Uso de diferentes longitudes de onda como estrategia de producción, en el cultivo de *Cucurbita pepo*, bajo condiciones de estrés hídrico

Uso de diferentes comprimentos de onda como estratégia de produção no cultivo de *Cucurbita pepo* sob condições de estresse hídrico

DOI: 10.34188/bjaerv5n1-092

Recebimento dos originais: 25/11/2021
Aceitação para publicação: 03/01/2022

Herrera Flores Teresa Susana
Doctora en Ciencias en Fisiología Vegetal por el Colegio de Postgraduados
Institución: Universidad Politécnica de Pénjamo. Carretera Irapuato-La Piedad km 44, Predio el Derramadero, c.p. 36900, Pénjamo, Guanajuato, México
E-mail: stherreraf@gmail.com

Moreno Contreras María Guadalupe
Maestra es Ciencias en Biología Experimental por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo
Institución: Universidad Politécnica de Pénjamo. Carretera Irapuato-La Piedad km 44, Predio el Derramadero, c.p. 36900, Pénjamo, Guanajuato, México
E-mail: qfbmoreno3@gmail.com

Licea De Anda Eva Marcela
Doctora en Ciencias en Producción Agroalimentaria por el Tecnológico Nacional de México.
Institución: Universidad Politécnica de Pénjamo. Carretera Irapuato-La Piedad km 44, Predio el Derramadero, c.p. 36900, Pénjamo, Guanajuato, México
E-mail: licea.marcela@gmail.com

Medina Haro Azael
Ingeniero en Electrónica por el Tecnológico Nacional de México
Institución: Universidad Politécnica de Pénjamo. Carretera Irapuato-La Piedad km 44, Predio el Derramadero, c.p. 36900, Pénjamo, Guanajuato, México
E-mail: azael.medina.78@gmail.com

Alda Alejandra Arratia Castro
Maestra en Ciencias en Recursos Naturales y Medio Ambiente por el CIIDIR-IPN Unidad Sinaloa
Institución: Universidad Politécnica de Pénjamo. Carretera Irapuato-La Piedad km 44, Predio el Derramadero, c.p. 36900, Pénjamo, Guanajuato
E-mail: alda_arratia@hotmail.com

RESUMEN
El cultivo de la calabacita (*Cucurbita pepo*) se ubica dentro de los primeros lugares en importancia hortícola en México con mayor producción a lo largo de los años. La producción de distintos cultivos se ve seriamente afectada por condiciones de desabasto de agua o sequias, generando pérdidas considerables en las cosechas. En este estudio se evaluó, el efecto de cinco longitudes de onda: 640 nm, 580 nm, 530 nm, 480 nm y luz directa como control en combinación con dos niveles de riego (50 mL/agua por día para condiciones de estrés hídrico, y 150 mL/agua por día, considerándose como humedad normal). Se estableció un diseño experimental factorial con un modelo 2x5x3 realizando ANOVA y comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$). Se evaluaron variables morfológicas como altura de planta, número de hojas, área foliar, diámetro de tallo; pigmentos vegetales como variable fisiológica, así como el número de flores y frutos por planta como variables reproductivas. Se encontró que las longitudes de onda 640 nm y 480 nm, influenciaron el desarrollo vegetativo (excepto en área foliar y contenido de pigmentos vegetales), así como la obtención de flores maduras y primeros frutos, sobre todo para el caso de 480 nm.

Palabras clave: *Cucúrbita pepo*, sequia, longitud de onda, floración, producción

RESUMO
O cultivo de abóbora (*Cucurbita pepo*) está localizado entre os primeiros lugares em importância hortícola no México com maior produção ao longo dos anos. A produção de diferentes culturas é seriamente afetada por condições de escassez hídrica ou seca, gerando perdas consideráveis nas lavouras. Neste estudo, o efeito de cinco comprimentos de onda foi avaliado: 640 nm, 580 nm, 530 nm, 480 nm e luz direta foi avaliado como controle em combinação com dois níveis de irrigação (50 mL/água por dia para condições de estresse hídrico e 150 mL /água por dia, considerada como umidade normal). Se estableció un diseño experimental factorial con un modelo 2x5x3 realizando ANOVA y comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$). Variáveis morfológicas como altura da planta, número de folhas, área foliar, diâmetro do caule; pigmentos vegetais como variável fisiológica, bem como o número de flores e frutos por planta como variáveis reprodutivas. Erificouse que os comprimentos de onda 640 nm e 480 nm influenciaram o desenvolvimento vegetativo (exceto em área foliar e teor de pigmentos vegetais), bem como a obtenção de flores maduras e primícias, especialmente para o caso de 480 nm.

Palavras-chave: *Cucurbita pepo*, seca, comprimento de onda, floração, produção

1 INTRODUCCIÓN

La producción hortícola ocupa un lugar importante dentro del sector agrícola, debido a la fuerte cantidad de ingresos, y el número de empleos que genera, además de la importancia cultural y alimentaria que representa. Dentro de los cultivos hortícolas más importantes en México, destaca la calabacita (*Cucurbita pepo*), que ocupa el sexto lugar en producción; en el 2020 se reportó una producción nacional de calabacita de 589,801.90 t, con rendimiento promedio de 23.05 t ha−1; y una superficie total cosechada de 25,583.94 ha (SIAP 2020)1. Dentro de los cultivos en México, las condiciones estrés hídrico es uno de los principales riesgos naturales para el sector agroalimentario, que dan lugar a cuantiosas pérdidas económicas y con consecuencias importantes para la gestión

[1] https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/

integral alimentaria. Los impactos de la sequía en los recursos hídricos subterráneas y superficiales dan lugar a una severa disminución en el abastecimiento de agua aprovechable, generando reducción en la productividad de las tierras y pérdidas de las cosechas, ya sea por ausencia de precipitación o bien el abasto y disponibilidad de este recurso para los riegos (Rea *et al*., 2017). Problemas ambientales como el anterior, los cuales conllevan a numerosas pérdidas en producción, han obligado a la búsqueda de alternativas o estrategias que van desde el aspecto convencional hasta de la manipulación genética, para contrarrestar lo antes mencionado. En la agricultura actual se ha demostrado la ventaja de la utilización de los colores para incrementar el rendimiento, así como mejorar el crecimiento en diferentes especies vegetales (Casierra y Rojas 2008). El presente estudio tiene por objetivo, evaluar la influencia de distintas longitudes de onda sobre el desarrollo vegetativo y la obtención de cosecha (producción), cuando el cultivo de *Cucúrbita pepo* se encuentra bajo condiciones de estrés hídrico (sequía).

2 MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el invernadero experimental de la Universidad Politécnica de Pénjamo, bajo condiciones controladas; se realizó durante los meses de febrero a abril 2019. La siembra se realizó en charolas plásticas de 128 cavidades, utilizando peatmoss abonado, como sustrato. A los 30 días de emergencia, se trasplantaron en macetas del 10L de capacidad con fibra de coco; se fertilizaron con la solución nutritiva universal propuesta por Steiner (1961). El experimento se mantuvo hasta la aparición de los primeros frutos. Durante el periodo del ensayo, las plantas se sometieron a un estrés hídrico con riegos de 50 mL/día de agua, para generar un 30% de humedad en el sustrato; para mantener el riego normal con una humedad de 85-90 % en el sustrato se requirieron 150 mL/día de agua, con lo cual no se observa síntomas de déficit de humedad, (Harris y Esqueda, 2011). El material vegetal se expuso a cinco diferentes longitudes de onda, utilizando papel celofán empleado como filtro: 640 nm (luz roja), 580 nm (luz amarilla), 530 nm (luz verde), 480 nm (luz azul) y un control (380 -780 nm luz blanca). Dentro de los parámetros de desarrollo del cultivo se evaluó: altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, área foliar con un factor de corrección de 0.85; así como contenidos de pigmentos vegetales, mediante la técnica propuesta por Costache *et al*., (2012). Se determinaron los efectos sobre variables reproductivas, donde se consideraron, flores y frutos por planta. Los tratamientos se generaron al considerar 2 factores: Niveles de humedad (2 niveles) y exposición a distintas longitudes de onda (5 niveles), considerado 3 repeticiones por tratamiento. El experimento se desarrolló mediante un diseño factorial completo con un modelo 2x5x3. El análisis de varianza y comparación de medias de Tukey (nivel de confianza de $P \leq 0.05$) se realizó con el programa estadístico MINITAB 2018.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La exposición de la especie de *Cucúrbita pepo* a diferentes longitudes de onda, bajo condiciones de estrés, mostraron efectos positivos en la mayoría de las variables evaluadas, tanto vegetativas como reproductivas, respecto a condiciones normales, cuyos valores se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Valores medios de variables morfológicas y fisiológicas en plantas de *Cucurbita pepo*, sometida a condiciones de déficit hídrico y diferentes longitudes de onda.

LO (nm)	AP (cm)	NH	AF (cm^2)	DT (cm)	PV (mg/ml)	FP	FP
C: 380-780	19.64 b	9.5 ab	80.80 a	1.09 a	4.99 a	1 a	0 a
640	29.95 a	10.41 a	118.36 a	1.02 a	5.93 a	3 b	1 b
580	26.42 a	10.47 a	190.16 a	0.88 b	5.81 a	2 ab	0 a
530	28.180a	8.44 b	118.36 a	1.07 a	5.09 a	2 ab	0 a
480	26.76 a	9.96 a	86.12 a	0.79 b	5.35 a	5 c	3 c

C: control luz blanca, LO: longitud de onda, AP: altura de planta, NH: número de hojas, AF: área foliar, DT: diámetro de tallo, PV: pigmentos vegetales, FP: flores por planta, FP: frutos por planta. Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales con Tukey ($P \leq 0.05$).

Las longitudes de onda de 640 nm, 580 nm 530 nm y 480 nm; indujeron diferencias estadísticas significativas en la altura de planta, aumentando los valores respecto al control (380 – 780 nm), dicho efecto se puede relacionar con un aumento en la producción de ácido giberélico, tal como lo describe González *et al*. (2007); quienes encontraron que plantas de coliflor expuestas a diferentes concentraciones de ácido giberélico presentan un mayor crecimiento de la planta. La influencia de distintas longitudes de onda, modifica la elongación de las células en condiciones de estrés, ya que se muestra una diferencia significativa entre los dos niveles de riego, obteniendo 50 mL/agua por día, valores mayores, dichos resultados son opuestos a los argumentos de Taiz-Zeiger, & Murphy (2002), quienes mencionan que en déficit hídrico las células de la planta detienen su tasa de elongación y por tanto influye en menor altura.

El estrés por sequía tuvo un efecto con diferencia significativa respecto al riego normal, esto debido a la exposición a diferentes longitudes, el tratamiento de 480 nm presenta significancia estadística con un mayor número de hojas respecto al control y las demás longitudes; sin embargo, todas las longitudes de onda tuvieron valores de área foliar estadísticamente iguales. similar a lo que reporta Pérez *et al*., (2015) quienes encuentran que plantas cuyas fases en desarrollo estén expuestas a radiación, tienden a variar en número de hojas. Esto sugiere las posibles modificaciones que diferentes longitudes de onda tienen sobre la fisiología de la planta específicamente en la parte aérea, por efecto del crecimiento y desarrollo que está teniendo el cultivo. Un aspecto notorio fue, que los niveles de riego, así como la exposición a diferentes longitudes de onda, no presentaron significancias estadísticas sobre el área foliar, aun determinando anteriormente efectos sobre las

hojas, resultados distintos a Zuk Golaszewska *et al*., (2003) quienes indican que las plantas responden en este parámetro en condiciones de radiación esto en correlación a mencionar que la aparición y crecimiento de las hojas es más sensible en déficit hídrico, por otro lado Stokłosa *et al*., (2012) menciona que en muchas ocasiones los cultivos suelen ser insensibles a la radiación, ya que este factor es el que mayormente afecta el área foliar. Una explicación para dicho resultado tal vez pueda girar respecto a la variedad utilizada, ya que tanto entre especies como entre variedades difieren las respuestas a condiciones de estrés. Sin embargo, este resultado es de especial interés ya que la disminución del área foliar puede limitar la producción de los cultivos, ya que se reduce la actividad fotosintética (Takahashi y Murata, 2008).

Independiente al desarrollo foliar, se demostraron cambios en el diámetro de tallo con diferencia significativa del nivel de sequía respecto al control de riego, debido a la diferencia significativa que genera el uso de luz 580 nm y 480 nm (con los más altos valores) respecto al control y las demás longitudes, las cuales no presentaron significancia estadística.

En cuanto a los contenidos de pigmentos vegetales el uso de diferentes longitudes no representa alguna diferencia significativa respecto a condiciones normales en el manejo del cultivo, se sugiere, por tanto, que no existen cambios o alteraciones en el proceso de fotosíntesis, relacionado a la inexistencia de cambios en el área foliar mencionados anteriormente, contrario a lo que reportan González *et al* (2001) y Cambron (2011), quienes indican que plantas sometidas a estrés presentan menor producción de pigmentos fotosintéticos en hortalizas y plantas de alta resistencia respectivamente, sin embargo Wickliff y Aronoff (1962), indican que la variabilidad en el contenido de la clorofila es por un proceso propio del pigmento dentro de un procesos bioquímico, que se lleva a cabo a diferentes tiempos, este es un proceso complejo que a grandes rasgos explicaría dicha variación aun cuando los estudios estadísticos no indiquen alguna significancia, lo cual sugiere una explicación, como mecanismo propio de la planta e independiente al experimento.

A los 21 días después del establecimiento del experimento, ambos niveles de riego presentaron sus primeras flores, así como en las 4 longitudes de onda y su control, sin embargo fue la luz azul y roja las que representaron significancia estadística, con más de una flor abierta por planta, en cuanto la obtención de floración adelantada, así mismo Rosales *et al*., (2002) señalan también una pequeña diferencia en el crecimiento diario de algunos materiales genéticos vegetales, donde mencionan que conforme se incrementan las condiciones de sequía, podría ocurrir un adelanto proporcional de la floración en las plantas sometidas a esta condición. Dichos resultados se explican mediante los estudios de Yais *et al* (2011), que indican que la planta se ve seriamente afectada cuando está sometida a estrés. Los autores sugieren que, al estar la planta estresada, se genera la floración como una serie de cambios epigenéticos con la finalidad de preservar la especie,

en conjunto a que la radiación conduce a un aceleramiento en el desarrollo vegetal, así como en cambios fisiológicos.

Por otra parte, y con base en los resultados anteriormente obtenidos, puede mencionarse como benéfico la aparición de floración adelantada desencadenada por el uso de distintas longitudes de onda, especialmente de luz roja y azul ya que estos dos tratamientos propiciaron la aparición de los primeros frutos, además que no se hizo presente aborto floral durante el desarrollo del experimento. Ello representa un efecto positivo en las propiedades del fitocromo que desempeña un papel clave en el desarrollo vegetativo y reproductivo regulado por la luz (Hopkins y Hünter, 2008) lo que explica la obtención de flores maduras capaz de reproducirse, distinto a lo que ocurre en floración adelantada por causas de estrés severo como sequías o heladas, donde las flores inmaduras suelen ser incapaces de formar fruto y que se ratifica con pérdidas significativas en la producción.

4 CONCLUSIONES

La exposición a longitudes de onda 640 nm, 580 nm, 530 nm y 480 nm tienen efectos sobre el desarrollo vegetativo del cultivo a excepción del proceso fotosintético, de las cuales destacan 640 nm, 580 nm y 480 nm (luz roja, verde y azul respectivamente). Sin embargo, las longitudes de onda con mejores resultados para la obtención de flores y frutos fueron a 640 nm y 480 nm (luz roja y azul respectivamente), siendo esta ultima la de mayor rapidez en la aparición de frutos.

De forma general se demostró la influencia que las diferentes longitudes de onda tienen para contrarrestar los efectos negativos del estrés por déficit hídrico, siendo una herramienta útil para evitar pérdidas significativas, logrando así producir en condiciones de estrés por sequía.

REFERENCIAS

Cambrón-Sandoval, Víctor Hugo, España-Boquera, María Luisa, Sánchez-Vargas, Nahum M., Sáenz-Romero, Cuauhtémoc, Vargas-Hernández, J. Jesús, & Herrerías-Diego, Yvonne. (2011). Producción de clorofila en Pinus pseudostrobus en etapas juveniles bajo diferentes ambientes de desarrollo. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, *17*(2), 253-260. https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.09.077

Costache, MA, Campeanu, GHEORGHE y Neata, G. (2012). Estudios sobre la extracción de clorofila y carotenoides totales de vegetales. *Letras biotecnológicas rumanas* , *17* (5), 7702-7708.

Casierra-Posada, Fánor, & Rojas B., Javier F. (2009). Efecto de la exposición del semillero a coberturas de colores sobre el desarrollo y productividad del brócoli (Brassica oleracea var. italica). Agronomía Colombiana, 27 (1),49-55. [fecha de Consulta 19 de Enero de 2022]. ISSN: 0120-9965. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180314730007

González, Javiera, Pastenes, Claudio, & Horton, Peter. (2001). Efecto de la temperatura, el estrés hídrico y luminoso sobre la heterogeneidad del fotosistema II en cuatro variedades de poroto (Phaseolus vulgaris L.).*Revista chilena de historia natural*, *74*(4), 779-791. https://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2001000400006

González, Martha Lucía, & Caycedo, Claudia, & Velásquez, María Fernanda, & Flórez, Víctor, & Garzón, Miriam Ruby (2007). Efecto de la aplicación del ácido giberélico sobre el crecimiento de coliflor (Brassica oleraceae L.) var. Botrytis DC. Agronomía Colombiana, 25 (1),54-61. [fecha de Consulta 19 de Enero de 2022]. ISSN: 0120-9965. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180316240007

Harris-Valle, Citlalli, Esqueda, Martín, Valenzuela-Soto, Elisa, & Castellanos, Alejandro. (2011). Tolerancia a sequía y salinidad en *Cucurbita pepo* var. pepo asociada con hongos micorrízicos arbusculares del desierto sonorense. Agrociencia, 45(8), 959-970. Recuperado en 19 de enero de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952011000800008&lng=es&tlng=es.

Hopkins, W. G., & Hünter, N. P. (2008). Introduction to Plant Physiology (Fourth ed.). United States of America: Wiley. 528 p. ISBN: 978-0-470-24766-2.

Perez, M. L, González, J. A, & Prado, F. E. (2015). Efectos de la Radiación Ultravioleta B (UVB) sobre diferentes variedades de Quinoa: I. Efectos sobre la morfología en condiciones controladas. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, *50*(3), 337-347. Recuperado en 19 de enero de 2022, de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-23722015000300006&lng=es&tlng=es.

Rea Rangel, R., Breña, A., & Pedrozo, A. (2017). *Monitor de Sequia Multivariado en Mexico*. Obtenido de Monitor de Sequia Multivariado en Mexico: ii.unam.mx/es-mx/investigación/proyecto/Paginas/Monitordesequia.aspx. http://www2.iingen.unam.mx/es-mx/BancoDeInformacion/BancodeImagenes/Documents/MonitorDeSequia_2017.pdf

Rosales-Serna, Rigoberto & Ramírez-Vallejo, Porfirio & Acosta-Gallegos, Jorge & Castillo-González, Fernando & Kelly, James. (2002). Rendimiento de grano y tolerancia a la sequía del fríjol común en condiciones de campo. Agrociencia 34, 153-165.

SIAP. (2020). Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Consultado en: https://www.gob.mx/siap/. programas/produccion-agricola-33119

Steiner, AA (1961). Un método universal para preparar soluciones nutritivas de cierta composición deseada. Suelo vegetal 15, 134–154 https://doi.org/10.1007/BF01347224

Stokłosa, A., H. Madani & M.K. Upadhyaya. (2012). Response of hoary alyssum (Berteroa incana L.) to UV-B radiation. https://doi.org/10.5586/aa.2012.059. ISSN de la revista: 2300-357X (en línea).

Takahashi, S., & Murata, N. (2008). How do environmental stresses accelerate photoinhibition?. Trends in plant science, 13(4), 178–182. https://doi.org/10.1016/j.tplants.2008.01.005

Taiz, L., Zeiger, E., & Murphy, A. (2002). Plant Physiology (Third ed.). Redwood City: Sinauer. 675p.

Wickliff, JL y Aronoff, S. (1962). Evidencia de ausencia de variación diurna del contenido de clorofila en hojas maduras de soja. Fisiología vegetal, 37 (5), 590–594. https://doi.org/10.1104/pp.37.5.590

Yaish, M. W., Colasanti, J., & Rothstein, S. J. (2011). The role of epigenetic processes in controlling flowering time in plants exposed to stress. Journal of experimental botany, 62(11), 3727–3735. https://doi.org/10.1093/jxb/err177

Zuk-Golaszewska, K., Upadhyaya, MK y Golaszewski, J. (2003). El efecto de la radiación UV-B en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Suelo vegetal y medio ambiente, 49 (3), 135-140.