

# CRECIMIENTO Y CONTENIDO DE ACEITE EN ALBAHACA

## (*Ocimum basilicum* L.) BAJO MALLAS SOMBRA DE COLORES

Gabino A. Martínez-Gutiérrez, Lenin Nicolás-Santana, Yolanda D. Ortiz-Hernández, Isidro Morales y German F. Gutiérrez-Hernández

### RESUMEN

En la agrotecnología, las mallas sombra de colores son propuestas como una estrategia para mejorar el aprovechamiento de la radiación solar en las plantas. En este estudio se evaluó el crecimiento, fisiología y contenido de aceites bajo mallas sombra de colores en plantas de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) 'Nufar F1' Sweet Genovese. Las plantas fueron cultivadas bajo mallas de polietileno con 50% de sombra en color rojo, azul, perla, negra, y el testigo (sin malla). Estos tratamientos fueron distribuidos en bloques al azar con tres repeticiones. Se registraron variables microclimáticas, parámetros de crecimiento, fisiológicos y contenido de aceite en la planta. En compara-

ción al testigo, independientemente del color de la malla, la radiación fotosintéticamente activa (RFA) e integrada (RAFI) así como la temperatura fueron menores, mientras que la humedad relativa fue mayor. La malla negra incrementó la altura de la planta y redujo el peso seco, diámetro del tallo y número de brotes. El mayor peso seco de hojas, de inflorescencias y tasa de asimilación  $CO_2$ , se obtuvieron con la malla roja y el testigo: 22,44 y 23,17  $\mu mol CO_2/m^2 \cdot s$ , respectivamente. El mayor contenido de aceite fluctuó de 0,6 a 0,7% bajo mallas de color rojo, perla, azul y testigo; en cambio, con la malla negra se redujo el contenido de aceite en 34,3% con respecto al testigo.

### Introducción

La albahaca (*Ocimum basilicum* L.), es la planta herbácea aromática ampliamente cultivada, la cual es utilizada principalmente en la industria de cosméticos y en gastronomía (Nishimura *et al.*, 2007; Makri y Kintzios, 2008). En el cultivo de albahaca, la época del trasplante, fertilización y la variedad influyen en el contenido de aceite (Majkowska-Gadomska *et al.*, 2013; Zheljzkov *et al.*, 2008; Singh *et al.*, 2010, 2014). En plantas medicinales y aromáticas, el manejo de la luz puede aumentar los rendimientos en biomasa y componentes químicos (Shahak *et al.*, 2004a; Nishimura *et al.*, 2007). La fotosíntesis en la mayoría de las plantas  $C_3$  se satura a los 500  $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$  y en otras plantas puede ser

hasta de 1000  $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$  o más (Taiz y Zeiger, 2006). Chang *et al.*, (2008) mencionaron que al aumentar la irradiancia de 440 a 1387  $\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$  incrementa en la albahaca la fotosíntesis de 15,1 a 37,7  $\mu mol CO_2/m^2 \cdot s^{-1}$ . Asimismo, Ruiz-Espinoza *et al.*, (2008) señalaron que a mayor intensidad de radiación solar existe una tendencia a aumentar el rendimiento de la albahaca. Por otra parte, en el mercado de los textiles agrícolas existen mallas de colores fabricadas con diferentes materiales, tales como polietileno y poliéster, entre otros, diseñadas para enriquecer, reducir o absorber ciertas longitudes de onda o para dispersar la luz (Iglesias y Alegre, 2006; Rajapakse y Shahak, 2007; Chang *et al.*, 2008). Las mallas sombras reducen la intensidad de la radiación solar

y la velocidad del viento, que a su vez cambian la temperatura (aire, suelo, planta) y la humedad relativa, lo cual afecta en la planta la transpiración, fotosíntesis, respiración y otros procesos (Shahak *et al.*, 2004a; Stamps, 2009). También las mallas pueden inducir el crecimiento, ramificación y vigor de la planta; existen evidencias (Ilić *et al.*, 2012) que las mallas de color rojo y perla incrementan la productividad de cultivos tales como pimiento (*Capsicum annum* L.), ornamentales (Shahak *et al.*, 2008) y en tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

De acuerdo a lo anterior, el objetivo de este estudio fue determinar el efecto de cuatro colores de malla sombra en parámetros de crecimiento y contenido de aceite en *Ocimum basilicum* L. cultivada en suelo y fertirrigación.

### Materiales y Métodos

El experimento se llevó a cabo del 20/02/2013 al 21/05/2013 en Santa Cruz Xoxocotlán, Oaxaca, México, ubicado a 1530msnm, 17°1'31"N y 96°43'11"O. Se utilizó semilla de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) 'Nufar F1' del tipo Sweet Genovese, proveniente de la empresa Seed Company (EEUU). Este híbrido tiene las siguientes características: crecimiento vigoroso, hojas grandes, espigado lento, tolerante a *Fusarium*, rendimiento de materia fresca de 18 a 20 t  $ha^{-1}$ , y puede ser cultivado bajo condiciones de campo, invernadero e hidroponía. Las semillas de albahaca 'Nufar F1' fueron sembradas en charolas de poliestireno de 200 cavidades con mezcla de 80% turba *Sphagnum* y 20% agrolita. La aplicación del riego

### PALABRAS CLAVE / Contenido de Aceite / Fotosíntesis / Mallas de Colores / Plantas Aromáticas / Radiación Fotosintéticamente Activa /

Recibido: 28/08/2015. Modificado: 26/05/2016. Aceptado: 30/05/2016.

**Gabino A. Martínez-Gutiérrez.** Doctor en Ciencias en Agricultura Intensiva en Zonas Semiáridas, Universidad de Almería, España. Profesor Investigador, Instituto Politécnico Nacional (IPN), México.

**Lenin Nicolás-Santana.** Maestría en Ciencias en en Conservación y Aprovechamiento de Recursos Naturales. Estudiante de posgrado, IPN, México.

**Yolanda D. Ortiz-Hernández.** Doctora en Ciencias en fisiología Vegetal. Instituto Politécnico Nacional, México.

**German F. Gutiérrez-Hernández.** Doctor en Ciencias en Genética, Colegio de Postgraduados, México. Profesor Investigador, IPN, México.

**Isidro Morales.** Doctor en Ciencias en Agricultura Intensiva en Zonas Semiáridas, Universidad de Almería, España. Profesor Investigador, IPN, México.

## GROWTH AND OIL CONTENT OF BASIL (*Ocimum basilicum* L.) GROWN UNDER COLORED SHADE NETS

Gabino A. Martínez-Gutiérrez, Lenin Nicolás-Santana, Yolanda D. Ortiz-Hernández, Isidro Morales and German F. Gutiérrez-Hernández

### SUMMARY

In agrotechnology, colored shade nets are proposed as a strategy to improve the effect of solar radiation on plants. This study evaluated the growth, physiology and oil content of basil plants (*Ocimum basilicum* L.; 'Nufar FI' Sweet Genovese) grown under colored shade nets. The plants were grown under polyethylene nets with a shade coefficient of 50%; different colors were considered different treatments: red, blue, pearl, black and control (no net). These treatments were distributed in randomized blocks with three replicates. Microclimatic variables, plant growth and physiological parameters, and oil content were recorded. Photosynthetically active radiation (PAR),

integrated photosynthetically active radiation (IPAR) and temperature were lower than in the control treatment, regardless of the color of the net, and relative humidity was higher. The black net increased plant height and reduced dry weight, stem diameter and number of buds. The highest dry weight of leaves and inflorescences, as well as the highest CO<sub>2</sub> assimilation rate, were obtained with the red net and the control: 22.44 and 23.17 μmol CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>·s, respectively. The highest content of oil ranged from 0.6 to 0.7% with the red, pearl, blue and control treatments; however, the content of oil decreased by 34.3% with the black net treatment compared with the control.

## CRESCIMENTO E CONTEÚDO DE ÓLEO NO MANJERICÃO (*Ocimum basilicum* L.) SOB TELAS SOMBREAMENTO COLORIDAS

Gabino A. Martínez-Gutiérrez, Lenin Nicolás-Santana, Yolanda D. Ortiz-Hernández, Isidro Morales e German F. Gutiérrez-Hernández

### RESUMO

Na agrotecnologia, as telas sombreamento coloridas são propostas como uma estratégia para melhorar o aproveitamento da radiação solar nas plantas. Neste estudo se avaliou o crescimento, fisiologia e conteúdo de óleos sob telas sombreamento coloridas em plantas de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) 'Nufar FI' Sweet Genovese. As plantas foram cultivadas sob telas de polietileno com 50% de sombra em cor vermelha, azul, perla, preta, e o testemunho (sem tela). Estes tratamentos foram distribuídos em blocos aleatórios com três repetições. Registraram-se variáveis microclimáticas, parâmetros de crescimento, fisiológicos e conteúdo de óleo na planta. Em comparação ao testemu-

nho, independentemente da cor da tela, a radiação fotosinteticamente ativa (RFA) e integrada (RFAI) assim como a temperatura foram menores, enquanto que a umidade relativa foi maior. A tela preta incrementou a altura da planta e reduziu o peso seco, diâmetro do caule e número de brotos. O maior peso seco de folhas, de inflorescências e taxa de assimilação CO<sub>2</sub> foram obtidos com a tela vermelha e o testemunho: 22,44 e 23,17 μmol CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>·s, respectivamente. O maior conteúdo de óleo flutuou de 0,6 a 0,7% sob telas de cor vermelha, perla, azul e testemunho; no entanto, com a tela preta se reduziu o conteúdo de óleo em 34,3% com relação ao testemunho.

en el semillero se hizo a diario incorporando en el agua 75, 20 y 75 mg·l<sup>-1</sup> de N, P y K, respectivamente, para obtener una emergencia homogénea y plantas vigorosas. Cuando las plantas alcanzaron 12 cm de altura con cinco hojas verdaderas, el trasplante a suelo se llevó a cabo a doble hilera, con distancia de 0,3 m entre plantas y 1,2 m entre hileras, y densidad de 30000 plantas/ha. La fertirrigación fue por goteo y la solución nutritiva se diseñó para aplicar (mg·l<sup>-1</sup>): N (250), P (60), K (300), S (200), Mg (75), Fe (3), Mn (0,5), B (0,5), Cu (0,1) y Zn (0,1), monitoreando una vez por semana los valores de pH y conductividad eléctrica (CE) para ajustarlos entre 5,5 y 6,5 y entre 2 y 2,6 dS·m<sup>-1</sup>, respectivamente. El pH fue medido con un potenciómetro modelo 211R (Hanna Instru-

ments, EEUU) y la CE con medidor de conductividad y temperatura modelo 407303 (Extech Instruments, EEUU).

Se construyeron estructuras de madera de 2,5×1,5×1,0 m de alto, totalmente cubiertas con malla sombra, elaboradas con polietileno de alta densidad, de 50% de sombra de acuerdo a las especificaciones del proveedor (Plastimalla Sombra®, México) en color rojo, perla, azul y negro. Cada color correspondió a un tratamiento y el testigo fue sin malla. Los cinco tratamientos se establecieron bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones la unidad experimental fue de 14 plantas.

La radiación fotosintéticamente activa (RFA; μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>) se registró cada 15 días y en día soleado bajo cada malla sombra y a pleno

sol. Las lecturas se realizaron cada hora entre 7:00 y 18:00, con un sensor cuántico LI-191SA® (LI-COR, EEUU) de 127 cm<sup>2</sup> de área sensible, en la banda de 400-700 nm de longitud de onda de la luz visible, conectado a un Data Logger LI-1400® (LI-COR, EEUU). Cabe mencionar que el sensor cuántico está diseñado para medir al instante el flujo de fotones de una cierta longitud de onda incidente y por unidad de tiempo, expresado en μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>. Sin embargo, la Sociedad Americana de Ciencias Hortícolas (ASHS) recomienda usar mol·m<sup>-2</sup>/día (Korczynski *et al.*, 2002) porque el crecimiento de la planta está determinado por el flujo de luz integrado diariamente (RFAI). Por lo tanto, una vez obtenido los valores promedio por hora de la RFA se calculó

la RFAI de acuerdo a Faust (2002) y Chang *et al.* (2008):

$RFAI \text{ (mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{día)} = \text{Suma de lecturas registradas cada hora en } \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \times 0,0036$

donde 0,0036 proviene de (60 s/min × 60 min/h)/1,000,000 μmol·mol<sup>-1</sup>.

Por otra parte, la medición de fotosíntesis unitaria (TIC, μmolCO<sub>2</sub>·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>) se hizo tres días antes del único corte de las plantas, en el cuarto par de hojas maduras (a una altura de ~0,45 m), con un aparato portátil de fotosíntesis (IRGA) modelo LI-6400XT® (LI-COR, EEUU), utilizando una velocidad de flujo de 500 μmol·s<sup>-1</sup>. Se tomaron cuatro lecturas de manera alternada por tratamiento en el intervalo de tiempo de las 12:00 a las 14:00. Para este lapso de tiempo, se registraron

también las variables microclimáticas RFA, temperatura y humedad relativa con sensores LI-191SA, LI-1400-101 y LI-1400-104, conectados a un Data Logger LI-1400® (LICOR, EEUU). Se hicieron cinco lecturas de manera alternada por tratamiento, para obtener un valor promedio.

Las variables medidas de la planta fueron: diámetro del tallo con un vernier digital micrómetro Caliper (resolución 0,1mm); la altura de la planta con flexómetro metálico marca Surtek (3m con escala mínima de 1mm); el número de brotes en el tallo principal y el peso seco total de la planta, hojas, tallos e inflorescencias. El peso se registró al cosechar las plantas, con una balanza electrónica (Ohaus®, EEUU) de 2100g de capacidad y 0,1g de lectura mínima. El contenido de aceite se obtuvo de 100g de hojas secas mediante hidrodestilación en un aparato tipo Clevenger adaptado a un horno de microondas de 1300W (mw 1235 wb, Samsung, Korea) (Wang *et al.*, 2010).

Los datos obtenidos de las variables de la planta fueron sometidos a un análisis de varianza y a una prueba de comparación de medias (Tukey,  $P \leq 0,05$ ) mediante el programa SAS versión 9,0 (SAS, 2002) y las gráficas fueron realizadas mediante el programa Excel Microsoft®.

## Resultados y Discusión

### Variación microclimática

La RFA transmitida a través de las diferentes mallas se redujo en todos los microambientes sin mostrar diferencias significativas entre ellas, pero sí con la RFA a pleno sol (Figura 1). Desde las 7:00 hasta las 18:00 el mayor flujo de la RFA fue de las 12:00 a las 14:00, con un máximo de  $1633,6 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  a pleno sol, y la máxima transmitida a través de las mallas sombra (negra, azul, roja y perla) fue de: 1147,6; 1167,6; 1217,8 y  $1218,8 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , respectivamente. Las plantas de albahaca sin malla, recibieron significativamente más RFA que las cultivadas bajo las mallas sombra de color rojo, azul, perla y negro (Tabla I), las cuales transmitieron sin diferencia estadística entre ellas: 53,64; 53,14; 55,07 y 51,9% de la RFA registrado a pleno sol ( $31,48 \text{mol}\cdot\text{m}^{-2}/\text{día}$  de febrero a mayo). Ayala-Tafoya *et al.* (2015) reportaron porcentajes similares de la RFAI de noviembre a febrero en el cultivo de pimiento con el uso de mallas sombra de colores con una RFAI a pleno sol de  $26,37 \text{mol}\cdot\text{m}^{-2}/\text{día}$ .

La temperatura en los microambientes de las mallas de color fueron menores a la del testigo y no mostraron dife-

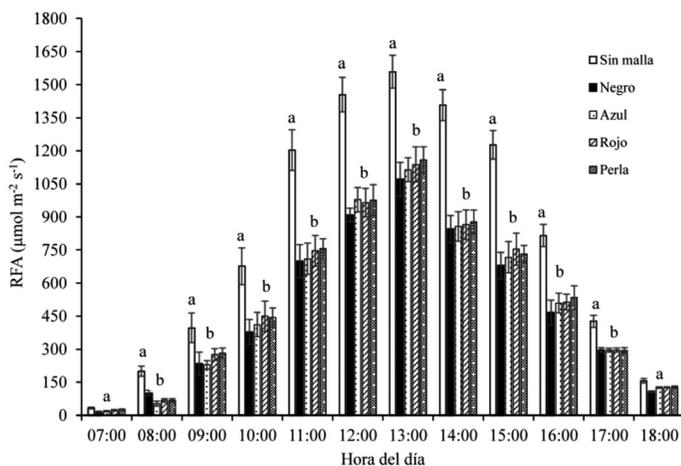


Figura 1. Radiación fotosintéticamente activa ( $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) recibida por las plantas de albahaca a pleno sol (sin malla) y con mallas sombra de diversos colores. Promedio de cinco mediciones  $\pm$  error estándar, por cada hora del día. Columnas con la misma letra no difieren estadísticamente (Tukey 0,05).

TABLA I  
PROMEDIOS DIARIOS DE RFAI, TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA SIN MALLA Y CON MALLAS SOMBRA DE COLOR

Tratamientos	RFAI ( $\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}/\text{día}$ )	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	Humedad relativa (%)
Sin malla	$31,48 \pm 0,81$ a	$33,98 \pm 0,45$ a	$33,8 \pm 1,47$ c
Negro	$15,58 \pm 0,87$ b	$30,95 \pm 0,64$ b	$42,1 \pm 1,52$ b
Azul	$16,73 \pm 1,26$ b	$31,50 \pm 0,67$ b	$53,3 \pm 2,13$ a
Rojo	$16,26 \pm 1,21$ b	$32,29 \pm 0,66$ b	$52,7 \pm 2,32$ a
Perla	$17,71 \pm 1,19$ b	$31,71 \pm 0,64$ b	$53,6 \pm 1,67$ a
DMSH	7,71	1,35	8,21

Medias  $\pm$  error estándar con la misma letra en una columna son iguales estadísticamente (Tukey, 0,05). RFAI: radiación fotosintéticamente activa integrada, DMSH: diferencia mínima significativa honesta.

rencias significativas (Tabla I). Resultados similares fueron obtenidos en el cultivo de *Brassica* spp., bajo diferentes mallas de colores y a pleno sol por Abul-Soud *et al.* (2014). Ello se debe a que las mallas utilizadas bloquean la radiación transmitida (Stamps, 2009) y la consiguiente sombra que generan (Iglesias y Alegre, 2006).

La humedad relativa bajo las mallas de color fue significativamente mayor al testigo, debido al vapor de agua proveniente del cultivo y del riego (Rosenberg *et al.*, 1983; Elad *et al.*, 2007), y también porque la malla reduce la velocidad del viento (Cabrera *et al.*, 2006; Stamps, 2009). Los cambios en la temperatura, radiación y humedad relativa pueden afectar la transpiración, fotosíntesis, respiración y otros procesos de las plantas (Livera, 1991). La RFA transmitida a través de la malla roja y a pleno sol tuvieron efecto significativo en la TIC ( $22,44$  y  $23,17 \mu\text{molCO}_2/\text{m}^2\cdot\text{s}$ ,

respectivamente) pero no así a través de las otras mallas (Figura 2). Resultados similares para la mayor tasa fotosintética fueron reportados por Shahak *et al.* (2004b) en hojas de manzano bajo mallas de color rojo, a pesar de tener menos RFA que a pleno sol. Por otra parte, las plantas cultivadas bajo la malla negra registraron una TIC de  $16,94 \mu\text{molCO}_2/\text{m}^2\cdot\text{s}$ , valor similar a los  $15 \mu\text{molCO}_2/\text{m}^2\cdot\text{s}$  obtenido en plantas de albahaca por Chang *et al.* (2008) al utilizar bajos niveles de luz. Al respecto, Shahak *et al.* (2004b) y Stamps (2009) indicaron que las mallas de color tienen capacidad de transformar radiación directa en radiación difusa y pueden incrementar 30%, o más del 50%, la dispersión de la luz, y que solo esto puede influir en el crecimiento y desarrollo de la planta; en cambio, la malla negra no dispersa la luz (Shahak *et al.*, 2004b; Rajapakse y Shahak, 2007). Asimismo, Shahak *et al.* (2004b) repor-

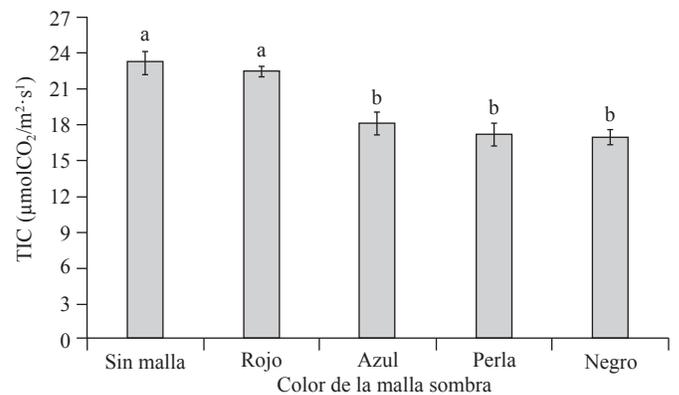


Figura 2. Tasa de asimilación de  $\text{CO}_2$  (TIC) en albahaca. Medias y error estándar de cinco repeticiones. Columnas con la misma letra no difieren estadísticamente (Tukey 0,05).

taron que las mallas de color pueden proporcionar diferentes combinaciones de iluminación natural, junto a la radiación difusa, la cual sufre una modificación espectral y como la radiación difusa penetra mejor en el dosel, la exposición total a la radiación bajo las mallas dispersantes es mayor a la de la malla negra a pesar de estar elaborada con el mismo factor de sombra.

#### Crecimiento y contenido de aceite

Todas las variables de crecimiento mostraron variaciones significativas ( $P \leq 0,05$ ) entre los microambientes, ocasionadas por el color de la malla (Tabla II). La altura de las plantas bajo la malla negra fue mayor con respecto a las plantas cultivadas a pleno sol, efecto similar al obtenido en plantas de pimiento por Ayala-Tafuya *et al.* (2015); en cambio, el diámetro del tallo y brotes por planta fueron menores que en los demás tratamientos. Moniruzzaman *et al.* (2009) observaron que las plantas bajo cubierta negra generan mayor dominancia apical y consecuentemente mayor altura que las establecidas sin malla sombra o mallas de colores claros. Existen evidencias en el cultivo de tomate (*S. lycopersicum*), que la malla sombra de color perla puede incrementar el grosor del tallo, clorofila, rendimiento y calidad (Ayala-Tafuya *et al.*, 2011); sin embargo, en este trabajo el peso seco total de la albahaca fue significativamente mayor con la malla roja y a pleno sol. Shahak *et al.* (2004b) reportaron también que

en plantas ornamentales, la malla roja estimuló mayor crecimiento vegetativo con respecto a otras mallas de color.

Lacerda-Machado *et al.* (1999) y Hassanpouraghdam *et al.* (2010) observaron que a mayor número de inflorescencias por planta en la albahaca es mayor el contenido de aceite. En este estudio, todas las mallas sombra redujeron en 50% a la RFAI (Tabla I), y probablemente a ello se deba el menor número y peso seco de las inflorescencias (Tabla II). Al respecto, Niu *et al.* (2000) y Korczynski *et al.* (2002) mencionan que, en plantas ornamentales, a mayor RFAI se incrementa el peso seco de las flores.

Por otra parte, el contenido de aceite en las plantas de albahaca fluctuó de 0,4 a 0,7%, coincidiendo con los valores encontrados en 18 de las 38 accesiones de albahaca evaluadas bajo condiciones de campo por Zheljzkov *et al.* (2008), quienes encontraron fluctuaciones en el contenido de aceite

de 0,07 a 1,92%. Las plantas de albahaca cultivadas bajo la malla de color negro produjeron 34,3% menos aceite con respecto a las cultivadas a pleno sol (Figura 3). Al respecto, existen evidencias que bajos niveles de radiación solar disminuyen el contenido de aceites esenciales en la albahaca (Chang *et al.*, 2008; Kumar *et al.*, 2013), debido probablemente a que la síntesis de precursores para aceites esenciales está relacionado con la acumulación de fotosintatos, los cuales se incrementan a mayor nivel de radiación (Hälvä *et al.*, 1992).

#### Conclusiones

Todas las mallas de color disminuyeron la temperatura, la RFA y la RFAI, y aumentaron la humedad relativa con respecto al testigo; sin embargo, entre mallas de color no hubo diferencias para la temperatura y la RFAI. A excepción de la malla negra, tampoco

hubo diferencias entre mallas de color para la humedad relativa.

El diámetro del tallo, los brotes, inflorescencias y peso seco de la planta de albahaca fueron menores con la malla negra. El mayor peso seco de hojas e inflorescencias se obtuvo en el testigo y con la malla roja.

Las plantas establecidas con malla roja y sin malla registraron la mayor TIC: 22,44 y 23,17  $\mu\text{molCO}_2/\text{m}^2\cdot\text{s}$ , respectivamente.

El mayor contenido de aceite fluctuó de 0,6 a 0,7% bajo mallas de color rojo, perla, azul y sin malla. Con la malla sombra de color negro se redujo el contenido de aceite en 34,3% con respecto al testigo.

#### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Instituto Politécnico Nacional por el financiamiento otorgado al proyecto SIP-20120828.

#### REFERENCIAS

- Abul-Soud MA, Emam MSA, Abdrabbo MAA (2014) Inter-cropping of some *Brassica* crops with mango trees under different net house color. *Res. J. Agric. Biol. Sci.* 10: 70-79.
- Ayala-Tafuya F, Zatarain-López DM, Valenzuela-López L, Partida-Ruvalcaba L, Velázquez-Alcaraz TJ, Díaz-Valdés T, Osuna-Sánchez JA (2011) Crecimiento y rendimiento de tomate en respuesta a radiación solar transmitida por mallas sombra. *Terra Latinoam.* 29: 403-410.
- Ayala-Tafuya F, Sánchez-Madrid R, Partida-Ruvalcaba L, Yáñez-Juárez MG, Ruiz-Espinosa FH, Velázquez-Alcaraz TJ, Valenzuela-López M, Parra-Delgado JM (2015) Producción de pimiento morrón con mallas sombra de colores. *Rev. Fitotec. Mex.* 38: 93-98.
- Cabrera FJ, López JC, Baeza EJ, Pérez-Parra J (2006) Efficiency of anti-insect screens placed in the vents of Almería greenhouses. *Acta Hort.* 719: 605-614.
- Chang X, Alderson PG, Wright CJ (2008) Solar irradiance level alters the growth of basil (*Ocimum basilicum* L.) and its content of volatile oils. *Environ. Exp. Bot.* 63: 216-223.
- Elad Y, Messika Y, Brand M, David DR, Szejnberg A (2007) Effect of colored shade nets on pepper

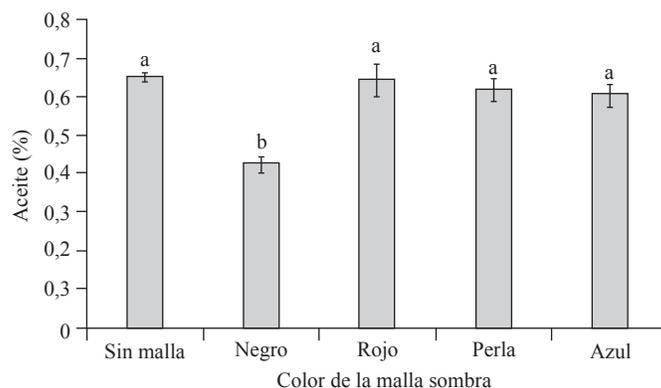


Figura 3 Contenido de aceite esencial en materia seca (MS) de plantas de albahaca. Medias y error estándar de cuatro repeticiones. Columnas con la misma letra no difieren estadísticamente (Tukey 0,05).

TABLA II  
PARÁMETROS DE CRECIMIENTO EN PLANTAS DE ALBAHACA,  
A LOS 90 DÍAS DESPUÉS DE SU TRASPLANTE, BAJO MALLAS Y SIN MALLA

Tratamiento	Altura (cm)	Diámetro del tallo (cm)	Número de brotes por planta	Número de IF por planta	Peso seco (g)			
					Hojas	Tallo	IF	Planta
Sin malla	68,3 b	0,73 a	36,3 a	53,4 a	53,4 a	74,5 b	19,6 a	147,5 a
Negro	80,6 a	0,66 b	30,1 b	13,4 c	37,2 b	55,8 c	4,8 c	97,8 b
Rojo	73,2 ab	0,70 a	35,0 a	28,4 b	51,7 a	86,4 a	9,3 b	147,4 a
Perla	71,5 ab	0,74 a	33,2 a	29,9 b	43,3 b	60,8 c	9,3 b	113,4 b
Azul	71,5 ab	0,75 a	32,7 a	31,4 b	45,9 a	64,6 c	11,3 b	121,8 b
DMSH	10,42	0,07	5,91	8,12	7,51	8,33	6,22	19,35

IF: inflorescencias. Medias con la misma letra en una columna no difieren estadísticamente (Tukey 0,05). DMSH=Diferencia mínima significativa honesta.

- powdery mildew (*Leveillula taurica*). *Phytoparasitica* 35: 285-299.
- Faust JE (2002) *Light Management in Greenhouses. I. Daily Light Integral: A Useful Tool for the U.S. Floriculture Industry*. www.specmeters.com/assets/1/7/A051.pdf (Cons. 06/01/2016).
- Hälvä S, Craker L, Simon J, Charles D (1992) Light levels, growth, and essential oil in dill (*Anethum graveolens* L.). *J. Herbs, Spic. Med. Plants*. 1: 47-58.
- Hassanpouraghdam MB, Gohari G, Tabatabaei SJ, Dadpour MR (2010) Inflorescence and leaves essential oil composition of hydroponically grown *Ocimum basilicum* L. *J. Serb. Chem. Soc.* 75: 1361-1368.
- Iglesias I, Alegre S (2006) The effect of anti-hail nets on fruit protection, radiation, temperature, quality and profitability of 'Mondial Gala' apples. *J. Appl. Hort.* 8: 91-100.
- Ilić ZS, Milenković L, Stanojević L, Cvetković D, Fallik E (2012) Effects of the modification of light intensity by color shade nets on yield and quality of tomato fruits. *Sci. Hort.* 139: 90-95.
- Korczynski PC, Logan J, Faust JE (2002) Mapping monthly distribution of daily light integrals across the contiguous United States. *HorTechnology* 12: 12-16.
- Kumar R, Sarma S, Pathania V (2013) Effect of shading and plant density on growth, yield and oil composition of clary sage (*Salvia sclarea* L.) in north western Himalaya. *J. Essent. Oil Res.* 25: 23-32.
- Lacerda-Machado M I, Vasconcelos Silva M G, Abreu Matos F J, Aragão Craveiro A, Alencar J W (1999) Volatile constituents from leaves and inflorescence oil of *Ocimum tenuiflorum* L. f. (syn. *O. sanctum*) grown in northeastern Brazil. *J. Essent. Oil Res.* 11: 324-326.
- Livera MM (1991) Retos y perspectivas del fitomejoramiento: Algunos aspectos del ambiente físico en relación a la producción y productividad de los cultivos. *Rev. Fitotec. Mex.* 14: 23-39.
- Majkowska-Gadomska J, Wierzbicka B, Dziedzic A (2013) The effect of seedling planting time on macroelement and microelement concentrations in basil (*Ocimum basilicum* L.) leaves. *Pol. J. Environ. Stud.* 23: 125-129.
- Makri O, Kintzios S (2008) *Ocimum* sp. (basil): Botany, cultivation, pharmaceutical properties, and biotechnology. *J. Herbs, Spic. Med. Plants* 13: 123-150.
- Moniruzzaman M, Islam M, Hossain M, Hossain T, Miah M (2009) Effects of shade and nitrogen levels on quality Bangladesh production. *Bangl. J. Agric. Res.* 34: 205-213.
- Nishimura T, Zobayed SM, Kozai T, Goto E (2007) Medicinally important secondary metabolites and growth of *Hypericum perforatum* L. plants as affected by light quality and intensity. *Environ. Contr. Biol.* 45: 113-120.
- Niu G, Heins R, Cameron A, Carlson W. (2000). Day and night temperature, daily light integral, and CO<sub>2</sub> enrichment affect growth and flower development of pansy (*Viola × wittrockiana*). *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 125: 436-441.
- Rajapakse N, Shahak Y (2007) Light-quality manipulation by horticulture industry. En Whitelam GC, Halliday KJ (Eds.) *Light and Plant Development*. Vol. 3. Wiley. Ames, IO, EEUU. pp. 290-307.
- Rosenberg NJ, Blad BL, Verma SB (1983) *Microclimate: The Biological Environment*. 2<sup>a</sup> ed. Wiley. Nueva York, EEUU. 495 pp.
- Ruiz-Espinoza FH, Marrero Labrador P, Cruz La Paz O, Murillo Amador B, García Hernández JL (2008) Influencia de los factores agroclimáticos en la productividad de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) en una zona árida de Baja California Sur, México. *Cienc. Técn. Agropec.* 17: 44-47.
- SAS (2002) SAS/STAT. User's guide, software version 9.0. SAS Institute Inc. Cary, N.C. EEUU. 4424 pp.
- Shahak Y, Gussakovsky E, Gal E, Ganelevin R (2004a) Color-nets: Crop protection and light-quality manipulation in one technology. *Acta Hort.* 659: 143-151.
- Shahak Y, Ganelevin R, Gussakovsky E, Oren-Shamir M, Gal E, Díaz-Pérez M, Callejón AJ, Camacho-Ferre F, Fernández-Rodríguez EJ (2004b) Efectos de la modificación de la calidad de luz mediante mallas de sombreo fotoselectivas (ChromatiNet®) sobre la fisiología, mejora del rendimiento y calidad de las cosechas. En Fernández-Rodríguez EJ (Coord.) *Producción Hortícola y Seguridad Alimentaria*. Universidad de Almería, España. pp. 117-131.
- Shahak Y, Gal E, Offir Y, Ben-Yakir D (2008) Photosensitive shade netting integrated with greenhouse technologies for improved performance of vegetable and ornamental crops. *Acta Hort.* 797: 75-80.
- Singh S, Singh M, Singh AK, Kalra A, Yadav A, Patra DD (2010) Enhancing productivity of Indian basil (*Ocimum basilicum* L.) through harvest management under rainfed conditions of subtropical north Indian plains. *Indust. Crops Prod.* 32: 601-606.
- Singh K, Chand S, Yaseen M (2014) Integrated nutrient management in Indian basil (*Ocimum basilicum*). *Indust. Crops Prod.* 55: 225-229.
- Stamps RH (2009) Use of colored shade netting in horticulture. *HortScience* 44: 239-241.
- Taiz L, Zeiger E (2006) *Plant Physiology*. 4<sup>a</sup> ed. Sinauer. Sunderland MA, EEUU. 764 pp.
- Wang HW, Liu YQ, Wei S L, Yan ZJ, Lu K (2010) Comparison of microwave-assisted and conventional hydrodistillation in the extraction of essential oils from mango (*Mangifera indica* L.) flowers. *Molecules* 15: 7715-7723.
- Zheljazkov VD, Callahan A, Cantrell CL (2008) Yield and oil composition of 38 basil (*Ocimum basilicum* L.) accessions grown in Mississippi. *J. Agr. Food Chem.* 56: 241-245.