

Uso de Iluminación Suplementaria para Controlar la Floración de Lúpulos en Florida¹

Shinsuke Agehara; traducción por Mariel Gallardo²

El lúpulo (*Humulus lupulus* L.) es uno de los cultivos emergentes en Florida. La industria de la cerveza artesanal de Florida ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos 10 años, con 285 cervecerías que produjeron 42.6 millones de galones de cerveza y generaron un impacto económico de \$3.6 mil millones en 2018 (Brewers Association 2018). Para responder a la fuerte demanda de lúpulos cultivados localmente, un equipo de investigación interdisciplinario está estudiando las prácticas óptimas de manejo para este cultivo emergente en el UF/IFAS Gulf Coast Research and Education Center (UF/IFAS GCREC). En Florida, el principal factor que limita el rendimiento de lúpulos es la floración prematura inducida por las insuficientes horas de luz diarias. Este artículo proporciona recomendaciones para el uso de iluminación suplementaria en el control de floración del lúpulo en Florida.

Introducción

Los lúpulos son plantas herbáceas trepadoras y perennes de la familia Cannabaceae. Los lúpulos son dioicos, lo que significa que tienen plantas masculinas y femeninas separadas. Las flores producidas en plantas femeninas se convierten en conos o estróbilos, que se utilizan en la elaboración de la cerveza y proporcionan aroma y amargura.

Muchas plantas usan la duración de horas luz diaria como una señal ambiental para controlar el momento de la floración (Carré et al. 2018). Estas plantas se clasifican

como plantas de día corto o de día largo, dependiendo de si florecen cuando la duración del día se vuelve más corta o larga que un número específico de horas, lo que se conoce como *fotoperiodo crítico*. En general, el fotoperiodo crítico para el lúpulo es de 15 a 16 horas (Krebs 2019; Neve 1991). Los lúpulos son plantas de días cortos (Thomas y Schwabe 1969) porque florecen cuando la duración del día cae por debajo de este umbral. El momento de la floración es un factor importante que determina el rendimiento. Las plantas de lúpulo son más productivas cuando logran el crecimiento vegetativo adecuado (promovido por días largos) antes de que se induzca la floración. La duración del día está en función de la latitud, y el rango de latitud generalmente aceptado para la producción comercial de lúpulo es de 35° a 55° al norte o al sur de la línea ecuatorial (Dodds 2017). Por ejemplo, la principal región productora de lúpulo en los Estados Unidos es el Valle de Yakima en Washington, donde la latitud es de 46.6°N y la duración del día más larga es de aproximadamente 16 horas (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2019). En esta región, las plantas de lúpulo desarrollan un crecimiento vegetativo adecuado antes de que se induzca la floración.

En Florida, la latitud está por debajo de 31°N y la duración máxima del día es de aproximadamente 14 horas. Las plantas de lúpulo que crecen en esta condición de duración del día tienden a florecer prematuramente y, por lo tanto, tienen un crecimiento vegetativo y un rendimiento de cono limitados. La iluminación artificial se utiliza

1. This document is HS1415, one of a series of the Horticultural Sciences Department, UF/IFAS Extension. Original publication date May 2021. Visit the EDIS website at <https://edis.ifas.ufl.edu> for the currently supported version of this publication.

2. Shinsuke Agehara, assistant professor, Horticultural Sciences Department; translated by Mariel Gallardo, graduate research assistant, UF/IFAS Gulf Coast Research and Education Center, Balm, FL 33598.

comercialmente en muchas plantas ornamentales para regular el momento de la floración (Morrow 2008). En nuestro campo de investigación de lúpulos en el UF/IFAS GCREC, creamos una condición de día largo (> 17 horas) usando bombillas LED para inducir el crecimiento vegetativo de los tallos, sostener mayores rendimientos, y simultáneamente para evitar la floración durante la temporada temprana de crecimiento (Figura 1).



Figura 1. El campo de investigación de lúpulo UF/IFAS GCREC durante el día (A) y la noche (B).

Créditos: Shinsuke Agehara, UF/IFAS

Regulación de Floración por Manipulación del Fotoperiodo

La regulación de la floración en respuesta a la duración del día o fotoperiodo se llama *fotoperiodismo*. En el fotoperiodismo, la oscuridad ininterrumpida es más crítica que la duración de horas luz (Koukkari y Sothorn 2006). Por ejemplo, las plantas de día corto florecen cuando la duración de la noche es más larga que el periodo crítico de oscuridad, e interrumpir el período de oscuridad puede evitar que las plantas florezcan incluso en condiciones de días cortos. Tanto la extensión del fotoperiodo como la interrupción nocturna son prácticas comúnmente utilizadas en invernaderos para inhibir la floración de las plantas de días cortos.

Hay cuatro fuentes principales de luz artificial disponibles para ser usadas con fines hortícolas: incandescente, fluorescente, descarga de alta intensidad y LED. La principal ventaja de la tecnología LED en comparación con las

fuentes de luz tradicionales es la capacidad de controlar la composición del espectro de luz para aplicaciones específicas (Morrow 2008). Existen bombillas LED desarrolladas específicamente para la regulación de la floración (Meng y Runkle 2016). Un espectro rico en luz roja (600-700 nm) es eficaz para inhibir la floración de plantas de días cortos, mientras que agregar luz roja lejana (700-800 nm) a la luz roja puede promover la floración de plantas de días largos (Valverde et al. 2004). La luz roja lejana por sí sola no regula la floración de las plantas de días cortos (Craig y Runkle 2013).

Es importante elegir la bombilla LED que tenga la composición de espectro de luz óptima para el cultivo. Para inhibir la floración de plantas de días cortos, la luz roja es generalmente suficiente y no es deseable agregar una alta intensidad de luz roja lejana (Craig y Runkle 2013). Sin embargo, existe una variación sustancial de sensibilidad espectral entre cultivos, por lo que estas reglas no se aplican en todos los casos. En nuestro campo de lúpulos, seleccionamos bombillas LED que no están equipadas con diodos emisores de luz de color rojo lejano.

También es importante no confundir estas bombillas de “floración” con las bombillas de “crecimiento” que se utilizan principalmente para promover el crecimiento de las plantas. Solo se necesita luz de muy baja intensidad (1 a 2 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) para regular la floración, mientras que generalmente se necesita de 40 a 60 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ para promover el crecimiento de plantas ornamentales (Meng y Runkle 2016).

Regulación de la Floración de Lúpulo por Extensión del Fotoperiodo Bombillas LED

Las bombillas LED instaladas en nuestro campo de lúpulos son las bombillas LED de floración Philips GreenPower DR/W (Figura 2). Hay dos tipos de bombillas de floración LED Philips GreenPower disponibles: DR/W y DR/ W/ FR. El primero está diseñado para inhibir la floración de plantas de días cortos. El segundo tipo contiene luz de color rojo lejano como se indica con “FR” en la especificación, que generalmente es eficaz para promover la floración de plantas de días largos.

La Figura 3 muestra la distribución espectral de la bombilla de floración DR/W medida al nivel del suelo, 19 pies (5.8 metros) directamente debajo de la bombilla, por un espectrorradiómetro. La irradiancia, o tasa de fluencia, fue

de solo $1 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, producida principalmente por luz roja con muy poca luz roja lejana. La tasa de fluencia producida por esta bombilla LED es muy baja, considerando que la luz solar completa puede producir alrededor de $1900 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ (Taiz y Zeiger 2010). Sin embargo, fue eficaz para prevenir la floración y promover el crecimiento vegetativo de los tallos (Figura 4). La altura máxima de los tallos fue de aproximadamente 10 pies (3 metros) sin iluminación suplementaria, pero alcanzó el cable superior (18 pies o 5.5 metros) con iluminación suplementaria. Las plantas comenzaron a desarrollar botones florales en los 5 días posteriores a que se apagaran las bombillas.

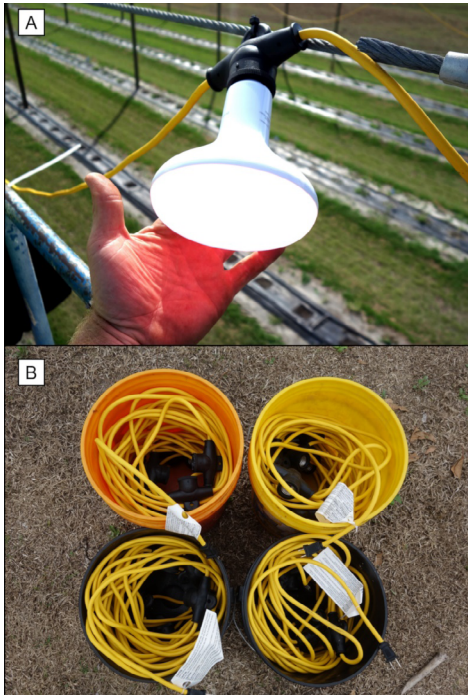


Figura 2. La bombilla de floración LED Philips GreenPower DR/W (A) y cables de luz para exterior y de grado comercial (B) utilizadas para la regulación de la floración en el campo de investigación de lúpulo UF/IFAS GCREC.

Créditos: Shinsuke Agehara, UF/IFAS

Distribución e Instalación de las Bombillas LED

La Figura 5 muestra el diseño de la instalación de la bombilla LED en nuestro campo de lúpulos. Usamos cables de luz de grado comercial para instalar bombillas LED (Figura 1B). Los cables de luz se ataron a los cables de tutorado principal de 18 pies (5.5 metros) de altura (Figura 1A), y las bombillas LED se separaron a 20 pies (6.1 metros) de distancia en un patrón intercalado (Figura 5). Este diseño requiere 138 bombillas en un campo de lúpulo de 1 acre (0.4 hectáreas).

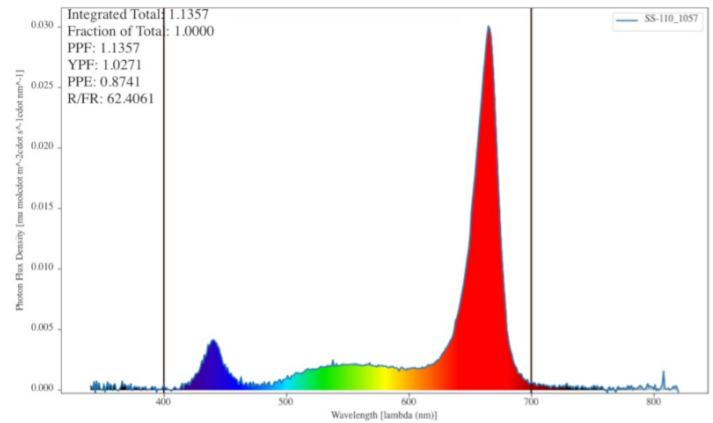


Figura 3. Espectro de luz e intensidad de emisión de luz de la bombilla de floración LED Philips GreenPower DR/W. La bombilla LED se instaló en un cable de enrejado de 19 pies (5.8 metros) de alto en el campo de investigación del lúpulo UF/IFAS GCREC. La medición se realizó a nivel del suelo directamente debajo de la bombilla usando un espectrorradiómetro.

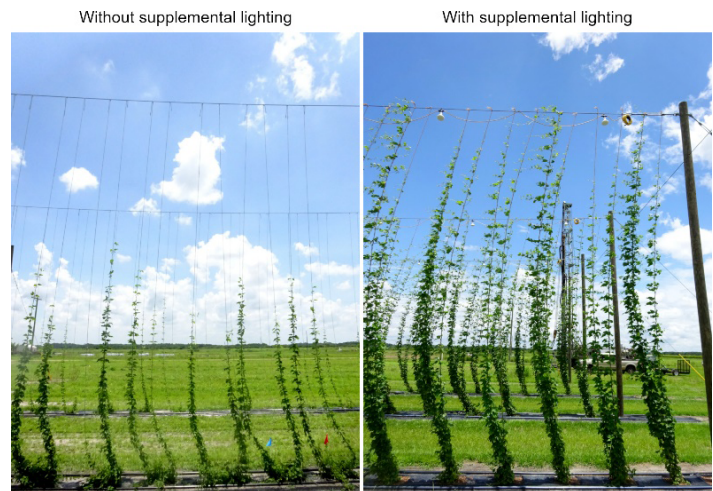


Figura 4. Crecimiento bine de lúpulos cultivados sin o con iluminación suplementaria (derecha e izquierda, respectivamente) en el campo de investigación de lúpulos de UF/IFAS GCREC en Balm, FL. Se tomaron fotos aproximadamente 70 días después del trasplante. La altura máxima de los tallos fue de aproximadamente 10 pies (3 metros) sin iluminación suplementaria, pero alcanzó el cable superior (18 pies o 5.5 metros) con iluminación suplementaria. Créditos: Shinsuke Agehara, UF/IFAS

La Figura 1B muestra nuestro campo de lúpulo iluminado por bombillas LED por la noche. En esta fotografía, las bombillas LED estaban separadas por 9 pies (2.7 metros). Sin embargo, encontramos que el espaciado de 20 pies (6.1 metros) es tan efectivo como el espaciado de 9 pies (2.7 metros) para evitar que las plantas de lúpulo florezcan. Actualmente estamos probando un mayor espacio entre bombillas para determinar el número mínimo de bombillas LED necesarias para inhibir la floración.

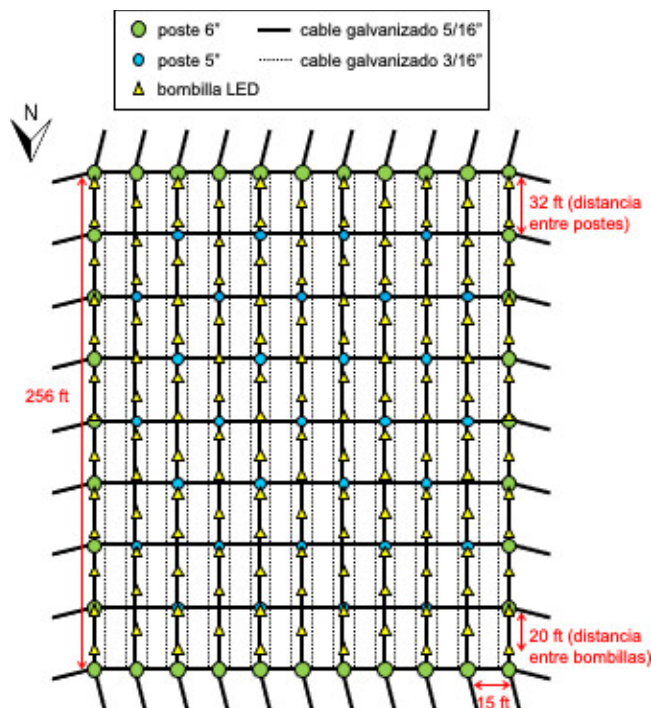


Figura 5. Diseño de distribución instalación de las bombillas LED utilizado en el campo de investigación de lúpulos en UF/IFAS GCREC.

Programa de iluminación

Encendemos las bombillas LED durante 6 horas al día (> 17 horas de duración del día) durante 7 a 9 semanas o hasta que las plantas desarrollen un crecimiento vegetativo suficiente. Las bombillas se encienden al menos 30 minutos antes del atardecer. Usamos la extensión del fotoperiodo en lugar de la interrupción nocturna para que podamos verificar si el sistema de iluminación está funcionando por la noche. Las plantas normalmente comienzan a desarrollar botones florales dentro de los cinco días posteriores a la terminación de la extensión del fotoperiodo.

Bombilla LED y costos de electricidad

Para nuestro campo de lúpulo, los costos de las bombillas LED y los cables de luz de grado comercial fueron de \$3,209 y \$2,190 por acre, respectivamente, con un total de \$5,399 por acre. El costo de instalación puede ser significativamente alto dependiendo de la disponibilidad de equipos para suministro eléctrico en la propiedad (por ejemplo, transformadores).

El costo de la electricidad es relativamente bajo. En nuestro campo de lúpulo de 1 acre, hay 138 bombillas LED, que funcionan a 13 W por bombilla durante 6 horas al día durante 7 a 9 semanas en una temporada de crecimiento. El consumo de electricidad estimado en una temporada de cultivo es de 527 a 678 kWh. Con el costo de electricidad promedio para el sector agrícola en Florida de \$ 0.0758 por kWh en agosto de 2019 (US Energy Information

Administration 2019), el costo de electricidad estimado en una temporada de cultivo es de \$40 a \$51 por acre.

Literatura Citada

Brewers Association. 2018. "Florida's Craft Beer Sales and Production Statistics, 2018." Accessed April 13, 2020. <https://www.brewersassociation.org/statistics-and-data/state-craft-beer-stats/?state=FL>

Carré, I., G. Coupland, and J. Putterill. 2018. "Photoperiodic Responses and the Regulation of Flowering." *Annual Plant Reviews online* 21:167–190. <https://doi.org/10.1002/9781119312994.apr0212>

Craig, D. S., and E. S. Runkle. 2013. "A Moderate to High Red to Far-Red Light Ratio from Light-Emitting Diodes Controls Flowering of Short-Day Plants." *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 138 (3): 167–172. <https://doi.org/10.21273/JASHS.138.3.167>

Dodds, K. 2017. *Hops: A Guide for New Growers*. NSW Department of Primary Industries, New South Wales, Australia.

Koukkari, W. L., and R. B. Sothorn. 2006. *Introducing Biological Rhythms*. Dordrecht, the Netherlands: Springer Science & Business Media.

Krebs, C. 2019. "Hops: A Viable Alternative Crop for the Central/Southern Plains?" *Crops and Soils* 52 (4): 4–6. <https://doi.org/10.2134/cs2019.52.0405>

Meng, Q., and E. Runkle. 2016. "Choosing the Right LEDs to Regulate Flowering in Greenhouses." Accessed 4 Aug. 2019. https://www.canr.msu.edu/news/choosing_the_right_leds_to_regulate_flowering

Morrow, R. C. 2008. "LED Lighting in Horticulture." *HortScience* 43 (7): 1947–1950. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.43.7.1947>

National Oceanic and Atmospheric Administration. 2019. "Sunrise/Sunset Calculator." Accessed 4 Aug. 2019. <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/grad/solcalc/sunrise.html>

Neve, R. A. 1991. *Hops*. Berlin: Springer Science & Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-94-011-3106-3>

Taiz, L., and E. Zeiger. 2010. *Plant Physiology*. 5th ed. Sunderland, MA: Sinauer Associates, Inc.

Thomas, G. G., and W. W. Schwabe. 1969. "Factors Controlling Flowering in the Hop (*Humulus lupulus*L.)." *Ann. Bot.* 33 (4): 781–793. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a084324>

US Energy Information Administration. 2019. "Electric Power Monthly." Accessed 14 Nov. 2019. https://www.eia.gov/electricity/monthly/epm_table_grapher.php?t=epmt_5_6_a

Valverde, F., A. Mouradov, W. Soppe, D. Ravenscroft, A. Samach, and G. Coupland. 2004. "Photoreceptor Regulation of CONSTANS Protein in Photoperiodic Flowering." *Science* 303 (5660): 1003–1006. <https://doi.org/10.1126/science.1091761>