutumunu artırıcı rol oynamaktadır. Mavi ışık bitkinin vejetatif gelişiminden sorumludur ve bitkinin morfolojik açıdan sağlıklı gelişmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca tayfın mavi-yeşil bölgesi enerjinin en yoğun olduğu bölge olarak bilinmektedir. Bitkilerin yeşil yapraklarının içerdiği klorofil maddesi bitkinin fotosentez yapabilme yeteneğini ve hızını etkilemektedir. Tarımsal amaçlı yapılan yapay aydınlatmada kullanılan ışık kaynakları (ark lambaları, flüorışıl lambalar ve akkor telli lambalar), elektromanyetik tayfın görünür bölgesinin (380-700 nm) tamamını ve görünmez bölgede küçük bir kısım ışığı yayarken, LED ışık lambaları tek renk ışık yaymaktadır. Bu özellik, mavi ve kırmızı dalga boylu bölgelerdeki ışığın bitkiye ulaştırılmasına olanak verdiğinden son zamanlarda tarımsal aydınlatma uygulamalarında daha çok tercih edilmektedir.

LED BİTKİ YETİŞTİRME LAMBALARI

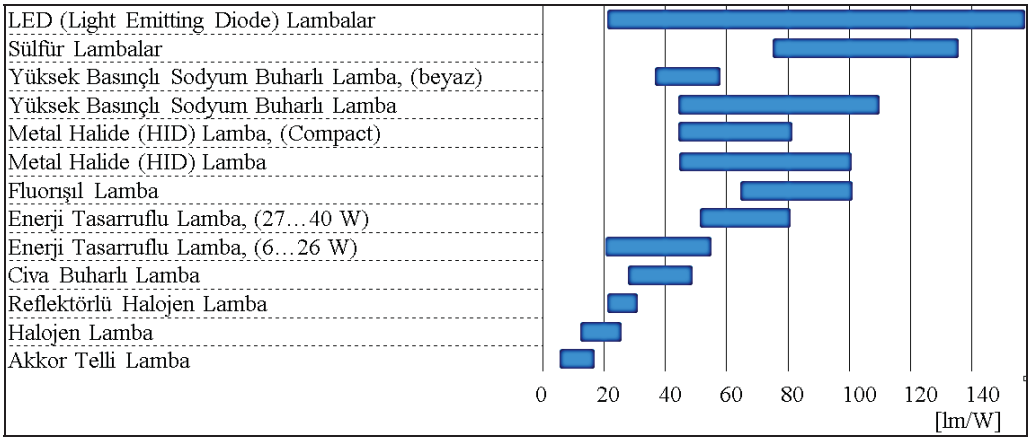
Bitkilerin fotosentez karakteristiği yapay aydınlatma kaynaklarının kullanımı konusunda çok önemli ipuçları vermektedir (McFate, 1989). Bu karakteristikten yararlanarak hangi dalga boyu aralığında ne tür bir ışık kaynağının kullanılması gerektiği anlaşılabilmektedir. Fotosentezden yararlanma etkinliği açısından bakıldığında, LED'lerden yayılan fotonların, geniş spektrum lambalara göre farklılıklar içerdikleri ve özellikle kırmızı LED'lerin geleneksel lambalara göre daha az fotosentetik olmayan radyasyon yaydıkları görülmektedir. Kırmızı renkli yüksek güçlü AllGaP tabanlı LED'ler 660 nm dalgaboyunda ışık yayabilmektedirler. Bu dalgaboyu bitkiler için önemli olan 640 nm dalga boyuna yakın olması açısından da önemlidir. Bu durum, bitkiler için gerekli olan PAR enerjisinden yararlanma etkinliğinin artmasını sağlamaktadır. Şekil 1'de fotosentez karakteristik eğrisiyle beraber altı farklı yapay ışık kaynağına ait eğriler görülmektedir. Şekilde, mavi, kırmızı ve kızılötesi ışık veren LED lambaların, fotosentez karakteristiğinin ilgili dalga boylarındaki enerjiyi karşılamak için uygun olduğu görülmektedir. Gerçekten de klorofil sentezi 445 ve 650 nm dalga boylarında maksimum noktalar göstermekte, 500 - 575 nm'lik dalga boyu aralığında ise azalarak %20 ve daha altındaki oranlara düşmektedir. Öte yandan, diğer ışık kaynaklarının yaydıkları dalga boylarının büyük bir kısmı PAR eğrisinin dışarısında yer almaktadır. Bu durum, bu tür ışık kaynaklarının bitkilerin gelişiminde LED'lere göre daha az verimli olduklarını göstermektedir. Diğer bir değişle, LED'ler tükettikleri elektrik enerjisinin neredeyse tamamını fotosentez tayfının içerindeki dalga boylarında yaymaktadırlar (Koç vd., 2009).

LED'lerin önemli bir başka özelliği de, tayfın morötesi (UV) bölgesinden kızılötesi (IR) bölgesine kadar olan geniş bir aralıkta ışık verebiliyor olmalarıdır. Bu bölgelerdeki LED ışığının görüntüsünün belirlenmesi, özellikle görünür ve morötesi ışık altında yetiştirilen bitki türlerinin vereceği tepkilerin araştırılması açısından önemlidir (Lawrance vd., 2005; Shimizu vd., 2005; Kondo vd., 2008).



Şekil 1. Bitkilerin fotosentez karakteristiği ile bazı yapay ışık kaynaklarının enerji tayflarının karşılaştırılması.

LED ışık kaynaklarından oluşturulan LED lambaların en büyük dezavantajı ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olmasıdır. Ancak, diğer ışık kaynaklarına göre sahip oldukları avantajları dikkat çekmektedir. LED'lerin küçük hacme sahip ve uzun ömürlü (>50000 saat) olmaları, istenilen dalga boylarındaki ışığı verebilmeleri, ışık şiddetinin ayarlanabilir olması, çevreye çok düşük ısı yaymaları ve daha çevreci olmaları, kullanım alanlarının artmasını sağlamıştır. Öte yandan, LED lambaların ışık verimleri son yıllardaki gelişmelerle birlikte arttığı görülmektedir (Şekil 2). Bazı LED üretici firmaları, 186 lm/W ışık değerine sahip yüksek güçlü LED (High Power LED)'in laboratuvar ortamında geliştirildiğini bildirmişlerdir (Murray, 2009). Tüm bu gelişmeler, maliyetlerinin uygun seviyelere düşmesiyle LED lambaların yakın gelecekte geleneksel ışık kaynaklarının yerini alacağını göstermektedir.



Şekil 2. Başlıca ışık kaynaklarına ait ışık verimlerinin karşılaştırması (Demirbüken, 2011).

Birçok LED'in bir araya getirilmesiyle oluşturulan LED lambaları, ticari olarak dikdörtgen ya da yuvarlak (UFO) tiplerinde üretilmektedirler (Şekil 3). Tarımsal uygulamalarda kullanılan LED yetiştirme lambalarının güçleri sahip olduğu LED sayısına göre (7 - 300 W arasında) değişmektedir (Şekil 4). Bu LED'ler, 10 $\mu mol.m^{-2}.s^{-1}$ foton akısına sahip kırmızı ve mavi renkli olup, bir plaka üzerinde belirli oranlarda karışık olarak dizilmektedirler. Bu oranın genellikle, %90 kırmızı + %10

mavi veya %80 kırmızı + %20 mavi şeklinde olduğu görülmektedir (Koç vd., 2009). Bazı firmalar ise LED lamba üretiminde sadece kırmızı ve mavi renkteki LED'leri değil, aynı zamanda gün ışığı ve yeşil renkleri de kullanmaktadırlar. Böylece fotosentez hızını artırmak için gerekli dalgaboyu sağlanmış olmaktadır.



a b c

Şekil 3. (a) 14 W LED lamba kiti (2 kırmızı + 1 mavi), (b) 90 W UFO tipi LED lamba (c) 288 W dikdörtgen tip LED lamba.



a b c

Şekil 4. (a) Gül serası, (b) marul serası ve (c) araştırma amaçlı uygulamalar.

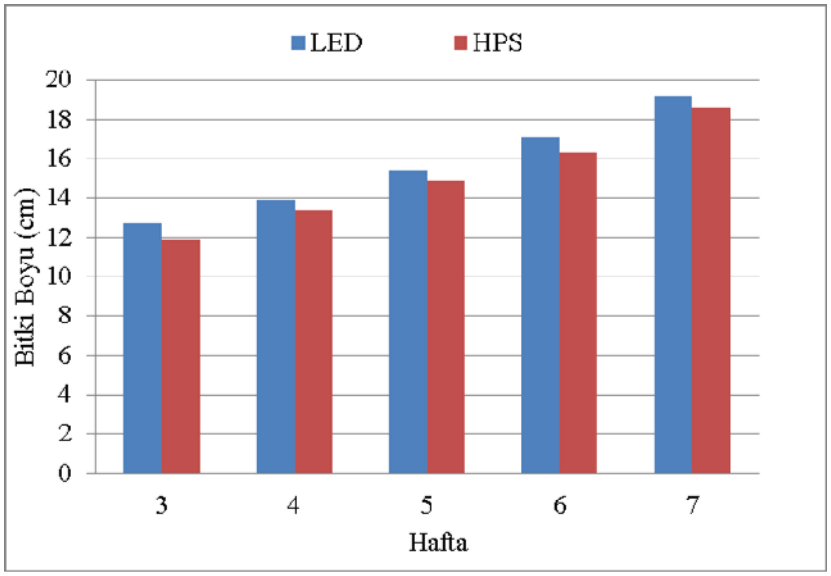
Tablo 1'de yaygın olarak kullanılan elektriksel ışık kaynakları karşılaştırılmıştır (Çağlayan ve Ertekin, 2010). Bu çizelgeye göre; kullanım ömrü bakımından değerlendirildiğinde en kısa kullanım ömrü olan lamba akkor telli lambalar olurken, en uzun kullanım ömürlü lambalar ise LED lambalar olmaktadır. Işık verimi bakımından karşılaştırıldığında ise, bir LED lambadan 80 lm/W ışık verimi sağlamak için 90 W'lık bir enerji harcamak gerekirken, fluorışıl lambadan aynı ışık verimini elde edebilmek için yaklaşık 300 W'lık bir enerji harcamak gerekmektedir.

Tablo 1. Yaygın olarak kullanılan elektriksel ışık kaynaklarının karşılaştırılması.

ÖZELLİK	LED YETİŞTİRME LAMBASI	YÜKSEK BASINÇLI SODYUM BUHARLI LAMBA (HPS)	AKKOR TELLİ LAMBA	FLUORIŞIL LAMBA
Işık Verimi (lm/W)	80	100	20	80
Güç Karşılığı (W)	90	250	600	300
Işık Kaynağının Özelliği	Katı Hal	Gaz Boşalmalı	Katı Hal	Gaz Boşalmalı
Lamba Ömrü (saat)	>50000	8000	3000	10000
Çevreye Verdiği Kirlilik	-	Kurşun ve Civa kirliliği	-	Civa kirliliği
CRI	>80	<50	>95	>75
Çalışma Gerilimi	DC	Yüksek (AC)	110V/220V AC	Yüksek (AC)

Yapılan bir çalışmada (Minesota Üniversitesi, ABD), LED ve yüksek basınçlı sodyum buharlı (High Pressure Sodium, HPS) lambaların kırmızıbiber (Capsicum Annuum) bitkisinin bitki boyuna olan etkileri incelenmiştir. Kullanılan LED lambalardan biri 70 adet mavi ve kırmızı renkli LED'lerden

oluşurken, diğer LED lamba tek başına 40 adet mavi LED'den oluşmaktadır. İki LED lambanın toplam gücü 110 W'tır. Bu iki LED lambanın oluşturduğu kit, bir adet 400 W'lık HPS lamba ile karşılaştırılmıştır. LED lamba kiti ve HPS lamba, eşit PAR değeri elde edilinceye kadar bitkiden olan yükseklikleri ayarlanmıştır. Eşit PAR değerinin sağlanabilmesi için HPS lamba bitkiden 180 cm yüksekliğe sabitlenirken, LED lamba kitinin ~90 cm yüksekliğe asılması gerekmiştir. Yapılan çalışma 7 hafta sürmüş ve bitki boyuna ait çeşitli değerler elde edilmiştir (Şekil 5). LED lamba kiti altındaki bitkinin ortalama boyu 15.24 cm olurken, HPS lamba altındaki bitkinin boyu 13.91 cm olarak gerçekleşmiştir. Araştırma sonucunda, bitki boyunda, LED ve HPS lamba uygulamaları arasında istatistiksel olarak çok önemli bir fark olmadığı görülmüştür. Bununla birlikte, LED lambaların yüksek güçlü HPS lambaların yerine seralarda alternatif bir ışık kaynağı olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır (Klaassen vd., 2005).



Şekil 5. LED ve HPS lambaların kırmızıbiber (Capsicum Annuum) bitki boyuna olan etkileri.

SONUÇ

LED lambalar, trafik ışıkları, yol, bahçe, ofis aydınlatmaları ve otomobil farları gibi pek çok aydınlatma uygulamasında yaygın olarak kullanılmaktadır. LED'ler, son dönemde ışık verimlerinin artışında sağlanan gelişmelere paralel olarak tarımsal alanlarda yapılan ilave aydınlatma uygulamalarında da diğer ışık kaynaklarına karşı alternatif olmaya başlamıştır. Işık verimleri bakımından diğer yapay ışık kaynaklarının verim değerlerine yaklaşmış olması ve elde edilen yüksek ışık verimi karşısında harcadıkları enerji miktarının çok düşük olması, yakın gelecekte tarımsal alanda yapay aydınlatma uygulamalarında, özellikle de seralarda diğer aydınlatma lambalarının yerini alacak kadar önemlidir.

Geleneksel ışık kaynakları elektromanyetik tayfın görünür bölgesinin (380-700 nm) tamamını ve görünmez bölgede küçük bir kısım ışığı yayarken, LED ışık lambaları tek renk ışık yaymaktadır. Bu özellik, fotosentezin etkin olarak gerçekleştirildiği bölgeler olan mavi ve kırmızı dalga boylu bölgelerdeki ışığın bitkiye ulaştırılmasına olanak vermektedir. Diğer ışık kaynaklarının yaydıkları dalga boylarının büyük bir kısmının PAR eğrisinin dışarısında yer alması, bu tür ışık kaynaklarının bitkilerin gelişiminde LED'lere göre daha az verimli olduklarını göstermektedir.

LED'lerin pek çok avantajına rağmen bazı dezavantajlarıda bulunmaktadır. İlk yatırım maliyetlerinin halen yüksek olması LED lambaların en büyük dezavantajıdır. Öte yandan LED lambalar, gaz boşalmalı ya da akkor telli lambalar gibi ön kısımdan ısı vermezler. Fakat çalışırken, bir soğutucu üzerine bağlanmaları ve akım sınırlayıcı bir inverter ile birlikte kullanılmaları gerekmektedir. Bu durum ilk yatırım maliyetlerinin yükselmesine neden olmaktadır. Ancak, LED'lerin uzun ömürlü ve küçük hacme sahip olmaları, istenilen dalga boylarında ışık verebilmeleri, ışık şiddetinin ayarlanabilir olması, çevre dostu olmaları ve işletme maliyetlerinin diğer ışık kaynaklarına göre düşük olması, yüksek ilk yatırım maliyetine rağmen tercih edilmesinde etken olmaktadır.

KAYNAKLAR

Caglayan, N., ve Ertekin, C. 2010. Using of LED Lighting Technologies to Substitute Traditional Lighting Systems in Greenhouse", Energetic and Ecological Aspects of Agricultural Production, Chapter 9, ISBN 978-83-928876-5-2, Warsaw, Poland.

Chevy Light Co., Ltd., Web sayfası, http://www.growlight.cn/25W-grow-light.asp (Aralık 2010).

Demirbüken, Ş., 2011. Lambaların Karşılaştırılması. (Ocak 2011). http://www.sdemirbuken.net/web/?modul=sayfa&ID=25

Grow Roses with LED grow lights. Web sayfası, http://www.ledguide.com/blog/led-grow-lights/grow-roses-with-led-light/ (Aralık 2010).

Klaassen, G., McGregor, R., Zimmerman, J., Anderson, N., 2005. LED's: New Lighting Alternative for Greenhouses. Department of Horticultural Science, University of Minnesota St. Paul, MN 55108

Koç, C., Vatandaş, M., Koç, A.B. 2009. "LED Aydınlatma Teknolojisi ve Tarımda Kullanımı". 25. Tarımsal Mekanizasyon Ulusal Kongresi. 153-158s.

Kondo, N., Ling, P.P., Kurita, M., Falzea, P.D., Nishizu, T., Kuramato, M., Ogawa, Y., and Minami, Y., 2008. A Double Image Acquisition System with Visible and UV LEDs for Citrus Fruit. ASABE Publication, Number: 701P0508cd.

Lawrance, K.C., Park, B., Heitschmidt, G., and Windham, W.R., 2005. "LED Ligthing for Use in Multispectral and Hyperspectral Imaging". ASAE Annual International Meeting, Paper Number: 053073.

Led Grow Lights, web sayfası. http://www.ledgrowlights.com/index.htm (Aralık 2010).

McFate, K.L., 1989. Electrical Energy in Agriculture. Elsevier Science Publishers, Netherlands.

Murray, M., 2009. Cree Achieves 186 Lumens per Watt from a High-Power LED. Cree, Inc. Cree, Inc.http://www.cree.com/press/press_detail.asp?i=1259701233981. (Aralık 2010).

Shimizu, H., Ma, Z., Tazawa, S., Douzono, M., Runkle, E., and Heins, R., 2005. The Application of Blue Ligth as a Growth Regulator. ASAE International Meeting, Paper Number: 054152.

Yağcıoğlu, A., 1996. Tarımsal Elektrifikasyon (Genişletilmiş 2. Basım). EÜZF Yayınları No.488

Yağcıoğlu, A., 2005. Sera Mekanizasyonu. Ege Üniversitesi Basımevi, 562, 363 s. Ege Üniversitesi Yayınları.