

EFECTO DE LA LUZ LED EN PLÁNTULAS DE MAÍZ

LED LIGHTNING EFFECT ON MAIZE PLANTLETS

Omar Galicia-Salgado^{1§}; Genaro Pérez-Jiménez²; Viviana Elizabeth Gutiérrez-Rangel¹; Ana Patricia-García Cruz¹; Agustina Bautista Ramírez¹

¹Universidad Politécnica de Puebla Ingeniería en Biotecnología. Tercer Carril del Ejido "Serrano" s/n San Mateo Cuanalá. Juan C. Bonilla, Puebla, Pue C.P. 72640.²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Carretera Federal México-Puebla Km 56.5, 74100 Santa Rita Tlahuapan, Puebla.

[§] Autor de correspondencia: omar.galicia1321@up Puebla.edu.mx recibido 18 noviembre 2020, aceptado 15 marzo 2021

Artículo científico

RESUMEN

En la actualidad, la tecnología LED ha avanzado rápidamente en diferentes campos de las ciencias agrícolas, debido a que se ha documentado que la iluminación artificial produce efectos estimuladores en el desarrollo fisiológico de las plantas expuestas. Aún no se ha estudiado el efecto que produce el fotoperiodo con iluminación en distintas longitudes de onda en maíz. El objetivo de esta investigación fue caracterizar la respuesta fisiológica de cuatro genotipos de maíz al fotoperiodo, con luz LED. Se evaluaron cuatro diferentes tratamientos de fotoperiodo con iluminación LED (blanco, azul, verde, rojo). El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar con tres repeticiones por las combinaciones entre genotipos y espectros lumínicos. Las variables evaluadas fueron altura de planta, diámetro del tallo, longitud de la radícula, volumen de la radícula y área foliar. Se observaron

diferencias significativas en el efecto de luz LED en algunas variables; en los genotipos, una interacción diferente ante cada tratamiento, esto mediante un análisis de cuadrados medios y comparación múltiple de medias por DMS ($p \leq 0.05$) utilizando el programa estadístico SAS (ver 9.4) (Statistical Analysis System, 2014) se llevaron a cabo para cada variable de estudio. La calidad, intensidad y duración de la luz afectan el desarrollo vegetal ya que promueven diferentes respuestas fisiológicas, en donde se tiene desarrollo vegetativo en LED azul, además el estudio demuestra que el genotipo que mejor respuesta fisiológica tiene es el genotipo blanco y el de menor respuesta fisiológica es el genotipo azul.

Palabras clave: fotoperiodo, viabilidad, *Zea mays*, longitud de onda, Light Emitting Diode.

SUMMARY

Nowadays, LED technology has advanced rapidly in different fields of agricultural sciences, because it has been observed that artificial lighting produces stimulatory effects on the physiological development of exposed plants. In corn, the effect produced by the photoperiod with lighting at different wavelengths has not yet been studied, therefore, the objective was to characterize the physiological response to the photoperiod with LED light. Four corn genotypes were evaluated, with four different photoperiod treatments under LED lighting (white, blue, green, red). The experiment was developed in complete random blocks in three repetitions for the combinations between genotypes and light spectra. Height, stem diameter, radicle

length, radicle volume and leaf area were evaluated, where a relationship was observed in the behavior of LED light in some variables, in turn in the genotypes a different interaction before each treatment This by means of a squared means analysis and multiple comparison of means by Tukey ($p \leq 0.05$) using the statistical program SAS (see 9.4) (Statistical Analysis System, 2014) were carried out for each study variable. The quality, intensity and duration of light control plant development because they promote different physiological responses, where there is vegetative development in blue LED, in addition the study shows that the genotype that has the best physiological response is the white genotype, the

one with the lowest physiological response is the blue genotype.

Key words: photoperiod, viability, *Zea mays*, wavelength, Light Emitting Diode

INTRODUCCIÓN

La luz, además de ser una fuente indispensable de energía para la fotosíntesis de plantas, también es factor importante para su crecimiento y desarrollo (Ding *et al.*, 2010). Las plantas son capaces de responder a la intensidad y al color de la luz (Johkan *et al.*, 2012); además la producción de material vegetal, se puede controlar artificialmente por medio del ambiente de crecimiento, variables importantes, son la intensidad de la luz, la temperatura y la humedad (Ramos y Ramírez, 2016).

Las plantas utilizan el espectro de luz similar al que capta el ojo humano, pero a diferencia de los humanos, ellas captan principalmente la luz roja y la luz azul; la molécula de clorofila tiene la función de absorber la luz solar y utilizar su energía para transformar el agua y el dióxido de carbono en oxígeno y moléculas orgánicas (azúcares y carbohidratos); este proceso se denomina fotosíntesis (Bures *et al.*, 2018). La clorofila es una foto receptor (receptor de fotones) que se encuentra en los cloroplastos de las plantas y confiere a las mismas la coloración verde. Principalmente captan luz ligeramente de diferentes longitudes de onda, complementando ambas sustancias en la absorción de luz (Bures *et al.*, 2018).

En cultivo *indoor* es apropiado para cualquier tipo de planta debido que la iluminación es a través de LED's, que se les conoce como luces de crecimiento y son una fuente de luz artificial, mismas que funcionan de tres maneras diferentes, una de ellas es que proporcionan toda la luz que la planta necesita para crecer, aumentan el periodo de la luz día con el fin de disparar el crecimiento y la promueven la floración. (Ramos y Ramírez, 2016). Algunas ventajas en este tipo de cultivo es la manipulación de variables como el tiempo de fotoperiodo, temperatura, humedad relativa, además de una mejor interacción a la luz (Blanco *et al.*, 2015).

El maíz alimento básico consumido por 900 millones de personas es el cultivo más importante del mundo (Shiferaw *et al.*, 2011); representa toda una tradición productiva y de consumo; donde se cumplen diversas funciones alimentarias y socioeconómicas que le han permitido trascender hasta la actualidad.

Por ende, el presente resumen tiene como objetivo estudiar la respuesta fisiológica de acuerdo a los diferentes tratamientos de iluminación LED blanco, verde, azul, rojo, así como la evaluación de cuatro genotipos de maíz blanco, negro, rojo, azul.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron cuatro genotipos de maíz, blanco (GB), negro (GN), azul (GA) y rojo (GR) (Figura 1); semillas proporcionadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) mismos materiales que se caracterizaron por el peso promedio de cada genotipo: GB= 0.50 g, GN= 0.35 g, GR= 0.14, GA= 0.2 g.

El experimento se realizó en las instalaciones de laboratorio general de INIFAP. CE San Martinito. Para la germinación de las semillas se colocó en un estante metálico de 41 cm de alto, una longitud a lo ancho de 85 cm y 30 cm de profundidad, el cual fue forrado con hule negro con el fin de evitar la mezcla de luz (Figura 1), se instalaron focos LED (AKSI de 127 volts) cada sección con dos focos a una

distancia de 30 cm, la longitud de onda fue determinada por un luxómetro (Steren®, modelo HER-408), donde la luz blanca, azul, verde y roja obtuvieron valores de 88.96, 83.03, 53.26, 56.36 lu m^{-2} respectivamente. El fotoperiodo fue de 16 horas de luz y ocho de oscuridad, esto programado por un temporizador Steren®.

La siembra se realizó en charolas de plástico de 36 x 20 cm, con arena como sustrato (Figura 1), divididas en ocho partes para distribuir los genotipos entre las luces LED, las charolas se saturaron con 500 mL al primer riego, y los posteriores se realizaron de 200 mL terciado. La temperatura de cada sección fue entre $20.3\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$ y una humedad relativa de 45 % y una evapotranspiración de 2.5 mL en la luz blanca, 1.86

mL en luz azul 2.53 mL, luz roja 2.53 mL por 24 h. El diseño experimental fue bloques completos al azar, con cuatro repeticiones de cinco semillas por unidad experimental; las variables estudio fueron altura (A) (cm), diámetro del tallo (DT) (mm) longitud de radícula (LR) (cm), masa fresca de raíz (MFR) (g), masa fresca aérea (MFA) (g), volumen de radícula (VR) (mL), área foliar (AF) (cm²). Los datos obtenidos se analizaron comprobando los

supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas y, después se realizó un análisis de varianza (ANOVA) por genotipo, luz LED y un análisis de interacción genotipo × luz. Se observaron diferencias estadísticas se corrió una prueba múltiple de comparación de medias por Tukey ($p \leq 0.05$), utilizando el programa estadístico SAS (ver 9.4) (Statistical Analysis System, 2014).

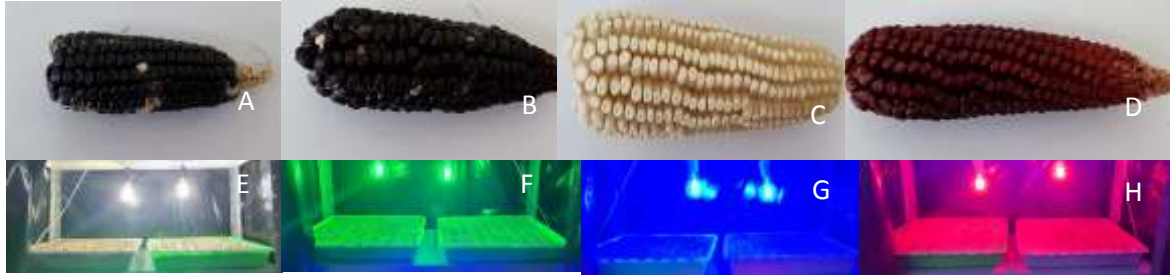


Figura 1. Genotipo Azul (A), Genotipo Negro (B), Genotipo Blanco (C), Genotipo Rojo (D) de muestras de maíz puestas en análisis. Acondicionamiento del experimento en los diferentes tipos de LED's, Blanco (E), Verde (F), Azul (G), Rojo (H).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 1 muestra el análisis de varianza de las variables de estudio de acuerdo a su respuesta

fisiológica de maíz, en su interacción Gen, Luz e interacción Gen × Luz.

Cuadro 1. Cuadrados medios y significancia estadística del análisis de varianza en las variables estudiadas de cuatro genotipos de maíz y su interacción en la germinación a luz LED. C. E. "El Molinito", INIFAP, Pue. I-2020.

Variable	Media	CM ^T				CV ^φ	R ²
		Gen	Luz	Gen×Luz	Error		
A	7.93	28.62 **	1.8 ns	1.90 ns	1.49	15.42	0.69
DT	2.58	0.90 *	.98 *	0.39 *	0.19	17.16	0.59
LR	21.42	9.89 ns	142.78 ns	58.78 ns	71.54	39.47	0.35
VR	1.20	1.13 *	0.41 ns	0.09 ns	0.28	43.97	0.38
MFR	1.39	2.56 **	0.99 *	0.29 ns	0.21	32.94	0.66
MFA	0.81	0.87 **	0.08 ns	0.13 *	0.07	33.01	0.63
AF	2.42	3.78 **	2.49 **	0.51 *	0.24	20.23	0.75

CM^T: cuadrados medios; CV^φ: coeficiente de variación; R²: Coeficiente de determinación; Gen: genotipo; *: significativo ($p < 0.0005$); **: altamente significativo ($p < 0.0001$); ns: no significativo al ($p \leq 0.5$). A: altura de planta; DT: diámetro del tallo; LR: longitud de radícula; VR: volumen de radícula; MFR: masa fresca de raíz; MFA: masa fresca aérea; AF: área foliar.

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas (Cuadro 1) entre Gen para las variables A, MFR, MFA, AF; se observaron diferencias significativas en DT y LR; no se observaron diferencias significativas entre genotipos para la variable LR; resultados similares fueron obtenidos por Murillo-Talavera et al. (2016) en plántulas de *Laelia autumnalis*. Estos resultados muestran que, en general, los genotipos evaluados tuvieron comportamiento diferente debido a su constitución genética. Para el factor luz sólo se observaron diferencias significativas en las

variables DT, MFR y AF; el efecto de luz tuvo respuestas en pocas variables. La interacción Gen \times Luz mostró diferencias significativas en las variables DT, MFA y AF, lo que indica que los genotipos evaluados tuvieron respuestas diferentes a la aplicación de luz. Los cv fueron buenos para las variables A, DT y AF. Fueron altos (baja precisión en su estimación) para las otras variables evaluadas. El modelo utilizado fue adecuado para las variables A, DT, MFR, MFA y AF, de acuerdo a los valores obtenidos de R^2 .

Cuadro 2. Comparación de medias mediante la prueba de DMS del análisis de desarrollo fisiológico de cuatro genotipos de maíz. C. E. "El Molinito", INIFAP, Pue. I-2020.

Genotipos	Variables						
	A	DT	LR	VR	MFR	MFA	AF
GB	7.87 b	2.96 a	21.79 a	1.60 a	2 a	1.17 a	3.14 a
GN	9.69 a	2.61 ab	24.56 a	1.27 ab	1.41 b	0.86 b	2.59 a
GR	8.24 b	2.35 b	17.82 a	0.89 b	0.88 c	0.54 bc	1.94 b
GA	5.94 c	2.42 b	21.51 a	1.05 b	1.27 bc	0.68 bc	2.01 b
DMS*	1.35	0.49	9.35	0.58	0.50	0.29	0.54

DMS*: diferencia mínima significativa; Valores con diferente letra dentro de columnas son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.5$). A: altura de planta; DT: diámetro del tallo; LR: longitud de radícula; VR: volumen de radícula; MFR: masa fresca de raíz; MFA: masa fresca aérea; AF: área foliar.

En el Cuadro 2 se muestra la respuesta fisiológica de la comparación de medias mediante la prueba de Tukey, la cual presenta que el genotipo GB fue el que mejor respuesta fisiológica tuvo en el desarrollo de las variables DT, LR, VR, MFR, MFA y AF, el cual pone la semilla en primer lugar en el desarrollo fisiológico; en segundo lugar se encuentra el genotipo GN que obtuvo la mayor altura en la variable A; los genotipos GB y GN tuvieron respuestas similares en las variables DT, LR, VR y AF, y fueron superiores a los otros dos genotipos evaluados. Este comportamiento del maíz blanco fue similar al obtenido por Rossmory y

Oviedo (2015) quienes evaluaron maíz amarillo. El genotipo GB mostró mayor potencial para las variables evaluadas, respecto a los otros tres. En tercer lugar se encuentra GR donde la única variable que tiene una respuesta fisiológica positiva fue LR, mostrando las otras variables una respuesta baja. En cambio GA nos indica que no tiene una ventaja fisiológica ante los otros genotipos evaluados. Se mostró que el genotipo blanco tiene un mejor desarrollo ante los otros genotipos, al igual que se indicó que el genotipo azul no presentó un buen desarrollo fisiológico.

Cuadro 3. Comparación de medias mediante la prueba de DMS de la influencia de la luz LED en cuatro genotipos de maíz para las variables evaluadas. C. E. "El Molinito", INIFAP, Pue. I-2020.

Luz	Variables						
	A	DT	LR	VR	MFR	MFA	AF
LB	7.83a	2.93 a	24.66 a	1.01 a	1.10 b	2.60 a	2.60 a
LA	7.42 a	2.30 b	21.69 a	1.45 a	1.71 a	2.74 a	2.74 a
LR	8.17 a	2.41 b	16.59 a	1.20 a	1.55 ab	1.74 b	1.74 a
LV	8.31 a	2.70 ab	22.75 a	1.14 a	1.20 b	2.59 a	2.59 a
DMS*	1.35	0.49	9.35	0.58	0.50	0.54	0.54

DMS*: diferencia mínima significativa; Valores con diferente letra dentro de columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.5$). A: altura de planta; DT: diámetro del tallo; LR: longitud de radícula; VR: volumen de radícula; MFR: masa fresca de raíz; MFA: masa fresca aérea; AF: área foliar.

En el Cuadro 3 se muestra la comparación de medias mediante la prueba DMS de la influencia de la luz LED sobre los cuatro genotipos. Se observó que el tipo de luz no tuvo efecto sobre las variables A, LR, VR y AF, pues ningún tipo de luz mostró diferencias significativas. Con LB, las variables expresaron tendieron a una respuesta positiva ante las variables debido a que en el el espectro blanco es una mezcla de todos los colores (Barbero, 2010). En cambio se muestra que LA sobresale en El Cuadro 4 muestra la comparación de medias entre los cuatro genotipos de maíz evaluados ante los cuatro tratamientos de luz, por la comparación múltiple de medias por DMS, indica que GB, tienen mejor comportamiento ante los cuatro tratamientos de luz LED, lo cual la hace una semilla con la mejor respuesta fisiológica ante los cuatro fotoperiodos.

variables de masa de raíz y masa fresca aérea, lo cual nos dice que dicha luz afecta el crecimiento vegetativo, de acuerdo con Kurilčik et al. (2008) la luz azul y roja, ocurre una interacción sinérgica entre criptocromos y fitocromos (fotorreceptores del azul y rojo, respectivamente) y estos pigmentos pueden ser responsables de la percepción y activación del proceso de rizogénesis.

Mientras la luz LED azul demostró ser la mejor luz, para inducir el crecimiento vegetativo, ya que en los cuatro genotipos induce a las variables DT, LR, VR, MFR, MFA, AF. La luz LED roja y verde tienden a tener un comportamiento parecido ante la luz azul. Entre 400 y 520 nm, rango de longitud de onda correspondiente al espectro visible, comprendido por luz violeta, azul y verde. Tiene una fuerte influencia sobre el crecimiento vegetativo y la fotosíntesis (Ramos y Ramírez, 2016).

El análisis muestra que la luz verde influyó en la variable de DT, mientras en todos los tratamientos de luz LED se muestra que todas influyen de manera positiva en el crecimiento de raíz debido a que en las variables LR y VR en los cuatro tratamientos, dan medias altas además de pertenecer al grupo a.

Cuadro 4. Comparación de medias mediante la prueba de DMS de la influencia individual de la luz LED en cuatro genotipos de maíz para las variables evaluadas. C. E. "El Molinito", INIFAP, Pue. I-2020.

Gen	A	DT	LR	VR	MFR	MFA	AF
LED BLANCO							
GB	9.5 abc	3.93 a	28 a	1.60 a	1.73 abc	1.51 a	3.76 a
GN	8.16 abcd	2.50 b	25.50 a	0.76 a	0.76 c	0.61 b	2.36 abcd
GR	6 cd	16.66 e	25.50 a	0.76 a	0.76 c	0.61 b	2.65 abcd
GA	7.66 abcd	2.83 ab	19.66 a	0.93 a	1.17 abc	0.82 ab	1.93 bcde
LED ROJO							
GB	10.03 ab	2.73 ab	14.66 a	1.53 a	2.29 ab	0.97 ab	2.34 abcde
GN	8.33 abcd	2.80 ab	20.26 a	1.40 a	1.92 abc	1 ab	2.21 bcde
GR	5.08 cd	1.96 b	10.43 a	0.73 a	0.58 c	0.35 b	0.88 e
GA	8.50 abcd	2.16 b	19.66 a	1.13 a	1.42 abc	0.47 b	1.54 de
LED AZUL							
GB	10.40 a	2.30 b	17.66 a	1.83 a	2.46 a	1.11 ab	3.40 ab
GN	7.63 abcd	2.26 b	25.66 a	1.50 a	1.44 abc	0.74 ab	2.76 abcd
GR	5.50 d	2.33 b	16.36 a	1.26 a	1.44 abc	0.74 ab	2.76 abcd
GA	6.16 cd	2.30 b	27.06 a	1.23a	1.51 abc	0.60 b	2.05 bcde
LED VERDE							
GB	8.83 abcd	2.90 ab	26.83 a	1.43 a	1.52 abc	1.08 ab	3.05 abc
GN	8.83 abcd	2.90 ab	26.83 a	1.43 a	1.52 abc	1.08 ab	3.05 abc
GR	6.43 bcd	2.63 ab	19 a	0.80 a	0.76 c	0.46 b	1.75 cde
GA	9.16 abcd	2.40 b	18.33 a	0.90 a	0.99 bc	0.82 ab	2.53 abcd
DMS	1.35	0.49	9.35	0.58	0.50	0.29	0.54

DMS*: diferencia mínima significativa; Valores con diferente letra entre columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.5$); A: altura de planta; DT: diámetro del tallo; LR: longitud de radícula; VR: volumen de radícula; MFR: masa fresca de raíz; MFA: masa fresca aérea; AF: área foliar.

El Cuadro 4 muestra la comparación de medias entre los cuatro genotipos de maíz evaluados ante los cuatro tratamientos de luz, por la comparación múltiple de medias por DMS, indica que GB, tienen mejor comportamiento ante los cuatro tratamientos

de luz LED, lo cual la hace una semilla con la mejor respuesta fisiológica ante los cuatro fotoperiodos. Mientras la luz LED azul demostró ser la mejor luz, para inducir el crecimiento vegetativo, ya que en los cuatro genotipos induce a las variables DT, LR, VR,

MFR, MFA, AF. La luz LED roja y verde tienden a tener un comportamiento parecido ante la luz azul. Entre 400 y 520 nm, rango de longitud de onda correspondiente al espectro visible, comprendido por luz violeta, azul y verde. Tiene una fuerte influencia sobre el crecimiento vegetativo y la fotosíntesis (Ramos y Ramírez , 2016).

El análisis muestra que la luz verde influyó en la variable de DT, mientras en todos los tratamientos de luz LED se muestra que todas influyen de manera positiva en el crecimiento de raíz debido a que en las variables LR y VR en los cuatro tratamientos, dan medias altas además de pertenecer al grupo a.

Cuadro 5 Coeficiente de correlación de Pearson sobre variables estudio de maíz

i/j	A	DT	LR	VR	MFR	MFA	AF
A		1	0.99	0.99	0.10	0.01	1
DT			0.99	0.97	0.05	0.005	0.99
LR				0.51	0.004	0.0004	0.80
VR					0.70	0.19	1
MFR						0.99	0.41
MFA							0.07
AF							

A: altura; DT: diámetro del tallo; LR: longitud de radícula; VR: volumen de radícula; MFR: masa fresca de raíz; MFA: masa fresca aérea; AF: área foliar.

El Cuadro 5 muestra la correlación de Pearson sobre las variables en estudio; se muestra que la altura de planta está relacionada con el diámetro de tallo, en la longitud de radícula, volumen de radícula (para absorber mayor cantidad de nutrientes), y en área foliar, para producir los fotosintatos requeridos. DATO está positivamente

correlacionado con LR, VR y AF. MFR sólo está correlacionada positivamente con MFA. Se muestra que en el caso de tener un aumento de tamaño de radícula vamos a tener un aumento en el tamaño de las hojas, en un aumento de altura, diámetro del tallo. El crecimiento de la raíz, el tallo y las hojas está interrelacionado (Bartoletti, 2016).

CONCLUSIONES

El cultivo en interiores se recomienda debido a que se controlan los tiempos de iluminación, así como humedad y temperaturas, ya que los LED's de iluminación son altamente efectivos como fuentes de radiación fotosintética y promueven el crecimiento en plantas. El espectro de iluminación emitido por LED blanco fue el más favorable para el desarrollo de los cuatro fenotipos de maíz. La luz azul promueve el crecimiento vegetativo, pero aumenta el contenido de pigmentos fotosintéticos y

promueve su enraizamiento. Mientras que la iluminación de luz roja con respecto a la azul, el crecimiento es lento, pero llega a tener un comportamiento parecido a LED azul.

Ante el comportamiento de germinación se pudo observar que la luz que hace que la germinación sea rápida es la luz blanca, después la verde, en tercer lugar, la azul y en último lugar la luz roja, ante respuesta fisiológica se mostró que la luz azul y roja llegan a tener un comportamiento similar.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Barbero, A. (2010). Inducción Electromagnética. https://previa.uclm.es/profesorado/ajbarbero/Teoria/Leccion_Induccion_Electromagnetica.Pdf, 1–15.
- Barbieri, S. (2016). Raíz, tallo y las hojas: el cuerpo vegetal primario. In *Estructura de las Plantas* (p. 32). <http://biblio3.url.edu.gt/Libros/2011/bot/4.pdf>
- Blanco, Y., Affi, M., and Swanton, C. (2015). The effect of light quality on maize: a tool for weed plants management. *Cultivos Tropicales*, 36(2), 62–71. https://www.researchgate.net/publication/307577746_THE_EFFECT_OF_LIGHT_QUALITY_ON_MAIZE_A_TOOL_FOR_WEED_PLANTS_MANAGEMENT%0Ahttp://sites.cabi.org/abstract/20153430430
- Bures, S., Gavilán, M. U., y Kotiranta, S. (2018). *Iluminación artificial en agricultura Enero 2018 Artículo técnico. January*. <http://www.bibliotecahorticultura.com>
- Ding, Y., He, S., Teixeira da Silva, J. A., Li, G., and Tanaka, M. (2010). Effects of a new light source (cold cathode fluorescent lamps) on the growth of tree peony plantlets in vitro. *Scientia Horticulturae*, 125(2), 167–169. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.03.019>
- Johkan, M., Shoji, K., Goto, F., Hahida, S., and Yoshihara, T. (2012). Effect of green light wavelength and intensity on photomorphogenesis and photosynthesis in *Lactuca sativa*. *Environmental and Experimental Botany* 75: 128–133. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2011.08.010>
- Kurilčik, A., Miklušyte-Čanova, R., Dapkuniene, S., Žilinskaite, S., Kurilčik, G., Tamulaitis, G., Duchovskis, P., and Žukauskas, A. (2008). In vitro culture of *Chrysanthemum* plantlets using light-emitting diodes. *Central European Journal of Biology*, 3(2), 161–167. <https://doi.org/10.2478/s11535-008-0006-9>
- Murillo-Talavera, M. M., Pedraza-Santos, M. E., Gutiérrez-Rangel, N., Rodríguez-Mendoza, M. de las N., Lobit, P., y Martínez-Palacios, A. (2016). Calidad de luz led y desarrollo in vitro de *Oncidium tigrinum* y *Laelia autumnalis* (Orchidaceae). *Agrociencia*, 50(8), 1065–1080.
- Ramos Gonzalías, Y., and Ramírez Lasso, E. (2016). *Development of an artificial LED lighting system for indoor farming*. 80(2), 22–33.
- Rossmay, V., y Oviedo, S. (2015). *Evaluación de genotipos de maíz dulce Evaluation of sweet corn genotypes*. January 2012.
- Shiferaw, B., Prasanna, B. M., Hellin, J., and Bänziger, M. (2011). Crops that feed the world 6. Past successes and future challenges to the role played by maize in global food security. In *Food Security*. 3(3,): 307–327). <https://doi.org/10.1007/s12571-011-0140-5>