



Sexto
Congreso Nacional de
Riego, Drenaje y Biosistemas
COMER 2021 / Hermosillo, Sonora



Artículo: COMER-21019

Hermosillo, Son., del 9 al 11 de junio de 2021

REQUERIMIENTOS PRÁCTICOS PARA IMPLANTAR UNA FÁBRICA DE PLANTAS CASERA (HPFAL)

**Jorge Flores Velazquez^{1*}; Daniel Fuentes Morales²; Rodrigo Roblero², Ariosto Aguilar²,
Noe Velázquez³, Ernesto Aguilar⁴**

¹Colegio de Postgraduados. Campus Montecillos. Montecillo Estado de México,
C.P. 525230, México. jorgelv@colpos.mx

²Coordinación de Posgrado. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Paseo Cuauhnáhuac 8532,
Progreso, Jiutepec, Morelos, C.P. 62550. México.

³Departamento de Irrigación. Universidad Autónoma Chapingo.

⁴Instituto Tecnológico de los Reyes. Los Reyes Michoacán

Resumen

Economía verde, caudales ecológicos y economía circular, son términos que describen la tendencia de las actividades entre otros al recurso agua. La gestión del agua ya no solo involucra el clásico 70-2'-10 porcentaje de agua, sino que se ha ralentizado para atender la crisis mundial del agua. El objetivo de este trabajo fue documentar los requerimientos de una fábrica de plantas casera (Home-Plant Factory with Artificial Light) de manufactura propia y con ello contribuir con una economía circular que tome en cuenta el caudal ecológico para la producción de cultivos en zonas urbanas. Se construyó una fábrica de plantas casera y en ella se cultivó dos ciclos de lechuga. En este proceso se midieron las variables artificiales mínimas para completar el ciclo. Los resultados indican que bajo las condiciones ensayadas, luz artificial y solución nutritiva fueron suficientes para la producción de lechugas, siendo estas de calidad promedio de acuerdo a bibliografía.

Palabras claves: Caudal ecológico, Luz artificial, Lechuga, economía circular

Introducción

Los avances tecnológicos para favorecer alternativas en la producción hortícola bajo el paradigma “reducir, reusar, recircular” derivados de la llamada economía circular, se vislumbra con aplicación práctica en agricultura urbana, verde o caudal ecológico (lett, 2014). Cero drenajes con sistemas hidropónicos y actuaciones encaminadas a mejorar la calidad de los cultivos, ha sido lacon gran éxito mediante el uso de fuentes de luz LEDs (Folta y Childers, 2008) con aplicaciones que se han venido multiplicando con productos hortícolas (Wojciechowska et al., 2015).

La luz es la fuente de energía radiante que se utiliza para el proceso de fotosíntesis. Las plantas usan la radiación fotosintéticamente activa (PAR) que está en el rango entre 400 y 700 nm. Por lo tanto, la eficiencia de la fotosíntesis está influenciada por la calidad de la luz, o bien, la longitud de onda de la luz, la duración de la luz y la intensidad (Nhut et al., 2002). Además de ser una fuente indispensable de energía para la fotosíntesis de las plantas, es también un factor de crecimiento y desarrollo. Las plantas son capaces de responder a la intensidad y al color de la luz por medio de sus fotorreceptores: fitocromos, criptocromos y fototropinas, los cuales se activan bajo longitudes de onda específicas haciendo ajustes precisos en su desarrollo y crecimiento con respecto a las distintas condiciones ambientales (Chen et al., 2004).

Recientemente la luz LED (light emitting diode) se ha convertido en una alternativa para el cultivo de plantas (Massa et al., 2008) por las ventajas que este sistema de iluminación ofrece como son el control de la composición espectral, su tamaño pequeño, producción de altos niveles de luz con un índice de radiación calorífica bajo y una larga vida útil que les permite mantenerse trabajando por años sin necesidad de reemplazo (Bourget, 2008).

Debido a ello, los sistemas de iluminación para la producción en ambiente controlado son de suma importancia, así como los avances tecnológicos que puedan surgir en el área (Bourget, 2008). Las lámparas LEDs permiten la producción de luz brillante y de larga duración, emiten sólo las longitudes de onda de luz correspondientes a los picos de absorción de los procesos fotoquímicos típicos de una planta, es decir que reproducen luz a longitudes de onda específica. En comparación con otros tipos de luces de crecimiento, los LED para las plantas de interior son atractivos debido a que no requieren balastos y producen mucho menos calor que cualquier sistema de iluminación. Además, las plantas iluminadas por LEDs transpiran menos como resultado de la reducción de calor, y por lo tanto el tiempo entre ciclos de riego es más largo, no generan luz ultravioleta ni infrarroja, tampoco poseen partes móviles como filamentos que puedan deteriorarse por vibraciones y el tiempo promedio de vida está alrededor de 50,000 horas y su tiempo de encendido es prácticamente instantáneo.

El incremento de la contaminación de zonas agrícolas, la reducción de las zonas cultivadas o para cultivar y de espacios para la flora y fauna, junto con la migración poblacional que ha aumentado en las zonas urbanas, originaron un desequilibrio de los recursos. Par atenuar ese desequilibrio es que se empieza a evaluar y normar el caudal ecológico de las cuencas a las ciudades (Gondor et al., 2015). Técnicas de cultivo como la hidroponía y en general cultivos indoor, presenta ventajas sustantivas en el uso eficiente de recursos, en especial agua. Sin embargo, el mayor logro, aun por encima del uso eficiente del agua es el reúso de la misma con el cual se reduce hasta en 80 % el

drenaje en el cual además de agua concentra restos de la solución nutritiva que a la postre están contaminando desde la salida del sistema de producción, los cauces de los ríos y los cuerpos de agua donde se depositan, incrementando con cada aportación la salinización y degradación del medio

Entre las acciones para atenuar el desequilibrio económico-social-ecológico, pueden ser tan diversas como complejas, no obstante, entre las principales, por las repercusiones que significa el agua y suelo pueden ser consideradas preponderantes. En este trabajo se plantea como objetivo, documentar los requerimientos de una fábrica de plantas casera (Home-Plant Factory with Artificial Light) de manufactura propia y con ello contribuir con una economía circular que tome en cuenta el caudal ecológico para la producción de cultivos en zonas urbanas.

Materiales y Métodos

Construcción de la HPFAL

El modelo de Fabrica de plantas casera o Home Plant Factory with Artificial Light (H-PFAL) está basado en una estructura de acero con cuatro capas en cada una de ellas se puede contener un recipiente donde se hace las veces de una “micro-chinampa” en la cual es posible cultivar principalmente hortalizas de porte bajo. En este desarrollo se optó por cultivar lechuga de dos variedades. Las dimensiones de la H-PFAL fueron consideradas para que esta estructura pueda coexistir en un espacio común en una casa habitación como puede ser una cocina. La figura 1 muestra la disposición de las plantas apenas después del trasplante (Figura 1A) en la estructura de acero (Figura 1B) en la cual se pueden colocar de tres a cuatro contenedores con la solución nutritiva para la alimentación y desarrollo de la lechuga (Figura 1C)



Figura 1. A) Trasplante de lechugas con luz artificial; B) Exoesqueleto de acero con 4 contenedores y C) Solución nutritiva con la espuma fenólica que divide las plantas del agua.

Sistemas artificiales en la HPFAL

La H-PFAL cuenta con tres sistemas básicos para favorecer el ciclo del cultivo a) Luz artificial con lámparas LED; b) Sistema de oxigenación de la solución nutritiva y c) Sistema de ventilación para remover el aire en la zona del cultivo.

Se utilizaron tres lámparas comerciales en México para la aportación de la luz artificial, las intensidades fueron 1700, 5500 y 6500 luxes

Para la oxigenación del agua en la balsa se colocó una bomba similar a las usadas en las peceras para hacer llegar por medio de un tubo la remoción del agua y con ello favorecer la oxigenación de la misma.

En cuanto al sistema de ventilación se colocó un ventilador comercial sin marca usado para remover el volumen de aire alrededor del cultivo y con ello mantener la temperatura constante

La nutrición de las plantas consistió en la aplicación de una mezcla de dos soluciones aplicadas directamente al contenedor tipo balsa una solución *A* con los elementos mayores y una solución *B* con elementos menores (Cuadro 2). Para los primeros 10 días de siembra se emplearon 2.5 mm de *A* y *B* por cada litro de agua, posterior a los 10 días se utilizaron 5.0 mm de *A* y *B*. Después del trasplante la solución nutritiva se reemplazó cada 10 días y mediante esta acción es que se determina el consumo de agua por las plantas, haciendo las veces de un lisímetro de balance. Debido a que prácticamente no hay evaporación, el agua la diferencia de niveles de la balsa, corresponde a la pérdida de agua por transpiración.

Resultados y Discusión

Requerimientos lumínicos

La luz roja y azul son longitudes de onda usados por las plantas para su crecimiento, los fitocromos tienen sus picos de sensibilidad en la región roja (660 nm) e infrarroja (730 nm) y entre las respuestas fisiológicas donde se involucran están la expansión de la hoja, percepción de vecinos (Figura 2), evitar la sombra, elongación del tallo, germinación de la semilla y la inducción de la floración (Pinho *et al.*, 2012).



Figura 2. Características de la lámpara con luces LED en el espectro Rojo-Verde-Azul (RGB)

Dependiendo del tipo de lámpara puede ser el efecto sobre las plantas, por ejemplo, estudios realizados aplicando luz tipo LED de distintas longitudes de onda, donde LEDs azules promovieron el crecimiento de plántulas de lechuga después de ser trasplantadas. Otros estudios mencionan la combinación de longitudes de onda con estos dispositivos, donde la combinación de LEDs rojos-azules y rojos-azules-verdes presenta factores benéficos en el crecimiento y fotosíntesis de las plántulas de tomate cherry (*Solanum esculentum* var. *cerasiforme*). Cabe mencionar que cada especie vegetal reacciona en forma diferente a los componentes espectrales del flujo luminoso.

Por otro lado, el consumo de frutas y hortalizas es esencial para la salud humana ya que su escasa ingesta representa uno de los 20 factores de riesgo a los que se atribuye la mortalidad humana (FAO, 2006).

Requerimientos hídricos y nutrimentales

Las características del contenedor consisten de un recipiente que puede ser considerado un lisímetro o un evaporímetro, un tanque evaporímetro. Se aporta un volumen conocido y cada 10 días se miden las características químicas de la solución, pH y CE, con lo cual se ajusta periódicamente. El potencial de hidrógeno (pH) se mantuvo constante en 6.5 y una conductividad eléctrica (CE) entre los 1.5 ds m⁻¹. La solución nutritiva, consistió de una solución comercial de dos grupos, macronutrientes (N-P-K) y micronutrientes.

La diferencia de volumen consiste de la transpiración de la planta (Figura 3). La sumatoria de la totalidad de los cambios de volumen, fue la lamina de riego en el ciclo promedio de 54 días después del trasplante.



Figura 3. Dispositivo para oxigenar la solución en el contenedor

Los resultados indicaron un consumo de agua por ciclo que oscila los 50 l m⁻² para el tratamiento de máximo rendimiento (900 gr m⁻²); consecuentemente, si el rendimiento es

menor, entre las causas se puede asumir, un menor uso del agua para la transformación de materia seca por medio de la fotosíntesis.

Requerimientos climáticos

A pesar que se colocó un sensor de temperatura para el seguimiento térmico, bajo las condiciones de estudio (casa habitación en Jiutepec Morelos) al no haber radiación, la temperatura permanece constante y dentro del rango de producción de la lechuga, el ventilador es usado en horas de máxima temperatura (Figura 4). Los requerimientos lumínicos son proveídos mediante las lámparas de luz artificial, las cuales emiten radiación solo en las longitudes de onda del espectro visible y no del térmico, por lo que la temperatura permanece constante y en este caso osciló en los 25 °C.



Cuadro 4. Posición del ventilador para control de temperatura en la zona del cultivo

Conclusiones

Entre las variables de mayor exigencia técnica para la producción de cultivos en interiores es la energía radiante o luz. En este trabajo se exploró el impacto de lámparas comerciales en México para producir lechugas en edificios urbanos (pared y techo) concluyendo que este sistema de producción es técnicamente viable sin embargo la intensidad de luz que generan las lámparas analizadas requiere mayor calidad desde el punto de vista agronómico.



Referencias Bibliográficas

- Bourget, C.M., 2008. "An Introduction to Light-emitting Diodes". Hortscience.
- Chen M.; J. Chory, y C. Fankhauser, 2004. "Light signal transduction in higher plants". Annual Review of Genetics.
- FAO, 2006. "Más frutas y hortalizas". <http://www.fao.org/ag/esp/revista/0606sp2>.
- Folta, K.M., & Childers, K.S. 2008. Light as a growth regulator: controlling plant biology with narrow band width solid-state lighting systems. HortScience.
- Gondor A., Haney J., Sanchez JA. and Hesselbach H. 2015. Caudal ecológico: agua para la naturaleza e impactos en Monterrey VI. The nature conservancy. México
- Lett, Lina A. Las amenazas globales, el reciclaje de residuos y el concepto de economía circular. Revista Argentina de Microbiología [en línea]. 2014, 46(1), 1-2[fecha de Consulta 21 de Abril de 2021]. ISSN: 0325-7541. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=213030865001>
- Massa, G.D.; H.H. Kim, R.M. Wheeler, y C.A. Mitchell, 2008. "Plant productivity in response to LED lighting". Hortscience.
- Nhut, D.T., Hong, L.T.A., Watanabe, H., Goi, M., & Tanaka, M. 2002. Growth of banana plantlets cultured in vitro under red and blue light-emitting diode (LED) irradiation source. Acta Horticulturae.
- Pinho, P.; K. Jokinen, y L. Halonen, 2012. "Horticultural lighting – present and future challenges". *Lighting Research & Technology*.
- Wojciechowska, R., Długosz-Grochowska, O., Kołton, A., & Żupnik, M. 2015. Effects of LED supplemental lighting on yield and some quality parameters of lamb's lettuce grown in two Winter cycles. Scientia Horticulturae.