

Bitki Yetiştirme Odaları İçin Farklı Bir LED Lamba Tasarımı ve Performansının İncelenmesi

Nuri ÇAĞLAYAN¹, Can ERTEKİN²

¹Akdeniz Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Antalya
²Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, Antalya
nuricaglayan@akdeniz.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 22.06.2015 Kabul Tarihi (Accepted): 12.07.2015

Özet: Bu çalışmada, bitki yetiştirme odaları ve kabinleri için özel bir LED (Light Emitting Diode) bitki yetiştirme lambası tasarlanmış ve bir örneğinin imalatı yapılmıştır. LED lamba içerisinde kırmızı, mavi, UV-A, soğuk beyaz gün ışığı veren ve aydınlık şiddetleri ayarlanabilen LED grupları bulunmaktadır. Deneysel sonuçlara göre en yüksek Fotosentetik Aktif Radyasyon değeri (PAR) $1784.5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ve aydınlık şiddeti 82 620 lx olarak elde edilmiştir. Öte yandan, LED lambanın en yüksek enerji tüketimi 602.17 Wh olarak ölçülmüştür. Çalışma sonunda LED gruplarının ışık performansına ve güç tüketimlerine ait bulgulara yer verilmiştir.

Anahtar kelimeler: LED bitki yetiştirme lambası, bitki yetiştirme odası, aydınlık şiddeti

A Different Type of LED Lamp Design for Plant Growth Chambers and Investigation of Its Performance

Abstract: In this research, an unusual LED (Light Emitting Diode) plant grow light, which is aimed to use in plant growth chambers was designed and its prototyping has been conducted. LED light includes four colours LED groups. According to the experimental results, maximum photosynthetically active radiation (PAR) values of $1784.5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ and light intensity values of 82 620 lx was obtained. On the other hand, maximum power consumption of LED lamp was measured as 602.17 Wh. As a result of this work, observation and investigation results are given about light performance and power consumption of LED light groups.

Key words: LED grow light, plant growth chamber, light intensity

GİRİŞ

Bitkilerin fotosentez işleminde kullandıkları dalga boyu 380–700 nm aralığındadır ve yeterli bir gelişme gösterebilmeleri için günlük toplam $1.2-1.7 \text{ MJ.m}^{-2}$ ışınım enerjisi almaları gerekmektedir (Yağcıoğlu, 2005). PAR miktarının dalga boyu aralığındaki ve şiddetindeki değişimleri, bitkinin büyüme ve gelişimi ile doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle özellikle seralarda ve yapay aydınlatma yapılan bitki büyüme odalarında PAR değeri büyük önem taşımaktadır. Bu yetiştirme ortamlarında bitkinin ihtiyaç duyduğu PAR miktarının eksik kalan bölümü veya tamamı, gaz boşalmalı ve akkor telli yapay aydınlatma lambaları ile sağlanmaktadır. Fakat bu yapay aydınlatma kaynaklarının bitkisel üretime katkıları olurken, ortama

ısı yaymaları, yüksek güç tüketimleri, zamanla balastlardan ses gelmesi ve zehirli gazlar içermeleri gibi nedenlerden dolayı bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Bu dezavantajları ortadan kaldırmak için geleneksel aydınlatma kaynakları yerine LED aydınlatma kaynaklarının kullanımı iyi bir çözüm olabilir. Özellikle aşılı fide, doku kültürü gibi tam yapay aydınlatma çalışmalarının ve araştırmaların yapıldığı bitki yetiştirme odaları ile seralarda gerekli PAR enerjisi yüksek güçlü LED (High Power LED) ışığı ile sağlanabilir.

Bitki yetiştirme odalarında ve bitki yetiştirme kabinlerinde çoğunlukla flüorüsil lambalar kullanılmakta ve bu lambaların aydınlık şiddeti genelde sabit olup

bazılarında kısmen ayarlanabilir özelliktedir. Öte yandan bu lambalar, sadece soğuk ya da sıcak beyaz ışık verme özelliğinde olup, tayfın görünür bölgesinde ve bir miktarda IR ile UV ışınım vermektedirler. LED ışık kaynaklarında morötesinden kızılötesine kadar uzanan geniş bir aralıkta ışınım üretimi olabilmektedir. Araştırmacılar için oldukça iyi olanaklar sunan bu durum, özellikle görünür ve morötesi bölgede ışık elde edilmesiyle birlikte bitkisel üretime yönelik araştırma çalışmalarının son yıllarda büyük bir artış göstermesini sağlamıştır (Miyashita ark., 1995; Jao ve Fang, 2003; Lawrance ark., 2005; Shimizu ark., 2005; Kondo ark., 2008).

Bu duruma paralel olarak bu çalışmada, bitki yetiştirme odaları ve kabinleri için farklı dalga boylarında ışık verebilen ve aydınlık şiddeti ayarlanabilen bir LED lambanın tasarımı ve aydınlatma özellikleri üzerinde durulmuştur.

MATERYAL ve YÖNTEM

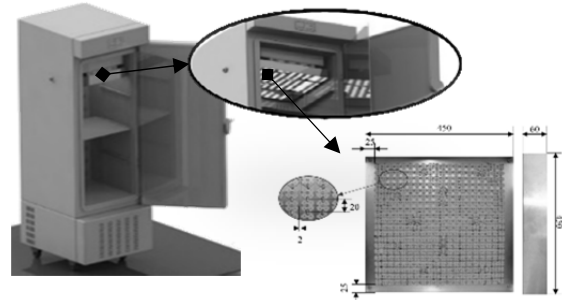
LED lamba içerisinde yüksek parlaklıkta ışık veren soğuk beyaz gün ışığı, mavi, kırmızı (CREE XLamp XP-C) ve morötesi-UVA (EDISON Opto - Edixeon S) güç LED'leri (Power LED) kullanılmıştır. Her LED grubunun aydınlatma kontrolü ve ışık seviyesi ayrı yapılabilmektedir. LED Lamba içindeki LED yerleşim düzeni Şekil 1'de, LED lambanın bitki yetiştirme kabini içindeki konumu Şekil 2'de ve LED gruplarına ait teknik özellikler Çizelge 1'de verilmiştir.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K
2	K	B	K	B	K	M	M	M	K	B	K	B	K	M	M	M	K	B	K	B
3	K	B	K	B	K	B	M	B	K	B	K	B	B	M	B	K	B	K	B	B
4	K	B	K	B	K	B	U	B	K	B	K	B	K	B	U	B	K	B	K	B
5	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B
6	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B	U	B	K	B	K	B	K	B	K	B
7	K	B	K	B	K	B	K	M	U	M	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B
8	K	B	U	B	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B	U	B
9	K	B	M	B	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B	M	B
10	K	M	M	M	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B	K	M	M	M
11	K	B	K	B	K	U	U	U	K	B	K	B	K	U	U	U	K	B	K	B
12	K	B	K	B	K	B	M	B	K	B	K	B	B	M	B	K	B	K	B	B
13	K	B	K	B	K	B	M	B	K	B	K	B	K	B	M	B	K	B	K	B
14	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B
15	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B
16	K	B	K	B	K	B	K	B	M	U	M	K	B	K	B	K	B	K	B	B
17	K	B	U	B	K	B	K	B	K	B	U	B	K	B	K	B	K	B	U	B
18	K	B	M	B	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B	M	B
19	K	M	M	M	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B	K	B	K	M	M	M
20	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K	K

Şekil 1. LED yerleşim düzeni (K: kırmızı, M: mavi, B: soğuk beyaz gün ışığı, U: UV-A)

Lambadaki LED gruplarının beslemesi için 186 W, 30 V_{dc}, 6.2 A anahtarlamalı (SMPS: Switch Mode Power Supply) sürücüler (Mean Well inc., 2012) kullanılmıştır. SMPS sürücülerinin verimi, çıkış güçlerine ve elektronik devre tasarımlarındaki kaliteye

bağlı olarak %70-95 arasında değişmektedir. SMPS LED sürücüsünden yüksek verim alınabilmesi için sürücü çalışma noktası, sürücünün vermesi gereken (nominal) güç değerine yakın tutulmuştur. LED gruplarının beslemeleri yapılırken sürücü çıkış geriliminin ortalama $\pm\%10$ aralığının (27-33 V_{dc}) aşılmasına dikkat edilmiştir. SMPS'lerin en önemli özelliklerinden biri de darbe genişlik modülasyon (PWM: Pulse Width Modulation) gerilim çıkışına sahip olmalarıdır. LED'lerin aydınlık şiddeti seviyelerinin %0-100 arasında ve çok kısa kademelerde ayarlanabilmesi, PWM ile üretilen darbelerin genişliklerinin kontrol edilmesiyle sağlanmıştır. Bu işlem bilgisayar tarafından SMPS'e sayısal işaretler gönderilerek hassas şekilde ve ışıkta titremeler olmadan yapılabilmektedir. Bir LED grubunun ışık seviyesinin ayarını gösteren kontrol blok şeması Şekil 3'de ve üretilen kare dalga Şekil 4'de görülmektedir.

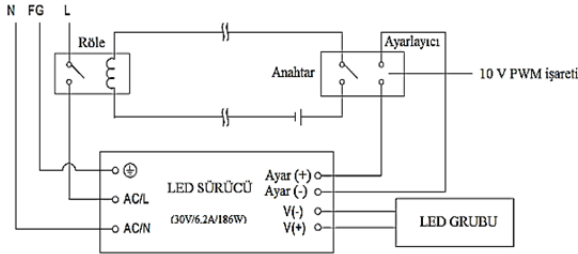


Şekil 2. LED lambanın kabin içindeki konumu

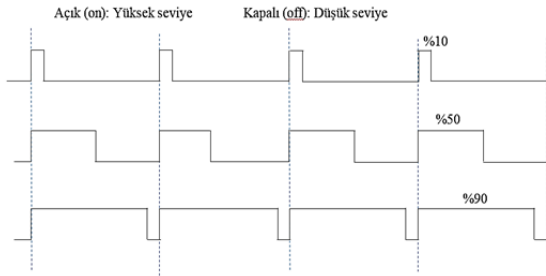
Çizelge 1. Lambadaki LED gruplarının teknik özellikleri

Teknik özellik	LED lamba içindeki LED Grupları			
	Soğuk Beyaz	Kırmızı	Mavi	Morötesi (UV-A)
Renk sıcaklığı (K)	6500	-	-	-
Dalga boyu (nm)	400-700	620-630	465-485	390-410
İşık akısı	100 lm	45.7 lm	23.5 lm	528 mW
Renk dönüşüm dizini (CRI)	70	-	-	-
Çalışma akımı (mA)	350	350	350	700
Çalışma gerilimi (V)	3.2- 3.9	2.2-2.5	3.3-3.9	3.4
İşık yayım açısı (°)	115	125	125	120
Lambadaki sayısı (adet)	160	192	32	16
En yüksek güç tüketimi (W)	380.8	147.84	38.08	44.8

Kare dalgadaki açılma (on) ve kapanma (off) konumlarındaki durumu gösteren iş çevrim oranına (duty cycle) göre üretilecek örneksel işaret değerleri, %10 için 0.9 V, %50 için 4.5 V ve %90 için 8.1 V olmaktadır. Öte yandan, PWM işaretinin sıklığı lambadaki ışık seviyesinin titreşimsiz ve istenilen seviyede sabit kalabilmesi açısından önemlidir. Çok düşük bir sıklık ile üretilen darbe sinyalleri ile kontrol edilen bir lamba ışığında titreme görünecektir. Bunu engellemek için anahtarlama frekansı yüksek tutulmalıdır. Uygulamada, 0.1-3 kHz frekans aralığında çalışılmıştır.



Şekil 3. Işık seviyesi kontrol şeması



Şekil 4. Işık seviyesini belirleyen PWM oranları

Kare dalganın frekansı $f(t)$, en düşük genlik değeri y_{min} , en yüksek genlik değeri y_{max} ve iş çevrim oranı D iken, ortalama işaret;

$$\bar{y} = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt \quad (1)$$

$f(t)$ kare dalga olduğundan, $f(t)$, y_{max} için $0 < t < D.T$ ve y_{min} için $D.T < t < T$ değerlerini alabilir. Buradan şu eşitlikler elde edilir;

$$\bar{y} = \frac{1}{T} \left(\int_0^{DT} y_{max} dt + \int_{DT}^T y_{min} dt \right) \quad (2)$$

$$\bar{y} = \frac{D.T.y_{max} + (1-D)y_{min}}{D.y_{max} + (1-D)y_{min}} \quad (3)$$

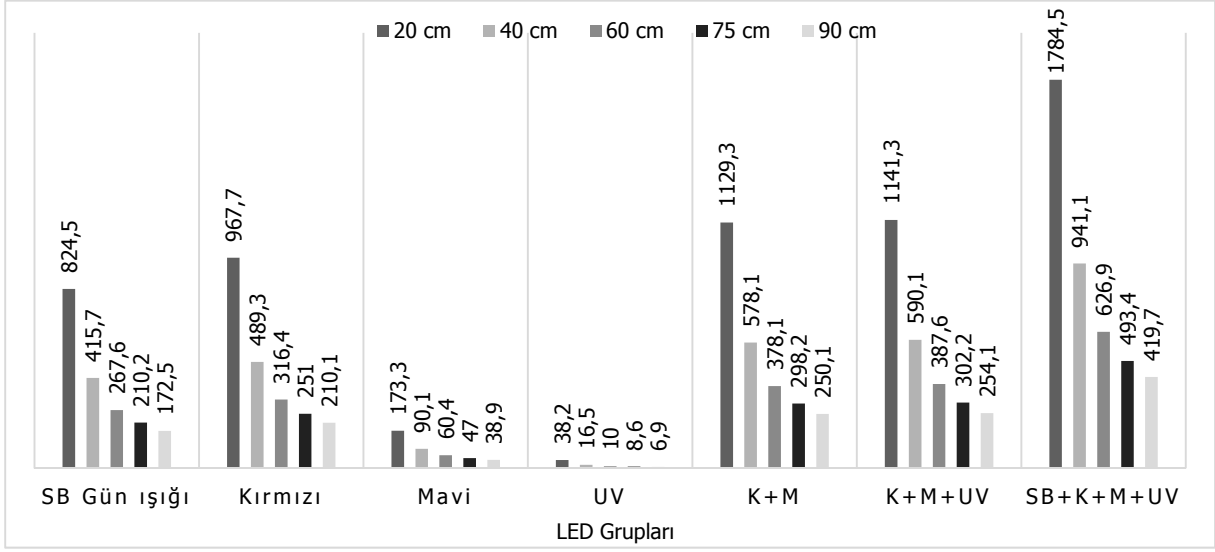
$$\bar{y} = D.y_{max} + (1-D)y_{min} \quad (4)$$

Verilen eşitlikte genellikle $y_{min} = 0$ iken $\bar{y} = D.y_{max}$ olarak kullanılır. Elde edilecek ortalama değer iş çevrim oranına bağlıdır (Huang ark., 2011).

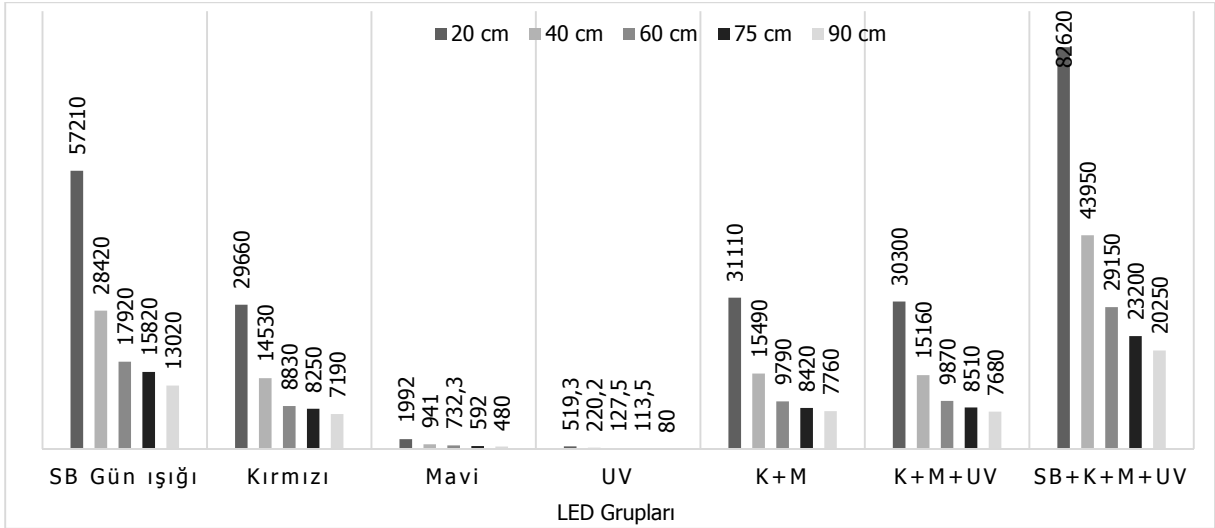
ARAŞTIRMA BULGULARI

LED lamba için iki önemli konuda ölçüm ve analizler yapılmıştır. Bunlar, LED gruplarının verdiği ışık özellikleri ve güç tüketimine ait ölçümlerdir. Işık ölçümleri yapılmadan önce tam karanlık yansız bir ortam sağlanmış ve her LED grubu verebileceği en yüksek aydınlık şiddeti seviyesine ayarlanmıştır. Ölçümler, lambanın zeminden 20, 40, 60, 75 ve 90 cm yüksekliklerinde yapılmıştır. Buna göre elde edilen PAR ve aydınlık şiddeti değerleri sırasıyla Şekil 6' ve Şekil 7'de verilmiştir. Asılma yükseklikleri ile PAR değerleri arasındaki ilişkilere göre, tek renk ışık veren LED gruplarında en iyi ilişki $R^2=0.8620$ ile mavi, en kötü UV-A'da ($R^2=0.7997$) görülmüştür. Farklı dalga boylu ışıkların karışımında ise en iyi $R^2=0.8606$ ile tüm renklerin karışımında, en kötü kırmızı ve mavi grupların birlikte yanmasıyla $R^2=0.8538$ elde edilmiştir (Şekil 8). Sonuçlara göre, tekil LED gruplarında kırmızı, mavi ve soğuk beyaz dalga boylu ışıkların PAR-lamba yüksekliği arasındaki ilişkiler birbirine çok yakın, sadece UV-A farklı çıkmıştır. Karışım halindeki LED gruplarında ise önemli bir fark gözlenmemiştir.

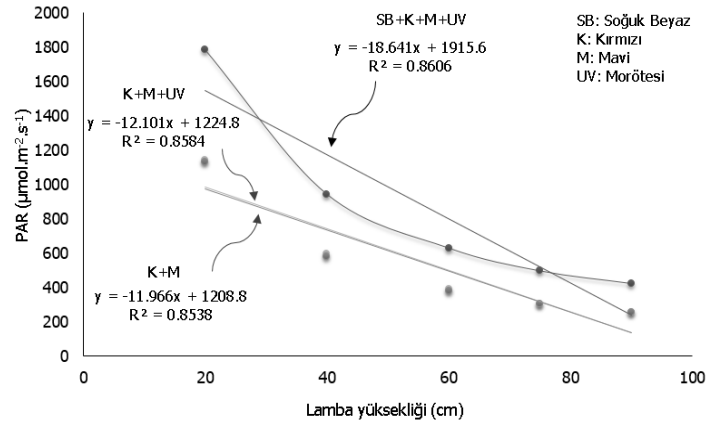
Sonraki aşamada, LED gruplarının yatay düzlemdeki ışık verileri de dikkate alınarak bilgisayar ortamında, ışık dağılımına ait grafikler elde edilmiştir (Şekil 9 - 14).



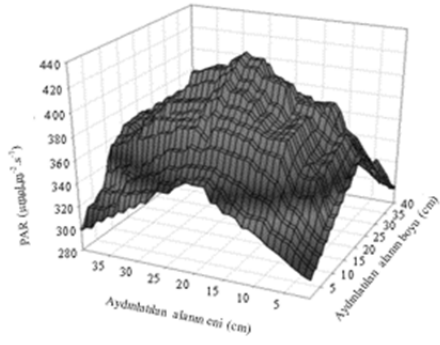
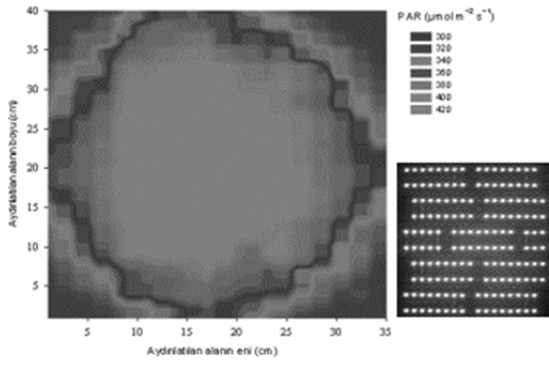
Şekil 6. LED lambanın asılma yüksekliğine göre PAR değerleri ($\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$)



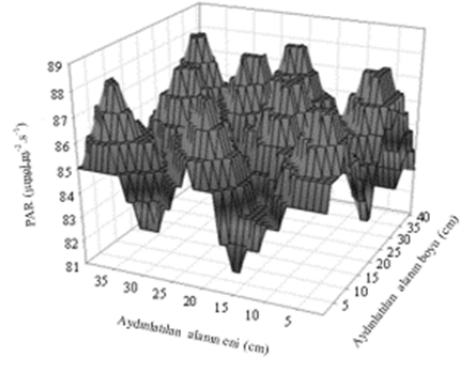
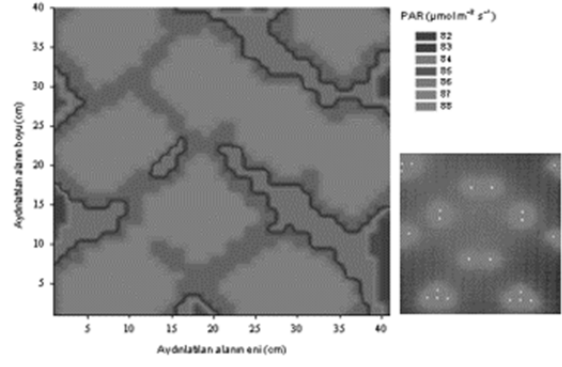
Şekil 7. LED lambanın asılma yüksekliğine göre aydınlık şiddeti değerleri (lx)



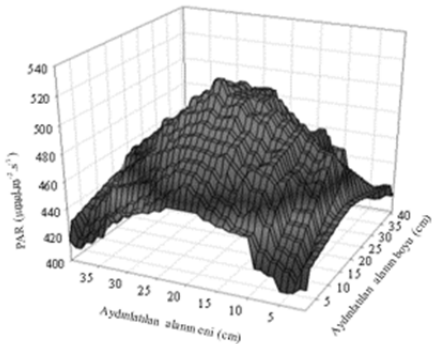
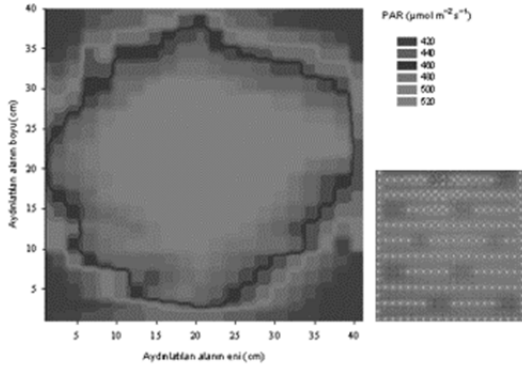
Şekil 8. Karışık gruplarda asılma yüksekliği ve PAR değeri arasındaki ilişki



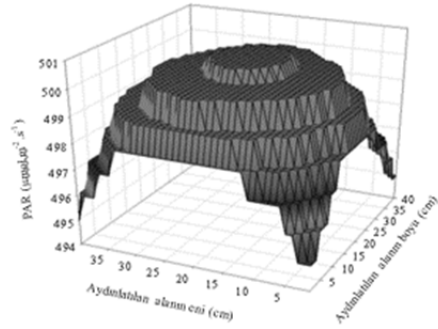
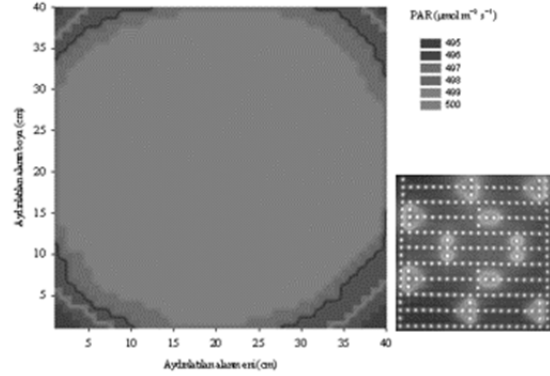
Şekil 9. Soğuk beyaz LED ışık dağılımı



Şekil 11. Mavi LED ışık dağılımı

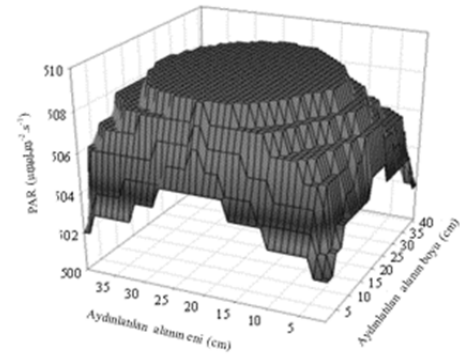
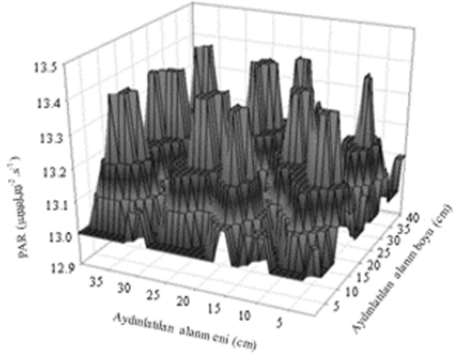
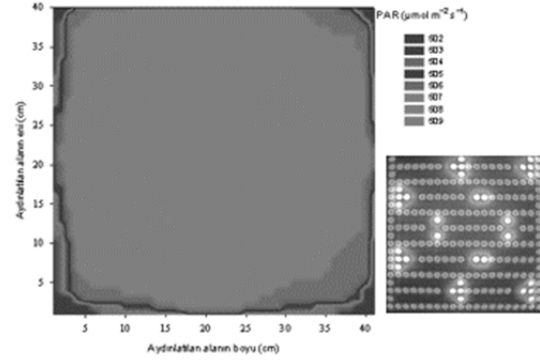
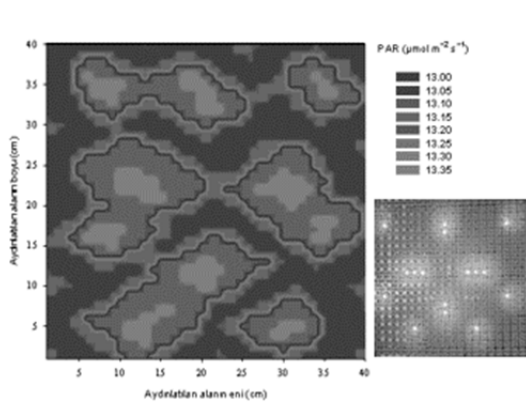


Şekil 10. Kırmızı LED ışık dağılımı



Şekil 12. Kırmızı + Mavi LED ışık dağılımı

Bitki Yetiştirme Odaları İçin Farklı Bir LED Lamba Tasarımı ve Performansının İncelenmesi

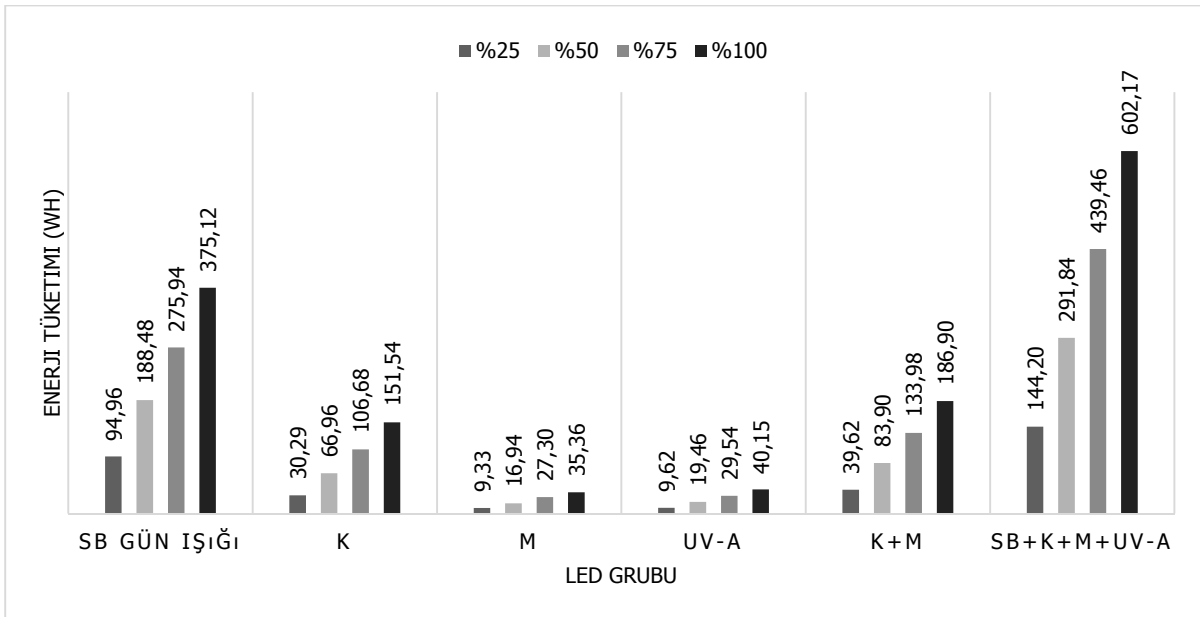


Şekil 13. UV-A LED ışık dağılımı

Şekil 14. Kırmızı+Mavi+UV-A LED ışık dağılımı

LED gruplarının tek ve karışık ışık vermelerine göre lambanın toplam güç tüketimi değişmektedir.

Şekil 13 LED gruplarının %25-100 arası ışık seviyelerindeki güç tüketimlerini göstermektedir.



Şekil 15. LED gruplarının ışık seviyelerindeki güç tüketimleri

SONUÇ

LED'ler, geleneksel ışık kaynakları ile kıyaslandığında boyutları küçüktür, daha az enerjiye gereksinim duyarlar, belirli dalga boylarında ışık verirler, ısı üretimleri az, ışık yoğunluğu ayarlanabilir ve gün ışığına yakın kalitede ışık verirler. Ayrıca LED'lerin bünyesinde, cıvalı ve sodyum içeren lambalar gibi çevreyi kirleten gazlar bulunmamaktadır. Düşük elektrik tüketimi dolayısıyla da CO₂ miktarını azaltıcı yönde etkisi olmaktadır. Tasarlana LED lambanın bu özellikleri nedeniyle doku kültürü, büyüme odaları ve kabinleri gibi kontrollü bitki büyüme ortamları için mükemmel derecede faydalar sağlayabilecek bir ışık kaynağıdır.

Çalışmada, Kırmızı (620-630 nm), mavi (465-485 nm), UV-A (390-410 nm) ve Soğuk Beyaz gün ışığı (6500 K) ışık veren LED gruplarından oluşan bir LED lamba tasarlanmış ve lambanın aydınlatma homojenliği, radyometrik analiz sonuçları ile güç tüketimi araştırılmıştır. Lamba, yüksek güçlü kırmızı, mavi, UV-A ve soğuk beyaz LED ışıklarını tek veya karışık olarak verebilmektedir. Her renk ışık seviyesi

%0-100 arasında ve %1 adımlarla ayarlanabilmektedir. Lambanın 20 cm yükseklikten verdiği en yüksek aydınlık şiddeti 82 620 lx dikkate alınacak olursa, her %1'lik seviye adımı 826.2 lx aydınlık şiddetine karşılık gelmektedir. Lambanın verdiği en yüksek PAR değeri ise 1784.5 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ olarak ölçülmüştür. Bu miktar, bazı bitkiler için Öztürk (2008) tarafından önerilen PAR düzeylerinden (domates: 450-750; hıyar: 250-450; karanfil: 250-450; yapraklı bitkiler: 150-250 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) oldukça yüksektir.

Öte yandan, doğrusal LED dizilişi modelinin kullanıldığı deneme sonuçlarından yüzey üzerinde ölçülen ışınım aydınlık değerleri incelendiğinde, aydınlatma yüzeyinin çok büyük bir bölümünde homojen iken sadece kenarlarda farklılıklar olduğu da tespit edilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Tarafından desteklenmiştir (Proje No: 2011.03.0121.001).

LİTERATÜR LİSTESİ

- Huang, J., K., Padmanabhan, O. M. Collins, 2011. The Sampling Theorem With Constant Amplitude Variable Width Pulses, IEEE Transactions on Circuits and Systems, 58, 1178-1190.
- Jao, R. C., W. Fang, 2003. An Adjustable Light Source For Photo-Pyhto Related Research and Young Plant Production. Appl. Eng. Agr., 19 (5):601-608.
- Kondo, N., P. P. Ling, M. Kurita, P. D. Falzea, T. Nishizu, M. Kuramoto, Y. Ogawa, Y. Minami, 2008. A Double Image Acquisition System With Visible and UV LEDs For Citrus Fruit. ASABE Publication Number 701P0508cd.
- Lawrance, K. C., B. Park, G. Heitschmidt, W.R. Windham, 2005. Led Lighting For Use in Multispectral and Hyperspectral Imaging. ASAE Annual International Meeting.
- MEAN WELL inc. 2012. LED Sürücü Teknik Dökümanları. Http://www.meanwell.com, Erişim: Temmuz 2012.
- Miyashita, Y., Y. Kitaya, T. Kozai, T. Kimura, 1995. Effects of Red and Far-Red Light on The Growth and Morphology of Potato Planters in Vitro: Using Light Emitting Diode as A Light Source For Micropropagation. Acta Horti., 393: 189-194.
- Öztürk, H. H. 2008. Sera İklimlendirme Tekniği. Hasad Yayıncılık Ltd.Şti. s. 267-269. İstanbul.
- Shimizu, H., Z. Ma, S. Tazawa, M. Douzono, E. Runkle, R. Heins, 2005. The application of blue light as a growth regulator. ASAE International Meeting, Paper Number: 054152.
- Yağcıoğlu, A. 2005. Sera Mekanizasyonu. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Bornova- İzmir, 251 ss.