

PRODUCCIÓN DE PIMIENTO MORRÓN CON MALLAS SOMBRA DE COLORES

BELL PEPPER PRODUCTION UNDER COLORED SHADE NETS

Felipe Ayala-Tafoya^{1*}, Rubén Sánchez-Madrid², Leopoldo Partida-Ruvalcaba¹,
M. Gilberto Yáñez-Juárez¹, F. Higinio Ruiz-Espinosa³, Teresa de Jesús Velázquez Alcaraz¹,
Marino Valenzuela-López¹ y J. Martín Parra-Delgado¹

¹Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Sinaloa. Km 17.5 Carr. Culiacán-Eldorado, A. P. 25. 80000, Culiacán, Sinaloa. Tel y Fax 01 (667) 846-1084.

²Rancho El Eslabón, Del Campo y Asociados, S.A de C.V. Km 36 Carr. Lagos de Moreno-Betulia, 47504. Betulia, Lagos de Moreno, Jalisco. ³Dpto. Académico de Agronomía, Universidad Autónoma de Baja California Sur. Km 5.5 Carr. al sur, A.P. 19-B, 23080. La Paz, B.C.S.

*Autor para correspondencia (tafoya@uas.edu.mx)

RESUMEN

El uso de la malla sombra de color negro es una estrategia utilizada para proteger a las plantas de la radiación solar directa, reducir la temperatura y evitar la quemadura por sol en frutos de pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.). En la última década han surgido en el mercado mallas de colores que debido a sus propiedades fotométricas mejoran el aprovechamiento de la radiación solar en los cultivos protegidos. En este trabajo se evaluó la influencia de cinco mallas sombra sobre la transmisión de radiación fotosintéticamente activa (RFA), la temperatura y la humedad relativa del aire, el crecimiento de plantas y el rendimiento de fruto. Se utilizaron mallas de polietileno con 50 % de sombra en colores verde, rojo, beige y azul, más una negra como testigo positivo y un testigo negativo sin malla. Las mallas de colores transmitieron de 55.3 a 58.3 % de la RFA, mientras que la malla negra transmitió 51.9 %. Aunque la reducción de radiación ocasionada por las mallas no influyó significativamente en la temperatura, la humedad relativa fue incrementada de 9.1 % (negra) a 21.0 % (beige). Las mallas verde y roja propiciaron los mayores incrementos en la altura y el área foliar de las plantas. Los rendimientos con calidad de exportación obtenidos con las mallas superaron desde 52.5 % (negra) hasta 132.8 % (beige) a las 20.4 t ha⁻¹ cosechadas en el testigo sin malla. En este último la producción de frutos que no alcanzaron la calidad comercial fue estadísticamente mayor que en plantas protegidas con malla.

Palabras clave: *Capsicum annuum*, RFA, crecimiento de plantas, rendimiento de fruto.

SUMMARY

Use of black shade nets is a strategy to protect plants from direct solar radiation, reduce temperature and avoid fruit sun scald in bell pepper cultivation. In the last decade, colored nets became available in the market to improve utilization of solar radiation in protected crops, due to its photometric properties. This work evaluated the influence of five shade nets on transmission of photosynthetically active radiation (PAR), air temperature and relative humidity, plant growth and yield of bell pepper. Polyethylene nets with 50 % shading were used in green, red, beige and blue, as well as black as positive control, plus an unprotected treatment as a negative control. PAR transmission by colored nets ranged from 55.3 to 58.3 %, compared to 51.9 % by black net. Colored nets did not cause a significant reduction in air temperature, while relative humidity increased from 9.1 in the black net to 21.0 % in the beige net. Green and red nets caused the

largest increases in plant height and leaf area. Export quality yield in unprotected control accounted for 20.4 t ha⁻¹, while colored nets exceeded from 52.5 % in the black net to 132.8 % in the beige net. In unprotected control the yield of non-commercial fruits was statistically higher than in colored nets.

Index words: *Capsicum annuum*, PAR, plants growth, fruit yield.

INTRODUCCIÓN

El chile (*Capsicum annuum* L.) es una planta del género *Capsicum* que incluye aproximadamente 25 especies y tiene su origen en las regiones tropicales y subtropicales de América. En 2011 se produjeron 29.9 millones de toneladas en 1.9 millones de hectáreas (FAOSTAT, 2013); en este mismo año, México produjo 2.1 millones de toneladas en 144,391 ha, de los cuales 7.5 % de la superficie cosechada y 14.1 % de la producción obtenida correspondió al Estado de Sinaloa (SIAP, 2013). En el país la mayor parte de la producción de pimiento morrón se destina a la exportación, tanto la que se genera a campo abierto como bajo condiciones protegidas; de esta variedad se siembran aproximadamente 5,800 ha, con rendimientos en campo hasta de 50 t ha⁻¹ año⁻¹, y la exportación a los Estados Unidos y Canadá fue de 240,000 t en 2006 (Castellanos y Borbón, 2009).

El pimiento morrón se cultiva en tres sistemas de producción: campo abierto, casa sombra e invernadero. Con este último sistema el agricultor logra mayores rendimientos; sin embargo, la construcción de un invernadero significa una inversión importante que debe analizarse cuidadosamente (Cruz *et al.*, 2009). Una alternativa relativamente económica es el uso de la malla sombra, que protege las plantas de una alta radiación solar directa y, en consecuencia, reduce el número de frutos con daños denominados "golpe de sol" (Rylski y Spigelman, 1986), además de que se obtienen plantas más vigorosas con frutos de mejor calidad y mayores rendimientos que en campo abierto (Gruda, 2005).

Las mallas sombra se fabrican con diferentes materiales, como el polietileno, el polipropileno y el poliéster o derivados acrílicos, y también con distintos grados de transmisión, absorción y reflexión de la radiación solar, y de porosidad al aire (Matallana y Montero, 2001). Sin embargo, la mayoría de mallas en uso son negras y poco selectivas, que reducen tanto la transmisión de radiación fotosintéticamente activa como la del infrarrojo cercano (Hemming *et al.*, 2006; Bastida y Ramírez, 2008) y no contribuyen a optimizar la fotosíntesis y la fotomorfogénesis, procesos trascendentales en el crecimiento y desarrollo vegetal.

Con los nuevos diseños de mallas y la mejor calidad de plásticos se pueden crear ambientes que influyen favorablemente en el cultivo de hortalizas (Ayala-Tafoya *et al.*, 2011). Las mallas de colores pueden fomentar la estimulación diferencial de algunas respuestas fisiológicas reguladas por la luz, tales como fotosíntesis y fotomorfogénesis que producen efectos sobre el crecimiento del tallo, expansión foliar, desarrollo de cloroplastos, síntesis de clorofila y metabolitos secundarios, en respuesta a la incidencia de luz azul (400 a 500 nm), roja (600 a 700 nm) y roja lejana (700 a 800 nm), percibidas por fotorreceptores biológicos, principalmente fitocromos y criptocromos, presentes en pequeñas cantidades en las plantas (Devlin *et al.*, 2007). El grado de sombreo de la malla se escoge de tal forma que al mediodía las plantas reciban, por lo menos, una cantidad de radiación cercana a su punto de saturación lumínica (Matallana y Montero, 2001).

El objetivo de este trabajo fue comparar la influencia de mallas sombra de colores verde, rojo, beige y azul, sobre la transmisión de radiación fotosintéticamente activa, la temperatura y humedad relativa del aire, el crecimiento de las plantas y el rendimiento del pimiento morrón, con respecto a la malla sombra negra convencionalmente utilizada por los horticultores como testigo comercial o testigo positivo, y un tratamiento a cielo abierto sin protección como testigo negativo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en un campo experimental ubicado en Culiacán, Sinaloa, México, a 24° 37' 24.40" N, 107° 26' 35.69" O y 38 m de altitud. El suelo del sitio es del tipo vertisol crómico (FAO, 2007), de color gris oscuro cuando seco y gris al humedecerse, cuyo drenaje superficial es regular. La capacidad de campo del suelo es de 64 % y el punto de marchitamiento permanente de 39 %, por lo que la humedad aprovechable es de 25 %, con base en el peso de suelo seco. Su contenido de materia orgánica es menor a 1 %; con menos de 0.002 % de nitrógeno, alrededor de 17.5 y 300 mg kg⁻¹ de fósforo y potasio, respectivamente; pH entre 7.5 y 8, y conductividad eléctrica menor de 1.0 dS m⁻¹. El clima

[BS1(h')w(w) (e)] es semiseco, muy cálido, extremoso, con lluvias en verano, con temperatura media anual de 25.9 °C y precipitación media anual de 672 mm (García, 2004).

Para la siembra se utilizaron semillas de pimiento morrón cv. 'Guardián'. La siembra se efectuó en charolas de poliestireno expandido de 200 cavidades rellenas con turba como sustrato, en condiciones de invernadero, con el manejo de nutrición y fitosanidad acostumbrado por los horticultores. La preparación del suelo consistió de un paso de rastra para la incorporación de residuos vegetales del cultivo anterior, seguido de un barbecho profundo, rastreo cruzado para desmenuzar terrones y dos pasos con arado bordero para la formación de camas separadas a 1.8 m. Después de la colocación de la cinta de riego por goteo, las camas fueron acolchadas con polietileno coextruido blanco sobre negro, con el fin de evitar el desarrollo de malezas.

El trasplante se llevó a cabo en noviembre de 2010, a doble hilera, con distancias de 0.5 m entre plantas y 1.8 m entre hileras, para una densidad de 22,200 plantas ha⁻¹. Para apoyar el crecimiento vertical de las plantas se recurrió a un sistema de tutoreo muy parecido al tradicional, ya que en lugar de estacones se utilizaron postes de madera de 7 a 8 cm de diámetro por 2.5 m de altura, los cuales se colocaron distanciados 3.0 m uno de otro y unidos en el extremo superior con alambre galvanizado calibre 14; las plantas fueron sujetadas con hilos de rafia colocados horizontalmente uno sobre otro cada 20 a 25 cm, a lo largo de la hilera de plantas.

Encima de los postes de madera, así como en las partes laterales, posteriores y frontales, se colocaron las mallas para formar estructuras tipo casa sombra de techo plano. Se emplearon mallas tipo mosquitero, tejidas con monofilamentos redondos de polietileno de color verde, rojo, beige o azul, dispuestos en un sentido, y monofilamentos redondos negros en el otro sentido del tejido, así como una malla totalmente negra; todas las mallas fueron diseñadas para obtener 50 % de sombra (Ombra 50®), de acuerdo con las especificaciones del fabricante (Tenax S. A. de C. V.; México).

Durante los 151 d que duró el ciclo el cultivo se fertilizó con frecuencias y cantidades de nutrientes que dependieron de las condiciones climáticas, la fenología de las plantas y la humedad del suelo medida con tensiómetros 2725ARL® (*Soilmoisture Equipment Corp.*; USA). La aplicación del riego se hizo cuando la tensión de humedad alcanzó valores de 20 a 25 kPa en los tensiómetros colocados a 30 cm de profundidad. En total se aplicó una lámina de agua de 206 mm y una fertilización de 389, 157, 365, 107 y 30 kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca y Mg, respectivamente. El control de insectos plaga y patógenos causantes de enfermedades en el cultivo de pimiento morrón se hizo

conforme al manejo acostumbrado por los horticultores de la región.

El experimento consistió en comparar seis tratamientos: (1) malla verde, (2) malla roja, (3) malla beige, (4) malla azul, (5) un testigo comercial con malla negra y (6) un testigo negativo sin malla (cielo abierto), distribuidos en un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. La parcela experimental consistió de tres camas de 20 m de largo (150 m^2) y la parcela útil fue la cama central (50 m^2), sin considerar 2.5 m en cada extremo para evitar el efecto de orilla.

Cada 15 d se evaluó la radiación fotosintéticamente activa (RFA) entre 400 y 700 nm de longitud de onda, a cielo abierto y la transmitida por las mallas, con un radiómetro LI-250® acoplado a un sensor cuántico LI-190SA® (LI-COR, Inc.; USA). Diariamente se registró la temperatura y la humedad relativa del aire con higrotermómetros 4184CP® (Cole-Parmer, Co.; USA). El radiómetro LI-250 utilizado en esta investigación mide el flujo de fotones de manera instantánea, en $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, pero el crecimiento vegetal está determinado por el flujo integrado diario (RFAI), expresado en mol m^{-2} . Así que las RFAI fueron calculadas a partir de los datos instantáneos.

Las variables medidas en las plantas fueron: diámetro del tallo principal, con un vernier CALDI-6MP® (Truper Herramientas; México); altura de las plantas, con una cinta flexible graduada; y área foliar de la hoja madura más reciente, con un medidor LI-3000A® (LI-COR, Inc.; USA). Las mediciones se hicieron semanalmente en 18 plantas y 36 hojas por tratamiento, respectivamente. Para registrar la producción, dos veces por semana se cosecharon los frutos que medían al menos 6.4 cm de diámetro y longitud. A partir de los cortes, se determinó el número de frutos producidos por planta, el rendimiento total comercial, el rendimiento con calidad de exportación, que incluyó los frutos con no menos de 7.6 cm de diámetro y no menos de 8.9 cm de longitud (USDA, 2005), y la producción de frutos 'rezaga' sin calidad comercial debido a defectos como quemaduras de sol, deformidades, decoloraciones y cicatrices. Los datos recabados, previa verificación de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza, se sometieron a análisis de varianza y prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) para la comparación de medias, con el programa STATISTICA 7.0 (StatSoft, 2004).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el periodo diurno, desde las 7:00 hasta las 18:00 h, el mayor flujo de RFA se presentó entre las 13:00 y 14:00 h, con un máximo de $1263 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ a cielo abierto, y flujos máximos de 782, 826, 798, 778 y $737 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ trans-

mitidos a través de las mallas verde, roja, azul, beige y negra, respectivamente (Figura 1). Las plantas de pimiento morrón cultivadas a cielo abierto recibieron significativamente más RFAI que las cultivadas bajo las mallas sombra verde, roja, beige, azul y negra, las cuales transmitieron 58.5, 55.7, 56.8, 55.5 y 52.1 % del flujo integrado diario registrado a cielo abierto (26.37 mol m^{-2}), respectivamente, sin diferencia estadística entre sí (Cuadro 1).

Estos resultados difieren de los obtenidos por Leite *et al.* (2008) y Ayala-Tafoya *et al.* (2011), quienes observaron diferencias entre las mallas de color y su transmisión de RFA, aunque ellos utilizaron mallas tipo "raschel" tejidas con cintas de polietileno, a las cuales se le atribuyen propiedades ópticas especiales, como modificar de forma específica el espectro de la luz filtrada en las regiones ultra-violeta, visible y rojo lejano, intensificar su dispersión (luz difusa) o afectar sus componentes térmicos (región infrarroja), gracias al diseño del tejido y a los aditivos químicos cromáticos incorporados al momento de su fabricación (Shahak *et al.*, 2004; Ganelevin, 2008).

Las mallas de colores utilizadas en esta investigación, aunque fabricadas con características semejantes a la malla negra y con transmisiones estadísticamente iguales, en valores absolutos transmitieron desde 6.5 % hasta 12.3 % más RFAI que la transmitida por la malla negra. De la misma manera, aunque las mallas disminuyeron la temperatura de 0.5 a 0.9 °C, dicho efecto no fue estadísticamente significativo. Sin embargo, los incrementos que ocurrieron en la HR sí lo fueron, ya que con la malla negra aumentó en 9.1 % y con las mallas de colores el aumento fue de 15.9 a 21.0 %, comparadas con la HR registrada a cielo abierto (Cuadro 1). Según Tanny (2013), las mallas reducen la ventilación y, por consiguiente, la eliminación de vapor de agua de la casa sombra, por lo que en la mayoría de las veces la humedad interna llega a ser mayor que la externa.

Lo anterior es trascendente porque en los cultivos protegidos la HR interviene en varios procesos, como el amortiguamiento de los cambios de temperatura, transpiración, crecimiento de los tejidos, viabilidad del polen para la fecundación del ovario de las flores, y desarrollo de enfermedades (Bastida y Ramírez, 2008; Lorenzo, 2012). Al respecto, Jurado y Nieto (2003) indicaron que el nivel óptimo de HR para pimiento morrón está comprendido entre 50 y 70 %; si la humedad es más alta y la vegetación es exuberante el cultivo se expone a fuertes ataques de *Botrytis cinerea* y otros patógenos causantes de enfermedades, además de dificultar la fecundación de las flores; en cambio, si la humedad es baja y la temperatura es elevada ocurre caída de flores y de frutos recién cuajados. En ese mismo sentido Jaimez *et al.* (2005) encontraron que los valores de HR más bajos (47 a 50 %) se obtienen en torno a las 14:00 h, en coincidencia

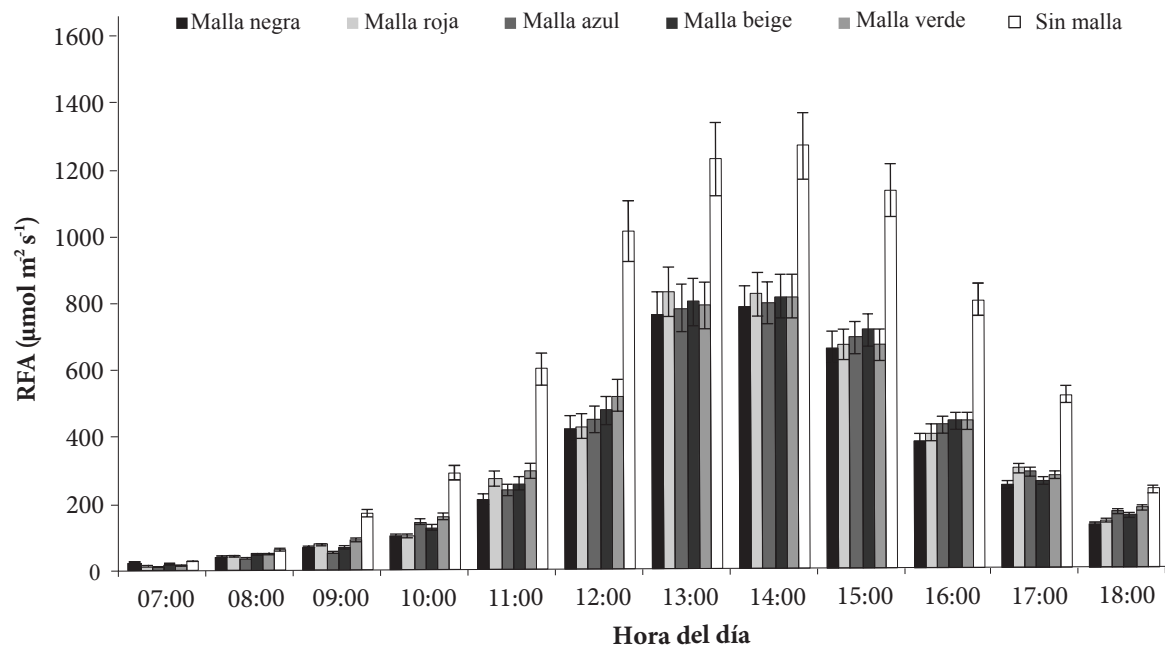


Figura 1. Radiación fotosintéticamente activa (RFA) recibida por las plantas de pimiento morrón cultivadas a cielo abierto (sin malla) y con mallas sombra. Promedios de ocho mediciones ± error estándar.

Cuadro 1. Promedios diarios de radiación fotosintéticamente activa integrada (RAFI), temperatura y humedad relativa durante el ciclo de cultivo de pimiento morrón, con y sin mallas sombra.

Tratamientos	RAFI (mol m ⁻² d ⁻¹)	Temperatura máxima (°C)	Humedad relativa (%)
Malla verde	15.43 ± 1.27 b [†]	34.6 ± 0.69 a	46.7 ± 1.91 ab
Malla roja	14.69 ± 1.56 b	34.3 ± 0.98 a	51.4 ± 2.02 a
Malla beige	14.98 ± 1.10 b	34.3 ± 0.52 a	51.8 ± 1.62 a
Malla azul	14.63 ± 1.21 b	34.3 ± 0.63 a	50.8 ± 2.14 a
Malla negra	13.73 ± 0.69 b	34.7 ± 0.58 a	39.9 ± 1.39 b
Sin malla	26.37 ± 0.92 a	35.2 ± 0.35 a	30.8 ± 1.62 c
DMSH	6.17	3.48	8.64

[†]Medias ± error estándar con la misma letra en una columna son iguales estadísticamente (Tukey, 0.05).

con los máximos valores de temperatura y radiación.

De manera general, las mallas propiciaron un incremento en la altura de las plantas de pimiento morrón (Cuadro 2), que según Salisbury y Ross (2000) es una respuesta a la reducción de la luz. Dicho efecto ocurrió de manera significativa con las mallas negra, beige, roja y verde, donde las plantas crecieron desde 23.1 % hasta 33.0 % más que las cultivadas a cielo abierto, alargamiento quizás debido al incremento en la proporción de luz roja lejana (RL) con respecto a luz roja (R) o azul (A) en la radiación transmitida por las mallas de colores rojo, naranja, amarillo o verde, como han señalado varios autores (Oren-Shamir *et al.*, 2001; Shahak *et al.*, 2004; Shahak *et al.*, 2008; Ayala-Tafoya *et al.*, 2011),

condiciones que promueven dicho efecto fotomorfogénico (Mortensen y Stromme, 1987; Rajapakse y Kelly, 1992), con la participación de giberelinas (AG) mediante la conversión de formas inactivas a formas activas inducidas por la luz RL y controlada por fitocromos (Hedden y Kamiya, 1997; Rajapakse *et al.*, 1999).

Bajo la malla azul las plantas crecieron 16 % más que a cielo abierto, pero 6.1, 6.9, 12.5 y 14.6 % menos que las cultivadas bajo las mallas beige, negra, roja y verde, respectivamente, lo cual concuerda con la respuesta de plantas de diferentes especies a la luz transmitida por mallas azules (Oren-Shamir *et al.*, 2001; Shahak *et al.*, 2004; Shahak *et al.*, 2008). Otros autores citados por Rajapakse *et al.* (1999),

también reportaron reducción de la altura ocasionada por la luz azul, ya sea transmitida por filtros espectrales de CuSO_4 , películas plásticas o materiales textiles de color azul, los cuales transmiten cocientes menores de luz RL:R o RL:A, o mantiene proporciones parecidas a las de la luz solar natural. A pesar del alargamiento del tallo, su grosor no fue significativamente diferenciado por las mallas sombra.

El tamaño de las hojas también fue significativamente influido por las mallas sombra (Cuadro 2), especialmente con las de color verde y rojo, las cuales propiciaron incrementos de 92.2 y 80.4 %, comparados con el área foliar de las plantas que crecieron a cielo abierto. Ésta también parece ser una respuesta a la reducción de la luz (Salisbury y Ross, 2000) y al incremento en la proporción de luz roja lejana con respecto a luz roja o azul que promueve la respuesta fotomorfogénica de expansión foliar (Mortensen y Stromme, 1987; Rajapakse y Kelly, 1992). Con la malla azul el área foliar fue menor que con las otras mallas cromáticas, pero estadísticamente igual que con la malla negra y que con las plantas cultivadas a cielo abierto. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Mortensen y Stromme (1987), Rajapakse y Kelly (1992) y Oren-Samir *et al.* (2001), quienes observaron plantas y hojas más compactas a cielo abierto y en ambientes enriquecidos con luz azul.

Si bien las condiciones de cultivo, con o sin malla som-

bra, no afectaron al número de frutos producidos por planta (Cuadro 2), sí causaron diferencias significativas en los rendimientos de pimiento morrón con calidad para exportación, total comercial y de rezaga (Cuadro 3). Así, con las mallas cromáticas se lograron rendimientos más altos de frutos con calidad de exportación, estadísticamente iguales entre sí, pero de 43 a 52 % mayores al rendimiento obtenido con la malla negra, y de 118 a 132 % superiores al conseguido a campo abierto sin malla sombra. Estos resultados fueron muy similares a los del rendimiento total comercial (exportación + nacional), ya que la proporción de frutos que no alcanzaron la calidad de exportación, pero tuvieron características adecuadas para el mercado nacional, fluctuó de 4 a 6 % en las mallas cromáticas, 7.4 % en la malla negra y 10.4 % en el tratamiento sin malla, aunque sin diferencias estadísticas entre los rendimientos correspondientes a estos valores (Cuadro 3).

Estos resultados son congruentes con los de Shahak *et al.* (2008), quienes utilizaron mallas “raschel” de colores rojo, amarillo y perla con 30 a 40 % de sombra, y obtuvieron rendimientos de pimiento morrón de 115 a 135 % más altos que los obtenidos con la malla negra del mismo nivel de sombra. Igualmente coinciden con los de Fallik *et al.* (2009), quienes encontraron que el pimiento morrón cultivado en una región árida con mallas sombra de color rojo y amarillo, tuvo rendimientos de fruto con calidad

Cuadro 2. Crecimiento y fructificación de plantas de pimiento morrón cultivado con y sin mallas sombra.

Tratamientos	Altura de planta (cm)	Diámetro de tallo (cm)	Área foliar [†] (cm ²)	Número de frutos / planta
Malla verde	84.6 ± 3.58 a ^{††}	1.57 ± 0.13 a	128.6 ± 5.83 a	14.0 ± 1.27 a
Malla roja	83.0 ± 3.52 a	1.51 ± 0.09 a	120.7 ± 4.73 ab	13.5 ± 1.56 a
Malla beige	78.3 ± 3.41 a	1.61 ± 0.09 a	105.4 ± 4.56 bc	14.9 ± 1.10 a
Malla azul	73.8 ± 3.87 ab	1.59 ± 0.06 a	85.4 ± 3.87 cd	13.8 ± 1.21 a
Malla negra	78.9 ± 3.00 a	1.44 ± 0.11 a	80.5 ± 3.58 d	11.9 ± 0.69 a
Sin malla	63.6 ± 2.66 b	1.65 ± 0.07 a	66.9 ± 3.81 d	14.0 ± 0.92 a
DMSH	14.04	0.49	22.59	6.17

[†]Promedio de hoja madura más reciente. ^{††}Medias ± error estándar con la misma letra en una columna son iguales estadísticamente (Tukey, 0.05).

Cuadro 3. Rendimiento de pimiento morrón cultivado con y sin mallas sombra.

Tratamientos	Rendimiento (t ha ⁻¹)			
	Total comercial	Exportación	Nacional	Rezaga
Malla verde	48.1 ± 2.54 a [†]	46.2 ± 1.85 a	1.87 ± 0.69 a	0.02 ± 0.002 b
Malla roja	48.5 ± 2.54 a	46.6 ± 1.56 a	1.90 ± 0.98 a	1.68 ± 0.40 b
Malla beige	50.4 ± 2.19 a	47.5 ± 1.67 a	2.88 ± 0.52 a	2.95 ± 0.52 b
Malla azul	47.3 ± 2.42 a	44.5 ± 1.79 a	2.84 ± 0.64 a	0.41 ± 0.06 b
Malla negra	33.6 ± 0.92 b	31.1 ± 0.81 b	2.49 ± 0.12 a	2.20 ± 0.12 b
Sin malla	22.8 ± 1.44 c	20.4 ± 1.10 c	2.38 ± 0.35 a	10.50 ± 1.50 a
DMSH	8.05	10.14	3.17	3.22

[†]Medias ± error estándar con la misma letra en una columna son iguales estadísticamente (Tukey, 0.05).

de exportación significativamente mayores en comparación con la malla negra del mismo nivel de sombreado. Los efectos ocasionados por las mallas sombra de colores sobre la RFA transmitida y el rendimiento de frutos concuerdan con los resultados de Retamales *et al.* (2008), quienes al comparar el rendimiento de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) obtenido bajo mallas de colores con respecto a un testigo sin malla, encontraron que con la malla blanca de 35 % de sombra, durante dos años los rendimientos se incrementaron en 90.5 y 44.6 %, con la malla gris 35 % de sombra los incrementos fueron de 59.6 y 24.9 %, y con la malla roja 50 % los rendimientos se incrementaron en 31.9 y 84.2 %.

Los rendimientos de pimiento morrón sin calidad comercial (rezaga) obtenidos con las mallas verde, roja, beige, azul y negra, fueron significativamente menores comparados con el que se obtuvo de las plantas cultivadas sin malla (Cuadro 3). Igualmente, las rezagas obtenidas con las mallas, comparadas con los respectivos rendimientos totales de frutos comerciales, constituyeron de 0.04 a 6.5 %, mientras que en el testigo sin malla la rezaga representó 46 %. Estos resultados comprobaron uno de los beneficios reconocidos al uso de las mallas sombra en el cultivo de pimiento morrón, que es el de reducir el daño por sol en los frutos, ya que en la producción de frutos de rezaga que se obtuvo con el tratamiento testigo predominó el fruto con golpe de sol (> 90 %). También Rylski y Spigelman (1986) indicaron que las mallas sombra redujeron la quemadura por sol en los frutos de pimiento morrón, desde 36 % a cielo abierto hasta 3 y 4 % con mallas de 26 y 47 % de sombra, respectivamente.

CONCLUSIONES

Las mallas sombra incrementaron significativamente la humedad relativa del aire, la altura y el área foliar de las plantas, sobre todo las cromáticas, comparadas con las respuestas medidas en el cultivo sin malla. Los rendimientos de pimiento morrón, total comercial y con calidad de exportación, obtenidos con las mallas beige, roja, verde y azul fueron mayores a los conseguidos en el testigo sin malla y en el testigo comercial con malla negra. En contraste, el cultivo sin malla propició la mayor producción de frutos sin calidad comercial (rezaga).

BIBLIOGRAFÍA

- Ayala-Tafuya F., D. M. Zatarain-López, M. Valenzuela-López, L. Partida-Ruvalcaba, T. de J. Velázquez-Alcaraz, T. Díaz-Valdés y J. A. Osuna-Sánchez (2011) Crecimiento y rendimiento de tomate en respuesta a radiación solar transmitida por mallas sombra. *Terra Latinoamericana* 29:403-410.
- Bastida T. A. y J. A. Ramírez A. (2008) Los Invernaderos en México. Universidad Autónoma Chapingo. México. 233 p.
- Castellanos J. Z. y M. Borbón C. (2009) Panorama de la horticultura protegida en México. In: Manual de Producción de Tomate en Invernadero. J. Z. Castellanos (ed.). INTAGRI. México. pp:1-18.
- Cruz H. N., F. Sánchez del C., J. Ortiz C. y M. del C. Mendoza C. (2009) Altas densidades con despunte temprano en rendimiento y período de cosecha en Chile pimiento. *Agricultura Técnica en México* 35:70-77.
- Devlin P. F., J. M. Christie and M. J. Terry (2007) Many hands make light work. *Journal of Experimental Botany* 58:3071-3077.
- Fallik E., S. Alkalai-Tuvia, Y. Parselan, Z. Aharon, A. Elmann, Y. Ofir, E. Matan, H. Yehezkel, K. Ratner, N. Zur and Y. Shahak (2009) Can colored shade nets maintain sweet pepper quality during storage and marketing? *Acta Horticulturae* 830:37-44.
- FAO (2007) Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. Roma. Italia. 117 p.
- FAOSTAT (2013) Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Disponible en <http://faostat.fao.org> (Marzo 2013).
- Ganelevin R. (2008) World-wide commercial applications of colored shade nets technology (Chromatinet®). *Acta Horticulturae* 770:199-203.
- García E. (2004) Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. UNAM. Instituto de Geografía. 5a ed. México. 90 p.
- Gruda N. (2005) Impact of environmental factors on product quality of greenhouse vegetables for fresh consumption. *Critical Reviews in Plant Sciences* 24:227-247.
- Hedden P. and Y. Kamiya (1997) Gibberellin biosynthesis: enzymes, genes and their regulation. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 48:431-460.
- Hemming S., N. Van der braak, T. Dueck, A. Elings and N. Marissen (2006) Filtering natural light at the greenhouse covering – Better greenhouse climate and higher production by filtering out NIR? *Acta Horticulturae* 711:411-416.
- Jaimez R., R. Da Silva, A. D'Aubeterre, J. Allende, F. Rada y R. Figueiral (2005) Variaciones microclimáticas en invernadero: efecto sobre las relaciones hídricas e intercambio de gases en pimentón (*Capsicum annuum*). *Agrociencia* 39:41-50.
- Jurado R. A. y M. N. Nieto Q (2003) El cultivo de pimiento bajo invernadero: In: Técnicas de Producción en Cultivos Protegidos. F. Camacho F. (ed.). Almería, España. pp:541-568.
- Leite C. A., R. M. Ito, G. T. C. Lee, R. Ganelevin and M. Â. Fagnani (2008) Light spectrum management using colored nets aiming to controlling the growth and the blooming of *Phalaenopsis* sp. *Acta Horticulturae* 770:177-184.
- Lorenzo P. (2012) El cultivo en invernaderos y su relación con el clima. *Cuadernos de Estudios Agroalimentarios (CEA)* 3:23-44.
- Matallana G. A. y J. I. Montero C. (2001) Invernaderos. Diseño, Construcción y Ambientación. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 209 p.
- Mortensen L. M. and E. Stromme (1987) Effects of light quality on some greenhouse crops. *Scientia Horticulturae* 33:27-36.
- Oren-Shamir M., E. E. Gussakovsky, E. Spiegel, A. Nissim-Levi, K. Ratner, R. Ovadia, Y. E. Giller and Y. Shahak (2001) Coloured shade nets can improve the yield and quality of green decorative branches of *Pittosporum variegatum*. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology* 76:353-361.
- Rajapakse N. C. and J. W. Kelly (1992) Regulation of chrysanthemum growth by spectral filters. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 117:481-485.
- Rajapakse N. C., R. E. Young, M. J. McMahon and R. Oi (1999) Plant height control by photosensitive filters: current status and future prospects. *HortTechnology* 9:618-624.
- Retamales J. B., J. M. Montecino, G. A. Lobos and L. A. Rojas (2008) Colored shading nets increase yields and profitability of high-bush blueberries. *Acta Horticulturae* 770:193-197.
- Rylski I. and M. Spigelman (1986) Effect of shading on plant development, yield and fruit quality of sweet pepper grown under conditions of high temperature and radiation. *Scientia Horticulturae* 29:31-35.
- Salisbury F. B. y C. W. Ross (2000) Fisiología de las Plantas 3: Desarrollo de las Plantas y Fisiología Ambiental. Ed. Paraninfo. México. 460 p.
- Shahak Y., E. E. Gussakovsky, E. Gal and R. Ganelevin (2004) Color-Nets: crop protection and light-quality manipulation in one

- technology. *Acta Horticulturae* 659:143-151.
- Shahak Y., E. Gal, Y. Offir and D. Ben-Yakir (2008)** Photosensitive shade netting integrated with greenhouse technologies for improved performance of vegetable and ornamental crops. *Acta Horticulturae* 797:75-80.
- SIAP (2013)** Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Disponible en <http://www.siap.gob.mx> (Marzo 2013).
- StatSoft (2004)** STATISTICA (data analysis software system), version 7. Tulsa, Oklahoma, USA.
- Tanny J. (2013)** Microclimate and evapotranspiration of crops covered by agricultural screens: A review. *Biosystems Engineering* 114:26-43.
- USDA (2005)** United States standards for grades of sweet peppers. Available at: <http://www.ams.usda.gov> (November 2012).