

INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN LA PRODUCCIÓN DE PLANTA DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.)

TECHNOLOGICAL INNOVATIONS IN THE PRODUCTION OF COFFEE PLANT (*Coffea arabica* L.)

Reyes-Landa, D.¹; Mercado-Mancera, G.²; Escamilla-Prado, E.^{3*}; Robledo-Martínez, J.D.³

¹Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230. ²Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Carretera Cuautitlán-Teoloyucan km 2.5, San Sebastián Xhala, Estado de México. C. P. 54740. ³Universidad Autónoma Chapingo. Centro Regional Universitario Oriente. Carretera Huatusco-Xalapa km 6, Huatusco, Veracruz. C. P. 94100.

*Autor para correspondencia: espreschoca@yahoo.com.mx

RESUMEN

La cafecultura en México tiene gran importancia y es considerada una actividad estratégica. Sin embargo, a partir del 2012 la producción nacional de café fue devastado por la afectación de la roya (*Hemileia vastatrix*). Ante esta situación se requiere propagar cafetos en forma masiva para la renovación de cafetales. Una propuesta innovadora es el establecimiento de viveros con malla sombra de color rojo, que sustituye a la tradicional de color negro. Esta propuesta se fundamenta en que la luz roja ocasiona mayor eficiencia en los cafetos en un rango de los 400 a los 700 nm. Sin embargo, existen resultados controversiales ante la falta de sustento experimental en México. Por tal razón, el objetivo de este trabajo fue analizar la producción de biomasa y su radiación fotosintéticamente activa (PAR) en plantas de café de variedad Geisha en vivero, bajo diferentes condiciones en colores de sombra, siendo éstas gris, azul, aluminizada, negra, perla y roja, en Huatusco, Veracruz. Las variables de respuesta fueron el peso de materia en base fresca y seca, así como la PAR. Los resultados indicaron diferencias significativas para las variables. Las mallas sombra de color perla y roja presentaron los valores más altos, con 12.3 g para peso fresco y 3.3 g en peso seco, tras siete meses de crecimiento. Los valores de PAR fueron de 855.3 $\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ y 796.24 $\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$, para estos tipos de sombra, respectivamente.

Palabras clave: Café, propagación en vivero, malla sombra roja, fotosíntesis.

Agroproductividad: Vol. 11, Núm. 4, abril. 2018. pp: 74-79.

Recibido: noviembre, 2017. **Aceptado:** abril, 2018.

ABSTRACT

Coffee growing in Mexico is of great importance and is considered a strategic activity. However, as of 2012, the national production of coffee was devastated by the affectation of rust (*Hemileia vastatrix*). In view of this situation, it is necessary to propagate coffee trees in a massive way for the renewal of coffee plantations. An innovative proposal is the establishment of nursery with red shadow mesh, which replaces the traditional black color. This proposal is based on the fact that red light causes greater efficiency in coffee trees in a range of 400 to 700 nm. However, results are controversial due to the lack of experimental support in Mexico. For this reason, the objective of this work was to analyze the production of biomass and its photosynthetically active radiation (PAR) in coffee plants of Geisha variety in nursery under different conditions in shade colors, being these gray, blue, aluminized, black, pearl and red, in Huatusco, Veracruz. The response variables were the weight of fresh and dry base material, as well as PAR. The results indicated significant differences for the variables. The pearl and red shades had the highest values, with 12.3 g for fresh weight and 3.3 g for dry weight, after seven months of growth. PAR values for plants growing under such shades were $855.3 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ and $796.24 \mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$, respectively.

Keywords: Coffee, nursery propagation, red shadow mesh, photosynthesis.

La renovación de cafetales se hace necesaria ante el panorama de cafetales defoliados que dejó esta enfermedad y aunado a esto, la innovación en la producción de plantas de calidad para tener plantaciones sanas, vigorosas, y capaces de producir altos rendimientos.

La calidad de las plantas es reflejo de una óptima producción de biomasa, la cual es resultado de la fotosíntesis. La fotosíntesis depende de una serie de factores externos e internos. Los factores internos son las características de hoja la acumulación de productos asimilados en los cloroplastos, disponibilidad de agua, entre otros. Entre los factores externos destaca la radiación, la cual se compone de tres propiedades: la calidad de luz, intensidad y duración. Solo una fracción de la radiación solar global es empleada en la fotosíntesis, conocida como radiación fotosintéticamente activa o PAR (por sus siglas en inglés) que abarca un rango de los 400 a 700 nm, el cual da esa eficiencia fotosintética (Castilla, 2007).

En este trabajo se buscó comparar el efecto de seis diferentes colores de sombra sobre el peso de materia en base fresca y base seca de plantas de café (*Coffea arabica* L.) variedad Geisha en relación con la radiación fotosintéticamente activa en etapa de vivero en Huatusco, Veracruz, para ofrecer recomendaciones en el manejo de la producción de plántulas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en terrenos experimentales del Centro Regional Universitario de Oriente (CRUO) de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), en el municipio de Huatusco, Veracruz, a $96^{\circ}57'$

INTRODUCCIÓN

La cafeticultura en México representa una importante actividad económica, ya que el aromático se comercializa en el mercado internacional y la exportación de café alcanzaba 897 millones de dólares al año, cifra que sólo era superada por el petróleo (Escamilla, 2014). Desde 1998, el sector cafetalero nacional enfrenta una crisis relacionada con la caída de los precios en el mercado internacional por una sobreproducción mundial (Centro de Estudios de las Finanzas Públicas, 2001). Para 2016, apenas alcanzó los 334 millones de dólares, y un 0.089 % en el valor de las exportaciones (OEC, 2016).

La crisis mundial del café ha repercutido en las regiones cafetaleras mexicanas, donde se observan problemas tanto sociales como pérdida de empleos, aumento de la migración, que traen consigo problemas económicos y ambientales por la tala de cafetales para cambio de cultivo, abandono de las plantaciones y por consiguiente una alta incidencia de plagas y enfermedades que afectan la calidad y rendimiento del grano como la broca (*Hypothenemus hampei*) y roya (*Hemileia vastratix*) (Aragón, 2006).

En especial, la roya ha tomado una importante relevancia, ya que ocasiona severos daños en las hojas de las plantas, disminuye su capacidad fotosintética y afecta los niveles de producción. Se estima que en América Latina, este hongo puede disminuir en un 30% la producción del aromático (Bonilla, 2018).

longitud oeste, 19°08' latitud norte, a 1,344 msnm. La zona de estudio se caracteriza por tener clima templado húmedo con la fórmula climática C(m)''b(i)g, con una temperatura media anual de 17.12 °C, el mes más caliente es mayo con 25.8 °C y el mes más frío es enero con 19.2 °C y un rango de precipitación de 1,100 a 1,600 mm anuales (Servicio Meteorológico Nacional, 2010). La variedad utilizada fue Geisha (*Coffea arabica* L.), material seleccionado el siglo pasado en Etiopía (León, 1962). Existe interés por esta variedad debido a sus características de resistencia moderada a la roya anaranjada (*Hemileia vastratix*), productividad y su excelente calidad en taza. Para establecer el experimento, en el mes de agosto del año 2015 se aplanó el terreno con maquinaria pesada y se procedió a la instalación de los módulos, iniciando con el trazado y la preparación de los hoyos donde van los postes que sostienen la estructura de la mallasombra y los hoyos donde se colocaron las mesas que soportan las charolas con las plantas. Luego se colocaron las mallasombras de manera aleatoria (Figura 1). Se prosiguió a la colocación de las mesas, con sus respectivos perfiles. Ya establecidos los módulos experimentales, en septiembre de ese mismo año se realizó la mezcla de sustrato, compuesto con: 22.58% de turba, 11.67% de

agrolita, 63.3% de lombricomposta, 0.97% de micorriza o turba y 1.45% de PSD.

Se utilizó un diseño experimental con distribución completamente al azar, con plantas de variedad Geisha, establecidas en contenedores con 40 cavidades, cada una con una capacidad de 400 mL.

Después de seis meses de establecido el experimento, se midieron las siguientes variables:

- i) Peso de material en base fresca total (g). Esta variable se evaluó al momento de que la planta estuvo en condiciones para trasplante al campo.
- ii) Peso de materia en base seca total (g): Se secaron las plantas que se pesaron en fresco, considerando la parte aérea y el sistema de raíz, en una estufa a 40 °C por 24 horas. Posterior a esto se obtuvo su peso en una balanza digital marca Esnova.
- iii) Se midió Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR) en plantas de cinco meses, a las 12 horas del día. Se utilizó un sistema portátil (CID Bio-science Inc.), de peso ligero, que contiene pantalla, teclado, memoria de datos, analizador de gas, sistema de control de fluido y batería (Figura 2).



Figura 1. Plantas de café con cuatro meses de crecimiento en los seis módulos experimentales.



Figura 2. Módulos empleados y medición de PAR en hojas de plantas de café en vivero.

Se realizaron los análisis de varianza y la prueba de separación de medias por el método de Tukey, a una significancia del 0.05, para las variables de estudio. Para ello se utilizó como herramientas una hoja de cálculo de Excel y el programa estadístico R Project versión 3.4.3.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Peso de materia en base fresca

Se consideró el peso fresco total de las plantas muestreadas por cada tipo de malla sombra evaluada (Figuras 3 y 4). El Cuadro 1 muestran los resultados del ANOVA, donde se aprecia que el efecto del color de la malla sombra sobre el peso en materia en base fresca es altamente significativa.

Para la prueba de comparación de medias por el método de Tukey (Cuadro 2), los resultados mostraron que las mallas de color perla y roja sobresalieron con respecto a los otros cuatro colores, con valores de 12.34 y 12.33 g, respectivamente. El promedio de peso fresco total de las mallas de color aluminizada, gris, negra y azul fueron de 10.49, 10.05, 9.82 y 9.75, respectivamente. Estos valores están relacionados con la Radiación Fotosintéticamente

Activa, presentada en el Cuadro 4, en el que se observan los valores más altos para las mallas sombras perla, roja y aluminizada, con valores de 855.3, 796.34, y 781.05 en $\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$, respectivamente.

Cuadro 1. ANOVA del efecto del color de malla sombra en el peso de materia en base fresca en toda la planta.

Fuente de variación	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	Fc	Ft
Entre grupos	5	29.66	5.93	10.48**	0.000
Dentro de grupos	18	10.19	0.57		
Total	23	39.85			

Cuadro 2. Comparación de medias por el método de Tukey para el color de malla sombra sobre el peso fresco promedio.

Color de malla	Peso Fresco Promedio (g)	Categoría Estadística
Perla	12.3	a
Roja	12.3	a
Aluminizada	10.5	b
Gris	10.1	b
Negra	9.8	b
Azul	9.7	b

Letras distintas en la columna de categoría estadística indican diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$).



Figura 3. Plantas de café de siete meses utilizadas para evaluar malla sombra, de módulos gris, aluminizado, y negro.



Figura 4. Plantas de café de siete meses utilizadas para evaluar malla sombra de módulos azul, rojo y perla.

Radiación Fotosintéticamente

Activa (PAR)

El ANOVA realizado para los valores de PAR en $\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$ muestra una diferencia significativa en los tratamientos (Cuadro 3), y de acuerdo con la prueba de comparación de medias por el método de Tukey (Cuadro 4), muestra los valores superiores en la malla sombra Perla y posiciona a la roja y aluminizada en el mismo grupo estadístico.

Peso de materia en base seca

Una vez determinado el peso fresco de las plantas se procedió a deshidratarlas y obtener así el peso seco total. Su determinación ayuda a comprender la eficiencia de los factores que influyen en la fotosíntesis. El crecimiento de las plantas está determinado por la fotosíntesis, y debido a esto existe una relación lineal entre la biomasa total acumulada y la cantidad de radiación fotosintéticamente activa. Para este caso, de acuerdo con el tipo de malla sombra evaluada, los resultados mostraron que la hay una diferencia estadística altamente significativa (Cuadro 5) y de acuerdo a la prueba de comparación de medias por el método de Tukey (Cuadro 6), las mallas de color roja y perla sobresalieron con respecto a los otros cuatro colores, con valores de 3.3 y 3.2 g, respectivamente. El promedio de peso fresco total de las mallas de color aluminizada, gris, negra y azul fueron de 2.4, 2.26, 2.41 y 2.31, respectivamente.

CONCLUSIONES

Para las variables respuesta, hay una diferencia estadística significativa en las que las plantas crecidas bajo la mallasombra perla y roja presentan superioridad a los cafetos que crecieron bajo las mallas de otros colores. Ya que la producción de biomasa puede ser explicada a través de la cantidad de radiación interceptada y la eficiencia con la que dicha radiación es transformada en biomasa, se puede concluir que las plantas bajo el color de mallasombra perla y roja presentan una mayor eficiencia fotosintética. Para las condiciones de Huatusco, Veracruz, se recomiendan un color de mallasombra perla o roja, ya que, en estas condiciones de humedad, temperatura, este color presenta mayor eficiencia fotosintética en las plantas de café propagadas en vivero.

Cuadro 3. ANOVA del color de la malla sombra sobre la PAR.

Fuente de variación	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	Fc	Ft
Entre grupos	5	1181886	236377	1.716*	0.179
Dentro de grupos	19	2616643	137718		
Total	24				

Cuadro 4. Prueba de Comparación de Medias por el método de Tukey para el color de la malla sombra sobre la PAR.

Color de malla	PAR ($\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$)	Categoría estadística
Perla	855.3	a
Roja	796.34	a
Aluminizada	781.05	a
Gris	702.2	ab
Negra	683.65	ab
Azul	251.26	b

Letras distintas en la columna de categoría estadística indican diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$).

Cuadro 5. ANOVA del color de la malla sombra sobre el peso en materia seca de plantas de café.

Fuente de variación	Gl	Suma de cuadrados	Cuadrado Medio	Fc	Ft
Entre grupos	5	4.11	0.82	25.38**	0.000
Dentro de grupos	18	0.58	0.03		
Total	23	4.7			

Cuadro 6. Prueba de Comparación de Medias por el método de Tukey para el color de la malla sombra sobre la PAR.

Color de malla	Peso Seco Promedio (g)	Categoría Estadística
Perla	3.3	a
Roja	3.2	a
Aluminizada	2.4	b
Gris	2.3	b
Negra	2.3	b
Azul	2.3	b

Letras distintas en la columna de categoría estadística indican diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$).

LITERATURA CITADA

- Aragón G.C. 2006. Cafecultura, inequidad y pobreza. Productores indígenas de café de la sierra nororiente de Puebla. Problemas y alternativas. CONACYT. Colegio de Posgraduados. 25 p.
- Bonilla A. 2018. Desarrollan sistema de vigilancia epidemiológica para cultivo de café. CONACYT. Consulta: 30 de marzo de 2018. <http://conacytprensa.mx/index.php/ciencia/ambiente/19135-sistema-vigilancia-epidemiologica-cafe>

- Castilla P.N. 2007. Invernaderos de plástico. Tecnología y Manejo. 2ª edición. España.
- Centro de Estudios de las Finanzas Públicas. 2001. El Mercado del Café en México. En: www.cefp.gob.mx/intr/edocumentos/pdf/cefpcefp0542001.pdf. Fecha de consulta el 14 de julio de 2015.
- Escamilla P.E., Castillo P.G., Díaz C.S. 2014. Veracruz, Agricultura e Historia. Aspectos agroecológicos del café en Veracruz. 172 p.
- León J. 1962. Especies y Cultivares de Café. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Turrialba, Costa Rica. 69 p.
- OECD. 2018. The Observatory of Economic Complexity. En https://atlas.media.mit.edu/es/visualize/tree_map/hs92/export/mex/show/0901/2016/. Fecha de consulta el 10 de febrero de 2018
- Servicio Meteorológico Nacional. 2010. SMN-Veracruz. En: http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=164&tmpl=component. Fecha de consulta el 1 de enero de 2018.

