

Efecto de luz LED sobre semillas de *Capsicum annuum* L. var. serrano

Alejandra María Moreno-Jiménez¹, Sofía Loza-Cornejo¹, Martín Ortiz-Morales²

¹Centro Universitario de los Lagos, Universidad de Guadalajara. Enrique Díaz de León #1144, Col Paseos de la Montaña. Lagos de Moreno. Jalisco. México. CP 47460.

²Centro de Investigaciones en Óptica (CIO, Unidad Aguascalientes). Prol. Constitución 607, Fracc. Reserva Loma Bonita. Aguascalientes. Aguascalientes. México. CP 20200.
e-mail: e_la_02@hotmail.com

RESUMEN

El chile serrano (*Capsicum annuum* L.), es un cultivo de importancia económica, alimenticia y medicinal; por lo que es necesario incrementar su producción y mejorar sus características. Esta investigación, tuvo como objetivo evaluar el efecto estimulador que ejercen los diodos emisores de luz (LEDs), sobre plántulas de chile serrano. Se analizó el porcentaje de germinación, longitud de tallo, ancho de hoja, longitud de hoja, número de hojas, contenido de clorofila total y de carotenoides. Las semillas se expusieron a luz LED blanca, azul y roja, utilizando luz fluorescente como control y fotoperiodo de 11/13 horas. Una vez germinadas, las plántulas continuaron con la exposición a la luz por 30 días en condiciones de laboratorio y posteriormente se mantuvieron en invernadero por 60 días. Los resultados mostraron que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos de luz LED sobre la germinación de las semillas. Las variables longitud de tallo, ancho y longitud de hoja se favorecieron con luz roja, mientras que los LEDs azules y rojos destacaron por aumentar el número de hojas. Las plántulas tratadas con luz azul presentaron el mayor contenido de pigmentos fotosintéticos (Clorofila= 0.84 mg g⁻¹, Carotenoides= 0.12 mg g⁻¹). Se concluye que la luz LED roja es eficaz para el crecimiento de las plántulas de chile serrano, mientras que la producción de pigmentos fotosintéticos se favorece con la luz LED azul.

Palabras clave: chiles, diodos emisores de luz, germinación, crecimiento, pigmentos fotosintéticos

Effect of LED light on seeds of *Capsicum annuum* L. var. serrano

ABSTRACT

Serrano pepper (*Capsicum annuum* L.) is a crop of economic, nutritional and medicinal importance; so it is necessary to increase its production and improve its characteristics. The objective of this research was to evaluate the stimulatory effect of light emitting diodes (LEDs) on serrano pepper seedlings. Germination percentage, stem length, leaf width, leaf length, number of leaves, total chlorophyll content and carotenoid content were analyzed. The seeds were exposed to white, blue and red LED light, using fluorescent light as a control and a photoperiod of 11/13 hours. Once germinated, the seedlings continued with exposure to light for 30 days. After the laboratory conditions, the seedlings were transferred to a greenhouse for 60 days. The results show that there were no significant differences between LED light treatments on seed germination. The variables stem length, leaf width and leaf length, were favored with red light. Blue and red LEDs highlighted by increasing the number of leaves. Seedlings treated with blue light showed the highest content of photosynthetic pigments (chlorophyll= 0.84 mg g⁻¹, carotenoid= 0.12 mg g⁻¹). In conclusion, the red LED light is effective for the growth of serrano pepper seedlings, while the production of photosynthetic pigments was favored by blue LED light.

Keywords: peppers, light-emitting diodes, germination, growth, photosynthetic pigments

INTRODUCCIÓN

En el género *Capsicum*, la especie *Capsicum annuum* L. es la de mayor importancia económica. El chile, como comúnmente se denomina a la planta y particularmente a su fruto, constituye un recurso económico, alimenticio y medicinal valioso en México, donde en los últimos años, se ha registrado una disminución en la superficie cosechada de la especie (Sim y Sil, 2008; SIAP, 2011). Entre los mayores retos a los que se enfrenta la humanidad está mejorar la sostenibilidad de la agricultura y reducir al mismo tiempo su impacto ambiental. A pesar de que la agricultura contemporánea utiliza en gran medida compuestos químicos, el uso de métodos físicos podría representar una alternativa para aumentar el rendimiento de la producción agrícola sin dañar el ambiente (Aladjadjiyan, 2012; Edmondson *et al.*, 2014).

Uno de los métodos físicos más estudiados actualmente en la horticultura es la iluminación de estado sólido basado en diodos emisores de luz (LEDs) los cuales, influyen sobre diversos caracteres morfológicos y procesos fisiológicos de las plantas, gracias a las características de la luz (Urbanavičiūtė *et al.*, 2007; van Ieperen, 2012). En comparación con lámparas tradicionales, las cualidades de los LEDs incluyen vida larga, alta eficiencia fotosintética, tamaño pequeño, menor radiación térmica, así como un alto rendimiento. Además, un diodo emisor de luz es capaz de convertir la energía eléctrica en luz visible y coincidir con la mayoría de los receptores de la fotosíntesis de las plantas (Landis *et al.*, 2013).

Para el cultivo de chile (*Capsicum* spp.), se han realizado estudios sobre el efecto de luces LEDs sobre la germinación de semillas y desarrollo de las plantas (Brown *et al.*, 1995; Schuerger *et al.*, 1997; Li *et al.*, 2016). Sin embargo, es necesario continuar con esta línea de investigación, para enriquecer los resultados, así como enfocar este tipo de estudios sobre un cultivar en particular de la especie *Capsicum annuum*.

Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue determinar el efecto del tratamiento con diodos emisores de luz

(LEDs) sobre la germinación, crecimiento y contenido de pigmentos fotosintéticos de plántulas de chile serrano (*Capsicum annuum*), con la finalidad de contribuir al establecimiento de métodos de propagación y mejoramiento genético de esta especie.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Se emplearon semillas de chile serrano (*Capsicum annuum* var. serrano) que se recolectaron a partir de frutos maduros que se obtuvieron comercialmente.

Efecto de LEDs sobre semillas

Las semillas viables se separaron en grupos de 50 para la aplicación de los tratamientos y se desinfectaron con hipoclorito de sodio comercial al 10% y Captan al 5% (Cano, 2013), con la finalidad de reducir el riesgo de contaminación fúngica. Posteriormente, se colocaron sobre papel de filtro Whatman No. 2 humedecido con agua destilada, en cajas Petri estériles.

Enseguida, las semillas se sometieron a un tratamiento de luz LED: azul ($78 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), roja ($40 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) y blanca ($98 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), además del control (luz fluorescente $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), con un fotoperiodo de 11 h de luz y 13 h de oscuridad por 30 días. Se emplearon tres repeticiones por tratamiento ($n=50$).

La temperatura y humedad relativa se registraron con un higrómetro portátil CONTROL COMPANY y tuvieron un promedio de 24.4 °C y 35.8%, respectivamente.

Una vez germinadas las semillas, las plántulas se transfirieron a semilleros de plástico de 27 x 53 cm, con 98 cavidades de 4 cm de profundidad. Se utilizó un sustrato de cultivo multiusos (PRO-MIX), el cual contiene una combinación de musgo de turba de *Sphagnum* canadiense (80-90%), perlita, piedra caliza (para ajuste de pH) y agente humectante. Los semilleros con las plántulas se sometieron de nuevo a los tratamientos de luz LED azul, roja y blanca, además del control con luz fluorescente. El fotoperiodo fue de 11 h de luz y 13 h de oscuridad por 30 días (Liu *et al.*, 2011).

Para los experimentos de cultivo y crecimiento, se utilizaron LEDs blancos, LEDs azules, LEDs rojos de 6 W de potencia (SMD 5050, HR16; JACH Iluminación, México) y luz fluorescente (F-7EM; VOLTECH, México) de 7 W de potencia. Seis focos con LED blancos, azules, rojos y luz fluorescente se colocaron en cámaras de germinación de 60 x 30 x 25 cm y 15 focos con LED blancos, azules, rojos y luz fluorescente se colocaron en anaqueles de 85 x 60 x 30 cm para su crecimiento. La distribución espectral de cada uno de los tratamientos de luz (Figura 1), se midió con un espectroradiómetro SIM-2 Plus METRUE.

Las plántulas se trasladaron a un invernadero para continuar su crecimiento hasta los 60 días. Al finalizar ese periodo se hizo un muestreo con la finalidad de analizar la variación en el crecimiento y contenido de pigmentos fotosintéticos.

Variables evaluadas

Porcentaje de germinación. Cada tercer día se registró el número de semillas germinadas.

Con los datos obtenidos se calculó el porcentaje de germinación (PG), como una relación entre el número de semillas germinadas y el número de semillas sembradas (Prado *et al.*, 2015).

Crecimiento. Se tomó una muestra (n=15) de plántulas por tratamiento y con ayuda de un vernier digital MITUTOYO se midieron los caracteres morfológicos longitud del tallo (mm), ancho de la hoja (mm) y longitud de la hoja (mm). Además, se cuantificó el número de hojas por plántula.

Contenido de clorofila y carotenoides. Se determinaron de acuerdo con la técnica propuesta por Holm (1954) y Wetstein (1957), la cual consiste en tomar una muestra de tejido y realizar la extracción con acetona al 80%. Se realizaron lecturas de absorbancia a 663, 645 y 440 nm, mediante el uso de un espectrofotómetro AGILENT CARY 60 UV-Vis. Los datos se registraron como miligramo de pigmento por gramo de tejido vegetal. Los cálculos se realizaron con las fórmulas:

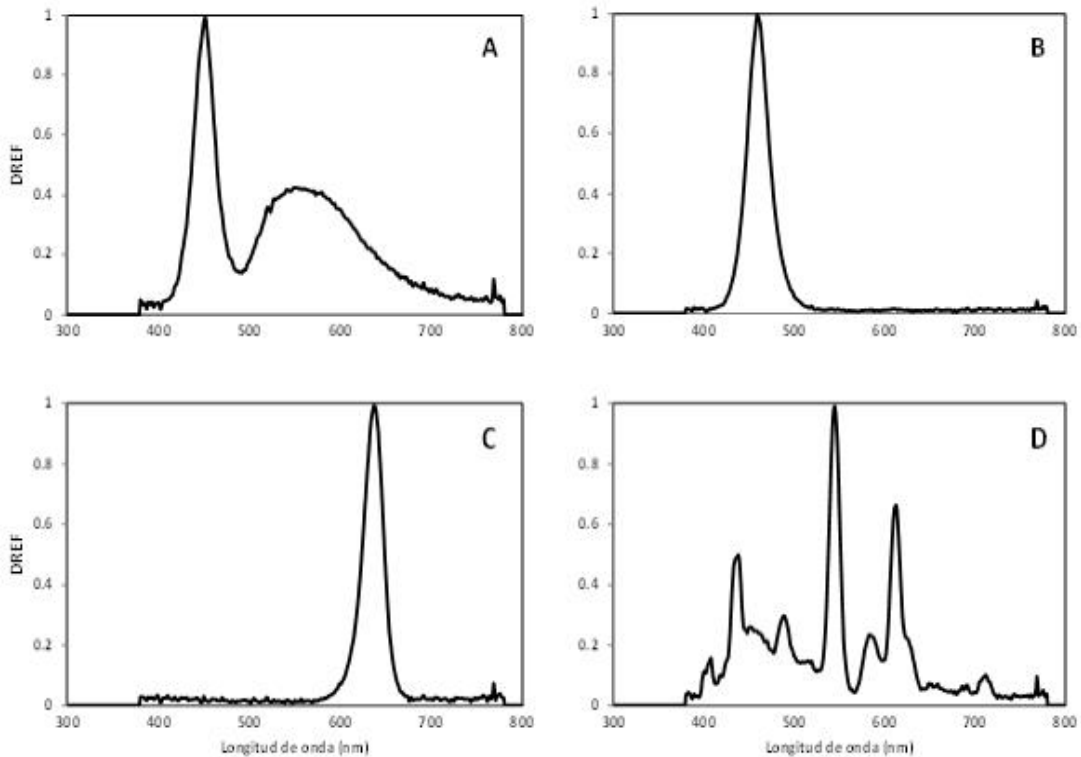


Figura 1. Distribución relativa de la densidad espectral de flujo de fotones (DREF) de los tratamientos de luz; LED blanca (A), LED azul (B), LED roja (C) y fluorescente (D).

$Chl T (mg l^{-1}) = (20.2 * A645) + (8.02 * A663)$
 $CAR (mg l^{-1}) = 4.695 (A440) - 0.268 (Chl T)$
 Tomando en cuenta la masa fresca:
 $C = (C_1 \cdot V) / P$

Dónde:

C: Contenido de pigmento ($mg g^{-1}$)

C_1 : Concentración de clorofila total o carotenoides ($mg l^{-1}$) obtenidas en las ecuaciones

V: Volumen del extracto (L)

P: Peso de la muestra vegetal (g)

Análisis estadístico

Se aplicó un diseño experimental completamente al azar. Los parámetros de la estadística descriptiva y pruebas de comparaciones múltiples de Tukey ($P < 0.05$) para examinar las diferencias entre los tratamientos, se determinaron con el programa de análisis estadístico SAS 9.1, mediante los procedimientos MEANS y GLM (SAS, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La germinación de semillas de chile serrano (Figura 2), presentó los mayores porcentajes durante los días 6 al 12. A partir del día 12, para el tratamiento con luz LED rojo y el control; y del día 15, para los tratamientos de LEDs blanco y azul, los valores de germinación disminuyeron y se mantuvieron sin mostrar diferencias entre tratamientos. En la germinación de semillas de *C. annuum* var.

serrano (Figura 2), no se observó una diferencia significativa entre los tratamientos de luz, respecto al control ($p < 0.05$).

Al analizar el efecto del uso de LEDs como tratamiento pre-germinativo, se observó que los tratamientos utilizados no promueven un mayor porcentaje de germinación en comparación con el control. Es decir, la estimulación con LEDs azul, rojo o blanco, no provoca un aumento en el proceso germinativo del cultivar de chile serrano (*Capsicum annuum* L.). Esto coincide con estudios realizados por otros autores como Ichihashi (1990) y Godo *et al.* (2011), por ejemplo, quienes describieron que no hubo diferencias significativas entre condiciones de oscuridad y luz azul, verde, amarilla o roja en la germinación de dos especies de orquídeas *Bletilla striata* (Thunb.) y *B. ochracea* Schltr.

Por otra parte, en los indicadores de crecimiento evaluados, se observó una estimulación positiva con la exposición a luz LED roja (Tabla 1). La longitud del tallo de plántulas crecidas bajo LEDs rojos tuvo una media de 46.3 mm, mayor al presentado por el control (17.7 mm). Una respuesta similar se observó para el ancho y longitud de hoja, los cuales fueron favorecidos con el tratamiento de luz roja. Tanto la luz LED roja como azul incrementaron la producción de hojas en las plántulas. Por otro lado, no se observaron diferencias entre las variables

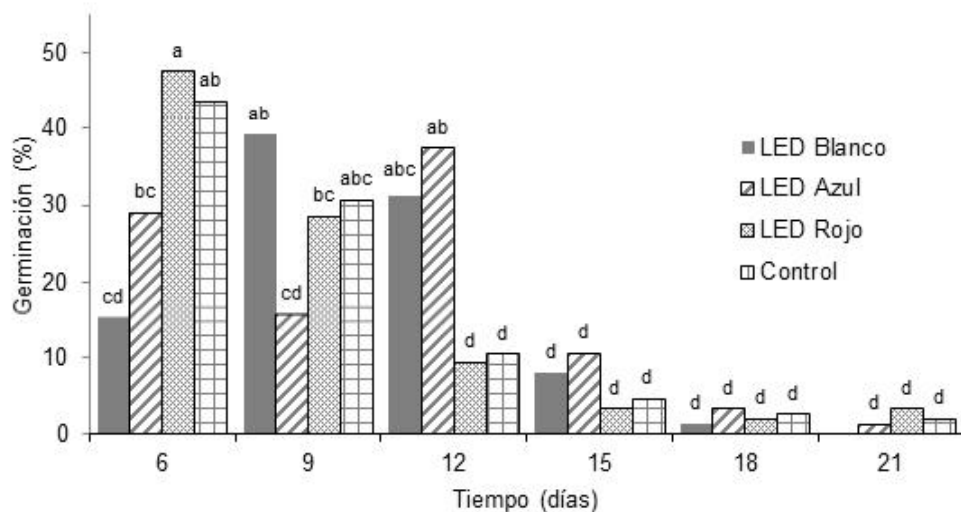


Figura 2. Porcentaje de germinación de semillas de *Capsicum annuum* var. serrano bajo la influencia de distintos tratamientos de luz LED. Letras diferentes sobre barras indican diferencias significativas (Tukey, $p < 0.05$).

morfológicas analizadas para la hoja con los tratamientos de LEDs blancos y luz fluorescente. Sin embargo, la longitud del tallo sí presentó diferencias; la luz LED blanca y la roja promovieron un mayor alargamiento de este órgano comparado con el control (Tabla 1).

De acuerdo con Johkan *et al.* (2010), el desarrollo de la planta está influido por la calidad de la luz, es decir, el color o longitud de onda que incide sobre ella. En la presente investigación se logró observar que la luz LED roja tuvo un efecto destacado respecto a los otros tratamientos sobre el crecimiento de las plántulas de chile serrano. La luz roja, tiene un alto impacto sobre el crecimiento, esto se debe a que los fitocromos tienen sus picos de sensibilidad en la región roja del

espectro de luz, lo que provoca respuestas fisiológicas en la planta, como la expansión de la hoja y alargamiento del tallo (Massa *et al.*, 2008; Godo *et al.*, 2011; Paniagua *et al.*, 2015).

Por otro lado, la exposición de plántulas de chile serrano a la luz LED, tuvo un efecto positivo sobre la concentración de clorofila y carotenoides (Figura 3). La luz azul, en particular, se distinguió por inducir un incremento, tanto en el contenido de clorofila total (0.84 mg g⁻¹) como en el de carotenoides (0.12 mg g⁻¹), con diferencias significativas comparada con los otros tratamientos en los cuales el valor promedio de clorofila total osciló entre 0.2-0.3 mg g⁻¹ y de 0.03-0.04 mg g⁻¹ de carotenoides (Figura 3).

Tabla 1. Caracteres morfológicos de plántulas de chile serrano de 60 días de cultivo, provenientes de semillas crecidas bajo diferentes tratamientos de luz LED.

Tratamiento	Longitud tallo (mm)	Ancho hoja (mm)	Longitud hoja (mm)	Número de hojas
LED Blanco	24.9 ± 1.2 b	5.7 ± 0.5 c	10.5 ± 0.8 c	2 ± 0.2 b
LED Azul	24.4 ± 2.0 bc	8.5 ± 0.4 b	14.5 ± 0.5 b	3 ± 0.3 a
LED Rojo	46.3 ± 2.7 a	10.3 ± 0.3 a	18.3 ± 0.4 a	3 ± 0.2 a
Control	17.7 ± 1.2 c	7.1 ± 0.4 bc	12.8 ± 0.7 bc	2 ± 0.3 b

Los datos representan la media ± error estándar. Letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas (Tukey, p<0.05).

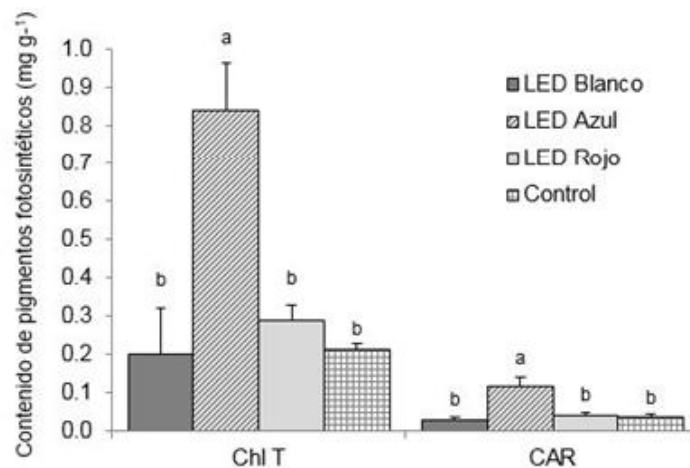


Figura 3. Efecto de la exposición a diodos emisores de luz de diferente longitud de onda sobre el contenido de pigmentos fotosintéticos (Clorofila total-Chl T y Carotenoides-CAR) en plántulas de *Capsicum annuum* var. serrano de 60 días de cultivo. Los datos representan la media ± error estándar. Letras diferentes sobre barras indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, p<0.05).

Las plantas responden de diferente manera a la luz visible de longitudes de onda específicas, activando el sistema criptocromo y haciendo coincidir los espectros de absorción de clorofila y carotenoides, lo cual influye sobre la morfología, el crecimiento y la fotosíntesis (Yanagi *et al.*, 1996). Por otro lado, algunos autores han informado sobre la influencia que ejercen diferentes longitudes de onda de luz sobre la concentración de pigmentos fotosintéticos. Por ejemplo, Li y Kubota (2009), Novièkovas *et al.* (2012), Samuolienė *et al.* (2012) y Hernández y Kubota (2016), observaron un incremento de pigmentos fotosintéticos cuando se utilizó luz azul sobre especies de importancia hortícola como lechuga (*Lactuca sativa* L.), pepino (*Cucumis sativus* L.), jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) y chile (*Capsicum annuum* L.).

CONCLUSIONES

El chile serrano (*Capsicum annuum* L.) es sensible a la irradiación proveniente de diodos emisores de luz (LEDs) de diferente longitud de onda. La luz LED roja aumenta el crecimiento de las plántulas, produce un mayor alargamiento del tallo y mejor desarrollo de las hojas. De igual forma la luz LED azul favorece el desarrollo foliar de las plántulas e incrementa la producción de pigmentos fotosintéticos. Sin embargo, el uso de LEDs no tuvo un efecto significativo sobre la germinación de semillas de chile serrano.

AGRADECIMIENTOS

La primera autora agradece la beca proporcionada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) para estudios de Maestría en Ciencia y al Programa de Posgrado en Ciencia y Tecnología del Centro Universitario de los Lagos de la Universidad de Guadalajara, Jalisco, México.

REFERENCIAS

Aladjadjian A (2012) Physical factors for plant growth stimulation improve food quality. En: Aladjadjian A (ed). Food production-approaches, challenges and tasks, pp. 145–168. InTech Publisher, Croacia; ISBN: 978-953-307-887-8

Brown CS, Schuerger AC, Sager JC (1995) Growth and photomorphogenesis of pepper under red light-emitting diodes with supplemental blue or far-red lighting. Journal of American Society of Horticulture Science 120(5): 808-813

Cano VA (2013) Germinación en semilla de chile piquín (*Capsicum annuum* var. aviculare). Tesis de Maestría en Recursos Genéticos y Productividad, Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, México

Edmondson JL, Davies ZG, Gaston KJ, Leake JR (2014) Urban cultivation in allotments maintains soil qualities adversely affected by conventional agriculture. J Appl Ecol 51(4): 880–889; doi: 10.1111/1365-2664.12254

Godo T, Fujiwara K, Guan K, Miyoshi K (2011) Effects of wavelength of LED-light on *in vitro* asymbiotic germination and seedling growth of *Bletilla ochracea* Schltr. (Orchidaceae). Plant Biotechnology 28(4): 397-400; doi: 10.5511/plantbiotechnology.11.0524a

Holm G (1954) Chlorophyll mutations in barley. Acta Agr Scand 4(1): 457-471; doi: 10.1080/00015125409439955

Hernández R, Kubota C (2016) Physiological responses of cucumber seedlings under different blue and red photon flux ratios using LEDs. Environmental and Experimental Botany 121: 66-74

Ichihashi S (1990) Effects of light on root formation of *Bletilla striata* seedlings. Lindleyana 5(2): 140-143

Johkan M, Shoji K, Goto F, Hashida S, Yoshihara T (2010) Blue light-emitting diode light irradiation of seedlings improves seedling quality and growth after transplanting in red leaf lettuce. HortScience 45(12): 1809-1814

Landis TD, Pinto JR, Dumroese RK (2013) Light-emitting diodes (LED): applications in forest and native plant nurseries. Forest Nursery Notes 33(1): 5-13

Li Q, Kubota C (2009) Effects of supplemental light quality on growth and phytochemicals

- of baby leaf lettuce. *Environmental and Experimental Botany* 67(1): 59-64; doi: 10.1002/jsfa.6173
- Li X, Lu W, Hu G, Wang XC, Zhang Y, Sun GX, Fang Z (2016) Effects of light-emitting diode supplementary lighting on the winter growth of greenhouse plants in the Yangtze River Delta of China. *Bot Stud* 57(2): 1-8; doi: 10.1186/s40529-015-0117-3
- Liu XY, Guo SR, Xu ZG, Jiao XL (2011) Regulation of chloroplast ultrastructure, cross-section anatomy of leaves, and morphology of stomata of cherry tomato by different light irradiations of light-emitting diodes. *HortScience* 46(2): 217-221
- Massa GD, Kim HH, Wheeler RM, Mitchell CA (2008) Plant productivity in response to LED lighting. *HortScience* 43(7): 1951-1956
- Novièkovas A, Brazaitytè A, Duchovskis P, Jankauskienè J, Samuolienè G, Virðilè A, Sirtautas R, Bliznikas Z, Pukauskas A (2012) Solid-state lamps (LEDs) for the short-wavelength supplementary lighting in greenhouses: experimental results with cucumber. *Acta Horticulturae* 927: 723-730; doi: 10.17660/ActaHortic.2012.927.90
- Paniagua PG, Hernández AC, Rico MF, Domínguez PFA, Martínez OE, Martínez GCL (2015) Efecto de la luz LED de alta intensidad sobre la germinación y el crecimiento de plántulas de brócoli (*Brassica oleracea* L.). *Polibotánica* 40: 199-212; doi: 10.18387/polibotanica.40.13
- Prado UG, Lagunes EL, García LE, Bautista MC, Camacho CW, Mirafuentes F, Aguilar RV (2015) Germinación de semillas de chiles silvestres en respuesta a tratamientos pre-germinativos. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 2(5): 139-149
- Samuolienè G, Brazaitytè A, Duchovskis P, Virðilè A, Jankauskienè J, Sirtautas R, Novièkovas A, Sakalauskiènè S, Sakalauskaitè J (2012) Cultivation of vegetable transplants using solid-state lamps for the short-wavelength supplementary lighting in greenhouses. *Acta Horticulturae* 952: 885-892; doi: 10.17660/ActaHortic.2012.952.112
- SAS (2002) SAS User´s Guide: Statistics. SAS Inst. Inc.
- Schuerger AC, Brown CS, Stryjewski EC (1997) Anatomical features of pepper plants (*Capsicum annuum* L.) grown under red light-emitting diodes supplemented with blue or far-red light. *Ann Bot (Lond.)* 79(3): 273-282; doi: 10.1006/anbo.1996.0341
- SIAP Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2011) Anuario de la producción Agrícola del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/>. Consultado 12/03/2017
- Sim KH, Sil HY (2008) Antioxidant activities of red pepper (*Capsicum annuum*) pericarp and seed extracts. *International Journal of Food Science & Technology* 43(10): 1813-1823; doi: 10.1111/j.1365-2621.2008.01715.x
- Urbonavièiūt A, Pinho P, Samuolien G, Duchovskis P, Vitta P, Stonkus A, Tamulaitis G, Pukauskas A, Halonen L (2007) Effect of short wavelength light on lettuce growth and nutritional quality. *Sodininkystè Ir Darpininkystè* 26(1): 157-165
- van Ieperen W (2012) Plant morphological and developmental responses to light quality in a horticultural context. *Acta Hort* 956: 131-139; doi: 10.17660/ActaHortic.2012.956.12
- Wettstein D (1957) Chlorophyll letale und der submikroskopische Formwechsel der Plastiden. *Exp Cell Res* 12(3): 427-434; doi: 10.1016/0014-4827(57)90165-9
- Yanagi T, Okamoto K, Takita S (1996) Effects of blue, red, and blue/red lights of two different PPF levels on growth and morphogenesis of lettuce plants. *Acta Horticulturae* 440: 117-122

Recibido: 13-06-2017

Aceptado: 12-07-2017