

EFFECTO DE INTENSIDAD DE LUZ SOBRE LOS COMPONENTES DE MATERIA SECA EN BROTES DE NOGAL PECANERO (*Carya illinoensis* K. Koch)

LIGHT INTENSITY EFFECT ON PECAN TREE SHOOT'S DRY MATTER COMPONENTS (*Carya illinoensis* K. Koch)

E. Primero Sarmiento, J. G. Arreola Ávila

Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. UACH; Apartado postal No. 8, Bermejillo, Dgo. 35230 México

RESUMEN. Este estudio fue llevado a cabo en árboles de nogal pecadero en el 2003, en árboles de 20 años de edad, cv western, con el objetivo de evaluar el efecto del sombreado sobre el desarrollo de brotes de la estación. Brotes fructíferos y vegetativos de 7 cm de longitud, ubicados en la periferia de la copa de cinco árboles de nogal pecanero en producción fueron seleccionados, posteriormente se cubrieron con maya agrícol en inicio de desarrollo de fruto y endurecimiento de cáscara para disminuir la radiación fotosintéticamente activa (RFA) a 70%. Los tratamientos de RFA disminuyeron el peso seco de folíolos comparados con los de RFA total 100%. Se observó una mayor longitud y peso seco en brotes fructíferos.

PALABRAS CLAVE: Radiación fotosintéticamente activa (RFA), peso de foliolo, brote.

SUMMARY. This study carried out in pecan trees with the objective to evaluate shading effect on shoots developed during the seasonal growth. Fruiting and vegetative shoots of 7 cm length located in the canopy periphery of production pecan trees were randomly selected. Shoots were covered with mesh bags in fruit development and harding shell in order to reduce photosynthetically active radiation (PAR) to 70%, treatments of 70% PAR reduced dry weight of leaflets compared to total PAR 100% treatment. Higher shoot length and dry weight was observed in fruiting shoots.

KEYS WORDS: photosynthetically active radiation (PAR), leaflets, shoot.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción actual de nogal pecanero en México, son obtenidos en huertas cuyas densidades de plantación fluctúan entre 70 a 100 árboles por hectárea. Bajo estas condiciones presentan la limitante de una baja productividad que podría deberse a reducción de la luz en el interior de la copa. Esta reducción de incidencia luminosa limita el crecimiento de los brotes durante la estación, influyendo negativamente en el rendimiento, en la calidad de la nuez y contribuye al fenómeno de alternancia a través de los años.

En nogales en etapa de producción, el sombreado o la reducción de la luz en el interior de la copa se presenta

dentro del árbol, posteriormente entre árboles. El nivel de luz así como el tiempo y la variación durante la estación de crecimiento, depende del cultivar, poda y densidad de plantación así como de los factores ambientales y nutrimentales; mediciones de 30 a 40% de luz en el suelo entre árboles en pleno día puede ser satisfactorio para una óptima producción de cv. Western (Malstrom y Riley, 1982); aunque se ha establecido como regla un 50% de luz entre árboles para mantener un balance más adecuado de producción (Arreola, 2000).

El patrón de respuesta al sombreado es la disminución del crecimiento de los brotes y la tendencia hacia la reducción en la producción, consecuencia del sistema de manejo o condiciones ambientales que imponen

iluminación inadecuada (Arreola, 1990). Por consiguiente, la calidad de los brotes fructíferos y vegetativos la cual puede expresarse en su longitud (Sparks, 1988), su relación área folia con número de fruto y su eficiencia fotosintética (Wood, 1991), no solo influye sobre la producción del año, sino sobre la producción irregular en los años posteriores (Mc Eachern, 1981).

La luz tiene influencia sobre algunos componentes de rendimiento en frutales. Sparks, (1974) menciona que el sombreado redujo la retención de los frutos, su tamaño y el porcentaje de materia seca en el año de incidencia de éste. También redujo la formación de la yema floral (diferenciación) y tuvo una influencia residual adversa sobre el porcentaje de flores que amarraron fruto al año siguiente.

Brotos de la estación de crecimiento que han crecido en la parte apical tienden a incrementar su longitud así como un aumento de peso, respecto a brotes localizados en el interior de la copa como respuesta a un mayor cantidad de radiación fotosintéticamente activa (RFA) interceptada (Arreola, 2000).

La variación de la intensidad luminosa en el interior de la copa del árbol reduce la diferenciación de brotes, número de frutos, tamaño y color mismo, en la mayoría de cultivos perennifolios (Malstrom y Mc Means, 1982). La reducción de luz en el interior de la copa afecta con un descenso en la cantidad y calidad de la producción y repercute en los ciclos subsiguientes, el sombreado reduce la disponibilidad de fotosíntesis para crecimiento y desarrollo y se establece una competencia entre frutos y brote por reservas disponibles y son inhibitorios o competitivos ya que reducen la formación de yemas fructíferas (Andersen, 1994).

La radiación fotosintéticamente activa (RFA) es un importante factor que afecta la fotosíntesis y por consecuencia la producción de materia seca en los

diferentes sistemas de producción de huertas de nogal pecanero. Por lo tanto la producción de materia seca depende en gran medida de la intercepción de la RFA (Arreola, 2000). Basados en estas consideraciones, el objetivo del presente estudio fue el evaluar el efecto que tiene el sombreado, sobre la producción de materia seca en brotes de diferente tipo, desarrollados durante la estación en árboles adultos de nogal pecanero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del sitio de estudio

El estudio se llevo a cabo durante el año 2003 en una huerta comercial de nogal pecanero de 20 años de edad cv. Western, establecido en Lerdo Dgo., México. Plantados a una distancia de 10m X 10 m entre árboles en sistema de marco real sin problemas de sombreado, e injertados sobre patrones provenientes de materiales criollos.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con arreglo de tratamientos factorial 2x3, con submuestreo. Los factores considerados fueron tipo de brote con dos niveles: brote vegetativo y brote fructífero, el otro factor correspondió a tres niveles de sombreado. Dando como resultado 6 tratamientos por árbol, con cinco repeticiones. Fueron seleccionados al azar cinco árboles representativos de la huerta. Los niveles de sombreado se aplicaron sobre brotes seleccionados al azar, de 7cm de longitud aproximadamente, localizados en la periferia de la copa a una altura aproximada de 3 m. Cinco brotes de diferente tipo conformaron la unidad experimental.

Los gradientes de sombreado se aplicaron en la fecha y etapa fenológica presentada en el Cuadro 1. Bolsas de tela de agribol previamente preparadas en función a la expansión que pudiese tomar el brote durante su desarrollo, fueron preparadas con anticipación. Los gradientes de sombreado se efectuaron cubriendo los brotes seleccionados.

Cuadro 1. Fechas de aplicación de los niveles de luz en brotes de nogal

Gradiente de sombreado	Fecha de aplicación	Etapa fenológica correspondiente	Total en días
Plenitud de luz	26 de Mayo 2003	Desarrollo del fruto	138 L
Sombreado continuo	26 de Mayo 2003	Desarrollo del fruto	138 SL
Sombreado alterno	01 de Agosto 2003	Inicio de llenado de almendra	45 L

L= Luz

SL= Sin luz

Determinación del nivel de luz

Para determinar el porcentaje de la luz incidente en brotes ubicados en la periferia de la copa del árbol. Se realizó una lectura fuera de la periferia de la copa del árbol a plena luz a medio día (100% de luz) utilizando un sensor de luz (LICOR S-490). La lectura obtenida fue de $1\ 800\ \mu\text{mol m}^{-2}\ \text{s}^{-1}$, también se efectuó una lectura dentro de la bolsa de tela de agribol, siendo de $1\ 250\ \mu\text{mol m}^{-2}\ \text{s}^{-1}$. Se considero la relación entre la lectura tomada dentro y fuera de la bolsa de tela de agribol. Concluyendo que dicha reducción correspondía a un 30% de la PAR.

Variables evaluadas

Área foliar. Para evaluar el área foliar por brote las hojas fueron desprendidas del brote, y posteriormente se extendieron totalmente sobre el medidor de área foliar cuyos componentes son: cámara WV- 1410, monitor Ikegami PM- 930 REV. E Type II, calibrador DELTA- T DEVICES, AM 0664, cuya lectura la reporta en cm^2 .

Peso de hojas. En el peso total de hojas por brotes, fueron sometidos a secado por 24 hrs a 65°C en estufa VWR 1685.

Longitud de brote. Una vez colectados los brotes y transportados al laboratorio se midió la longitud de brotes vegetativos desde la base del crecimiento de la estación hasta la yema apical y brotes fructíferos, desde la base del brote, hasta el inicio del pedúnculo del racimo, con una regla graduada en mm.

Peso de brote. Los brotes tanto fructíferos como vegetativos fueron separados y metidos a la estufa por 24 horas a 65°C para pesarse con una balanza granataria. Scout, capacidad 200 x 0.01 gr.

Área foliolo. Fue realizada en el par de foliolos de la parte media de los brotes, se utilizó un medidor de área foliar.

Peso foliolo. Para determinar el peso seco, los foliolos fueron separados del brote, introducidos a la estufa a una temperatura de 65°C por 24 horas y pesados con una balanza analítica. Santorius GMBH Type A200S.

Peso específico de foliolo. Del tercer par de foliolos desarrollados en la parte media del brote; se tomaron con un sacabocados, 10 discos de 5 mm de diámetro aproximadamente (con un área total de las unidades de $1.963495\ \text{cm}^2$)

Se introdujeron a la estufa de secado con una temperatura de 65°C o por 24 horas, para pesarse posteriormente con una balanza analítica.

Componentes de fruto. Esta determinación se realizó sometiendo los frutos con sus componentes como ruezno, cáscara y almendra a una estufa de secado

por 24 horas a 65° para determinar el peso seco usando una balanza granataria.

Peso seco de rueznos. Los rueznos fueron desprendidos de los frutos y pesados.

Peso seco de cáscara. Una vez separada la cáscara del fruto se sometió al pesaje.

Peso seco de almendra. La almendra fue separada de cáscara y se determinó el peso.

Método de análisis

Para cada uno de los componentes del brote, se realizó un análisis de varianza individual para las variables respuestas. Utilizando la prueba de "F" con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

Además se uso la prueba de Tukey con $\alpha = 0.05$ como prueba de rango múltiple para comparar las medias de tratamientos que resultaron significativas en la prueba de "F".

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Componentes del brote. Para las variables área total de brote y peso, así como área de foliolo, no existió respuesta debido al gradiente de luz y el tipo de brote.

Área foliar y peso de hojas.

En el análisis de varianza realizado de manera separada para ambas variable, no mostró significancia estadística. Este comportamiento pudo deberse en parte a que el sombreado del 30% no fue suficiente para ejercer efectos para ambas variables. Por lo que se deduce que no existió una respuesta notable por efecto de los tratamientos de sombreado, así como por el tipo de brote Por lo que es posible que sometiendo las hojas a un estrés mayor de sombreado, o en etapas fenológicas anteriores tenga una respuesta notable en su área foliar así como acumulación de peso a nivel de brote. A partir de establecido el sombreado, una reducción de la luz y variación de la misma a nivel de brote puede afectar otros componentes.

Área de foliolo

Se obtuvieron del tercer par de foliolos ubicados en la tercera hojas. En esta posición se ubican hojas que han alcanzado la madurez y tienen mayor fijación de CO_2 (Sparks y Davis, 1974).

El diferente gradiente de RFA no afecto esta variable, por lo que es de suponerse que la expansión de la lamina foliar, no es un buen indicador de la mayor tasa fotosintética. Aunque se observo que las hojas expuestas a diferente intensidad y periodo de RFA, determina el grado de madurez y la acumulación de peso seco (Andersen, 1994).

Peso de foliolo

Las diferencias estadísticas de gradientes de luz, en hojas bien iluminadas mostrando que tiene mayor peso acumulado, hojas en condición de sombreo alterno también mejoran su eficiencia. Correspondiendo a la menor acumulación de peso foliolos que fueron sometidos a periodos de sombreo continuo. Como se puede observar en el (Cuadro 1).

Cuadro 1. Prueba de Tukey para la variable peso de foliolo.

Gradientes de sombreo	Valores	Grupo
Plenitud de luz	0.34556	A*
Sombreo alterno	0.31794	AB
Sombreo continuo	0.2955	B

R. 0.445056 C. V. 12.7048

*Tratamientos con la misma letra entre columnas son estadísticamente iguales ($\alpha = 0.05$).

El efecto indirecto de la luz es acelerar el desarrollo de la hoja. La luz asociada con regulaciones internas incrementan la actividad fotosintética de la hoja, con ella una mayor ganancia de peso seco (Mielke, 1981). Las variaciones de la luz que presentan las hojas durante el día y durante la estación, determina la plasticidad para adaptarse a las condiciones de luminosidad. Sin embargo, ésta plasticidad implica un gasto energético, que finalmente repercute en la acumulación de peso seco total (Lasko y Seeley, 1978). como se muestran en estos resultados.

Peso específico de foliolo

El peso específico en mg/cm^2 de los foliolos, manifestó una respuesta solo al tipo de brote. Las secciones de hojas correspondientes a los brotes vegetativos tuvieron mayor peso. En el (Cuadro 2), se muestran algunos valores para dicha variable, y en la parte inferior se muestran los indicadores del coeficiente de determinación (R) y el coeficiente de variación (C. V.).

Cuadro 2. Valor de las medias para la variable peso específico de foliolo de nogal

Tipo de brote	N obs	Media mg/cm^2	Desv. estándar	Mínimo mg/cm^2	Máximo mg/cm^2
Fructífero	75	23.92	3.1087	0.0128	0.0303
Vegetativo	75	27.0	7.5741	0.0190	0.0862

R. 0.408737 C. V. 9.958902

El contenido del (Cuadro 2), es una consecuencia de que los brotes fructíferos deben ser más eficientes en la fijación de CO_2 , a pesar de tener un mesófilo menos denso, al considerar el gasto energético impuesto por el fruto como zonas de demanda (Andersen, 1994; Thompson y Grauke, 2003). La función de los componentes del fruto es establecer una mayor presión de flujo por fotosimilados hacia estos. Esto explicaría que el bajo peso específico en foliolos maduros de brote fructífero tenga una mayor presión respecto a foliolos vegetativos (Wood y Mc Means, 1981).

Longitud de brote

En esta prueba resulto ser significativa para el factor tipo de brote. En el (Cuadro, 3) se muestran algunos valores por tipo de brote

Cuadro 3 Valores medios, para la variable longitud de brote de nogal

Tipo de brote	N Obs.	Media cm.	Desv estándar	Mínimo cm.	Máximo cm.
Fructífero	75	11.3504	1.4621138	7.5	15.3
Vegetativo	75	10.6	1.9557953	6.5	17

R. 0.510236, C. V., 8.398754

Las longitudes alcanzadas en brotes fructíferos son consideradas dentro del rango para volver a diferenciar al siguiente ciclo (Arreola, 1990). Rangos ideales son aquellos que están entre 25 – 35 cm (Malstrom y Mc Means, 1982). El tipo de brote de la estación de crecimiento, con longitudes alcanzadas entre 12 –15 cm ubicadas en la periferia de la copa pueden ser potencialmente igual de productivas en el amarre del número de frutos respecto, a mayores longitudes que están ubicadas hacia en interior de la copa.

Peso de brote

El peso seco de brote fue afectado de forma significativa, por el tipo de brote, manifestando en brotes fructíferos una mayor acumulación en peso. En el (Cuadro 4) se muestran los valores correspondientes.

Cuadro 4. Valores medios, de peso seco de brote de nogal.

Tipo de brote	N Obs.	Media cm	Desv. estándar	Mínimo	Máximo
Fructífero	75	1.2069	0.3242	0.70	2.28
Vegetativo	75	1.0560	0.3692	0.54	2.51

R. 0.470277, C.V. 17.4775

Los resultados incluidos en el anterior Cuadro 3, muestran que brotes fructíferos son más eficientes (Mielke, 1981); tanto para producir fotoasimilados a nivel de brote y componentes del fruto (Sparks, 1974). La acumulación del peso seco en brotes, expuesto a luz respecto sombreado está estrechamente relacionado con el tipo de carbohidratos acumulados (Wood y Mc Means, 1981).

Resultados en los componentes de fruto

Con la información obtenida de los datos, y su respectivo análisis. Se concluye que no existe influencia significativa de los tratamientos de luz en el fruto, en la acumulación de peso seco de las variables (peso de ruzno, largo y ancho de fruto, peso de cáscara, peso de almendra y peso de fruto), durante el tiempo de mayor demanda de carbohidratos. Sin embargo, no se descarta la posibilidad de existir diferencias en calidad de fruto, en parámetros de color y sabor de almendra (Malstrom y Riley, 1982), los cuales no fueron determinados para este trabajo.

Los componentes del fruto están estrechamente ligados a la actividad de las hojas del brote. Hojas que han alcanzado su madurez se mantiene en este lapso por 30 días (Mielke, 1981) y desprendiéndose del brote antes que hojas expuestas a sombreado, en consecuencia la eficiencia mejora en hojas sombreadas al existir una mejor distribución y penetración de la luz durante la estación de crecimiento (Andersen, 1994). De esta forma la actividad fotosintética se mantiene en balance y funcionalmente productiva durante la estación de crecimiento con lo cual los componentes de fruto son abastecidos de carbohidratos hasta la cosecha (Wood, 1991; Mc Artney y Ferre, 1999).

CONCLUSIONES

Los respectivos componentes del brote en peso seco, no fueron afectados de forma significativa por los gradientes de luz impuestos.

La producción de materia seca del fruto y sus componentes no fue afectada de forma significativa, por el estrés impuesto por el sombreado.

La producción de materia seca fue mayor en brotes fructíferos

Los resultados encontrados en este estudio indican que el gradiente de sombreado del 30%, no tiene efecto significativo en el desarrollo de brotes durante la estación. Sin embargo, el estrés causado por el sombreado puede tener un efecto residual o acumulativo a través de los

próximos ciclos, afectando por consecuencia los componentes de crecimiento y rendimiento en los brotes estacionales.

LITERATURA CITADA

- Andersen, P. C. 1994. Lack of sunligh can limit pecan productivity Sotheastern U.S. The pecan grower. Georgia Pecan Gro. Assoc. Inc. 6(2):20-21.
- Arreola A., J. G. 1990. Tipo y vigor de ramas y su aplicación en la producción del nogal pecanero. *In*: Resumen XVIII Congreso Nacional de fitogenética. Cd. Juárez. Chih.
- Arreola A., J. G. 2000. Manejo de la luz en huertas adultas de nogal pecanero (*Carya illinoensis* K. Koch). *In*: Memorias 4^{to} día del Nogalero. Unión de Nogaleros del Edo. De Chihuahua. Cd. Delicias, Chih. Pp 36-44.
- Lasko, N. A. and Seeley, J. E. 1978. Environmentally induced resposes of apple tree photosynthesis. Hort Sciencie. Vol. 13 (6):
- Malstrom, H. L. and Mc Means, C. 1982. Shoot length and previous fruiting affect subsequet growth and nut production of Moneymarker pecan. HortSciencie. 17(6):970-971.
- Malstrom, H. L. and Riley. D. T. 1982. Continuous hedge prunig affects light penetration, and nut production of western pecan trees. The Pecan Quarterly; 16 (3): 5 –15.
- Mc Artney, J. S. and Ferre, C. D. 1999. Shading effects on dry matter partitioning, remobilization of stored reserves and early season vegetative development of Grapevines in the year after treatment. J. Amer. Soc. Hort. Sci 124 (6): 591-597.
- Mc Eachern, G R. 1981. Pecan growt and development and how it interacts wint alternate bearing. Texas Pecan Orchard Management Shortcourse. p. 15-16.
- Mielke, E. A. 1981. Effect of stress on pecan photosynthesis. *In*: XV Ann Conf. Western pecan Gro. Assn. Proceedings. N. Mex. Sta. Univ. Coop. Ext. Serv.
- Sparks, D. 1974. the alternate fruit bearing problem in pecan. 65th Annual Report of the Nortern Nut Growers Association. p. 145-156.
- Sparks, D. 1988. Shoot length influences Production and abortion of Pistillate Flowers. Pecan Sowth. 22(6): 12-16.
- Sparks, D. and Davis, T. J. 1974. Alternate fruit bearing. The Pecan Quarterly. Vol. 8, (4): 20-28.
- Thompson, T. E. and Grauke, L. J. 2003. Pecan tree growth and precocity. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 128 (1): 63-66.
- Wood, B. 1991. Sunlight and nut production patterns of pecan. 84th Ann. Conf. South. Pecan Grow. Assn. Proc. p. 92-100.
- Wood, B. W. and Mc Means L. J. 1981. Carbohydrate changes in various organs of bearing and nonbearing pecan trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106(6): 758-756.

