

# EFECTO DE NIVELES DE RADIACIÓN FOTOSINTÉTICA SOBRE LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA EN ARBOLES DE NOGAL PECANERO [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch]

G. Gómez Jiménez, J. G. Arreola Ávila, R. Trejo Calzada, A. Flores Hernández

Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas. UACH. Bermejillo, Dgo. Méx.

**RESUMEN.** El objetivo fue evaluar el efecto del sombreado sobre el crecimiento en árboles de nogal pecanero de dos años de edad. Se establecieron cuatro tratamientos completamente al azar de sombreado mediante el uso de mallas de diferente calibre, las cuales filtraron 15, 30 y 60% de radiación fotosintéticamente activa (RFA), incluyendo un testigo que recibió el 100 % de RFA. Los resultados indican que la longitud y el diámetro del tallo disminuyeron, debido al estrés impuesto por el sombreado. Los diferentes gradientes de sombreado también disminuyeron el área foliar y el peso seco de hojas hasta en 50 y 73%, cuando la luz se redujo del 100 al 15% respectivamente. Este efecto negativo también se observó en la raíz al reducirse significativamente su longitud y peso seco, particularmente cuando la intensidad de luz disminuyó a partir de valores de 60 %. El peso seco de los árboles disminuyó 24%, cuando el nivel de luz bajó de 100 a 60%. Sin embargo cuando el nivel de sombreado se incrementó al 85%, se observó una disminución del 60% en peso seco. Los resultados obtenidos, indican que el sombreado tiene un efecto negativo sobre el crecimiento y producción de biomasa en nogal, siendo negativamente afectados cuando se imponen gradientes de sombreado a partir de 40% del mismo.

**Palabras Clave:** radiación fotosintéticamente activa, biomasa, crecimiento y peso seco.

**SUMMARY.** The objective of this study was to evaluate the effect of shading on the growth of two year old pecan trees. Four completely random treatments of shading were established using meshes which filtered 15, 30 and 60% of photosynthetically active radiation (PAR), including the control (100% PAR). Shading stress reduced shoot length and diameter. Shading gradients also reduced foliar area and dry weight of leaves at values of 50 and 73% when PAR was reduced from 100 to 15% respectively. This negative effect was also observed in length and dry weight of root, particularly, when PAR level was 70% or less. Both dry weight of trees was reduced 24%, respectively when PAR decreased from 100 to 60%. However, a reduction of 60% in dry weight was observed when shading was increased to 85%. The results in this study indicate the negative effect caused by shading on growth and biomass production, especially when shading gradients are higher than 40%.

**Key Words:** Photosynthetically active radiation, biomass, growth and dry weight.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen varios países productores de nuez, dentro de los cuales Estados Unidos de Norteamérica ocupa el primer lugar con una producción de 113 mil toneladas anuales, que representan el 78.6 % de la producción mundial; le sigue México con 19.6 % (28,274 ton.) Australia, Israel y Sudáfrica que aportan el 1.8 % restante.

En México existen aproximadamente 60 mil hectáreas de nogal pecanero [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch]. Esto lo convierte en el segundo país productor del mundo. Los principales estados productores son Chihuahua, Coahuila, sonora, Nuevo León, Durango; que representan casi el 93 % de la producción nacional y en menor importancia: Aguascalientes, Hidalgo, Guanajuato, San Luis Potosí, Jalisco, Tamaulipas y

Oaxaca. Se producen alrededor de 49 mil toneladas anualmente, con un rendimiento promedio nacional de 1.16 ton/ha (SAGAR, 1998).

El nogal es la segunda especie frutícola mas importante económicamente en la Comarca Lagunera, con una superficie cultivada de 7120 hectáreas (SAGAR, 1998). La intercepción de luz es un importante factor que afecta la fotosíntesis y la producción de materia seca en árboles frutales. El nogal pecanero requiere adecuada cantidad de luz para lograr una óptima tasa fotosintética. Este requerimiento de elevada intensidad luminosa, supera al mostrado por otros frutales: como se ha encontrado, que bajo condiciones de luz limitada esta actividad fisiológica disminuye notablemente, por lo que el nogal pecanero es considerado como un frutal poco tolerante al sombreado (Arreola, 2001).

Se documentan resultados donde se muestran los niveles de sombreado que afectan el crecimiento de los árboles de esta especie. Esto es digno de tomarse en consideración, a fin de evitar tener estos niveles de sombreado en huertas de nogal pecanero y poder optimizar el crecimiento y la producción a través de prácticas culturales, considerando las necesidades de radiación.

El objetivo fue evaluar el efecto que tiene el sombreado sobre el crecimiento y producción de biomasa en árboles de nogal pecanero y conocer la respuesta de los árboles que se desarrollan bajo diferentes gradientes de RFA. Así como contar con información sobre el efecto estresante que tiene la disminución de RFA sobre nogales y que sea de utilidad para el productor.

La importancia del estudio radica en el norte de México se tiene una superficie de 60,000 ha. plantadas con nogal pecanero, predominando las densidades de plantación de 100 árboles/ha (Anónimo, 1994).

La intercepción de la radiación solar aumenta conforme la copa de los árboles se expande. Este incremento en área foliar, una buena distribución de luz en la copa del árbol, aunado a un incremento en la eficiencia de la hoja, presenta un importante factor en la producción de fotosintatos, y consecuentemente en el desarrollo del árbol (Wood, 1996).

Conforme las huertas entran en edad, la formación de nuevo follaje, y el entrecruzamiento de ramas entre árboles vecinos, reducen la penetración de luz en el interior de la copa (Arreola *et al.*, 1999), afectando notablemente la actividad fotosintética de la misma (Malstrom y Riley 1982). Una característica que tienen las hojas del nogal es que requieren altas intensidades de luz para operar a su máxima capacidad fotosintética (Worley, 1978; Wood, 1996). Por lo que el nogal es considerado como una especie que presenta baja tolerancia al sombreado. Resultados de investigación indican que en árboles de nogal pecanero en producción, las hojas localizadas en la periferia de la copa, bajo condiciones ilimitadas de luz, alcanzan su máxima tasa fotosintética bajo una intensidad de radiación fotosintética activa (RFA) de 1700 mmol m<sup>-2</sup>seg<sup>-1</sup>, que equivale al 75% aproximadamente de luz total (Andersen, 1994). Sin embargo las hojas localizadas en el interior de la copa presentan puntos de saturación cuando la intensidad de la luz total es de 66%, presentando menor fotosíntesis debida a la baja incidencia de luz en estas áreas del árbol (Andersen, 1994). Esta condición trae como consecuencia que las ramas inferiores sean superadas en crecimiento por aquellas que reciben luz a plenitud. Consecuentemente la baja tasa fotosintética, la disminución en el

crecimiento del brote de la estación y baja producción en el número de frutos es de esperarse (McEachern y Zajiceck, 1996; McEachern, 1996; Herrera, 1996). Por lo tanto cualquier factor externo que limite el crecimiento del brote puede afectar negativamente su crecimiento y producción.

La máxima tasa fotosintética que presentan las hojas de nogal es de 12 mg de CO<sub>2</sub>/dm<sup>2</sup>hr<sup>-1</sup> cuando la intensidad luminosa alcanza aproximadamente ¾ partes de la radiación solar (Malstrom y Riley 1982). Mientras que en manzano esta actividad fotosintética se ha encontrado donde las hojas son saturadas de 700 a 1000 mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> de RFA o 36 a 40% de luz total (Rom, 1991). Información generada en este frutal indica que el 30% de radiación total es considerada como el mínimo nivel de luz deseado dentro de la copa del árbol para una buena producción de fruto de calidad y el mantenimiento de la producción de yemas florales así como un buen crecimiento de brotes vegetativos y fructíferos (Curry, 1991). Ya que los brotes que se desarrollan bajo una incidencia de luz de 25%, presentan una disminución en su tasa fotosintética de 30 a 40%. En huertas adultas, de nogal pecanero la luz es efectiva principalmente en la periferia de la copa (capa de follaje de 1.5 m de espesor aproximadamente) localizada particularmente en el tercio superior del árbol (Wood, 1996). Esta área representa aproximadamente el 20% del volumen total de la copa. El porcentaje de luz disminuye del 60% a partir de esta capa a 2% en el área mas interna de la misma (Arreola, 2001). Bajo estas condiciones de luminosidad, se asume que existe una gran proporción del volumen de la copa, en el cual el follaje no tiene la capacidad de producir ni los azúcares que este consume durante la estación. Consecuentemente el crecimiento y la capacidad productiva del árbol van disminuyendo, y la alternancia incrementando.

Un aspecto importante en nogal pecanero es la determinación de la cantidad de luz limitante en el crecimiento. Esto permitirá la implementación de estrategias en el manejo de las huertas para mantener la productividad de las mismas. En esta especie existe poca información relacionada con el efecto que tiene el sombreado sobre componentes de crecimiento.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización del experimento.** El presente estudio se llevo a cabo en el vivero de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas (URUZA) de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), localizada en el paralelo 25° 52' 28" latitud Norte y los 37° 07' longitud Oeste de Meridiano de Greenwich, con una altitud de 1119 m.s.n.m ubicada a 3 Km de la ciudad de Bermejillo, Dgo.

**Clima.** La región esta comprendida entre las del clima caliente, seco desértico con un régimen de lluvias en verano y su temperatura media anual oscila entre los 19 y 21°C, y con un promedio de las temperaturas máxima y mínima de 29 y 11°C, respectivamente (García, 1998 citados por Martínez, 2001).

**Suelo.** Los suelos de la región, de acuerdo con su formación se pueden dividir en tres grupos:

A) Suelos aluviales recientes de perfil ligeros, cuya textura varía de migajón arenoso a arenas.

B) Suelos correspondientes a últimas disposiciones, arcilloso en su mayor parte y con mal drenaje.

C) Suelos de características intermedias, entre los dos citados anteriormente; es decir que su perfil es variable, entre arcillas y migajón arenoso (Ríos, 1997).

#### **Tipo de material vegetativo utilizado**

Se utilizaron árboles de nogal de dos años de edad, provenientes de semilla, germinadas en macetas de 4.5 kg aproximadamente. Se utilizó un sustrato de suelo tipo arenoso. Esta actividad se realizó en el INIFAP de Matamoros, Coah., y las macetas fueron transportadas al vivero de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas.

#### **Diseño experimental y tratamientos**

El diseño experimental que se utilizó fue completamente al azar con cuatro tratamientos, dos repeticiones y submuestreo de 10 muestras por unidad experimental. Los tratamientos aplicados consistieron en: testigo sin sombreado, 60% de radiación 30% de radiación y 15% de radiación. Para aplicar los tratamientos, los árboles fueron agrupados en cuatro grupos, un grupo denominado testigo que recibió el 100% de luz, el segundo grupo se estableció bajo una malla de calibre 1.2 mm la cual permite pasar 60% de la radiación solar, el tercero se estableció bajo una malla de calibre 0.6 mm que permite pasar 30 % de la radiación solar, y el cuarto grupo se expuso al 15% de radiación para lo cual se dobló la malla de 0.6 mm. Los tratamientos de sombreado fueron establecidos por cinco meses de Junio a Octubre del 2003.

#### **VARIABLES EVALUADAS**

**Longitud de tallo (cm).** Al final de los tratamientos se evaluó la longitud de los árboles. Esta variable se determinó a partir de la yema apical hasta el nivel del suelo de la maceta utilizando una regla graduada en cm.

**Diámetro de tallo (mm).** El diámetro del tallo se determinó a 5 cm de altura a partir del suelo, con un vernier metálico.

**Área foliar (cm<sup>2</sup>).** En el laboratorio a cada árbol se le eliminaron las hojas simples y las hojas compuestas, posteriormente se determinó el área foliar utilizando un medidor de área foliar que mide el área en cm<sup>2</sup> (Área meter MK2, Ikegami).

**Peso seco de hojas (gr.).** Las hojas fueron separadas del árbol, colocadas en bolsas de papel e identificadas, e introducidas a la estufa por 24 horas a temperatura de 75°C, una vez retiradas de la misma se determinó su peso seco usando una balanza granataria.

**Longitud de raíz (g).** Después de que los árboles fueron extraídos del cepellón, la longitud de la raíz se determinó a partir del cuello de la raíz hasta el ápice de la raíz principal, usando una regla.

**Peso seco de raíz (g).** Esta variable se determinó después de que las raíces fueron retiradas de la estufa, a la temperatura a la cual se sometieron las hojas, obteniendo el peso seco en la balanza granataria.

**Peso seco del árbol.** Las partes de los árboles (raíz y hojas) después de sacarlas de la estufa de secado se agruparon para obtener el peso seco total por planta, usando la balanza.

**Análisis estadístico.** Las variables evaluadas fueron analizadas mediante el paquete estadístico SAS 1998 (Statistical Analysis System). Para todas las variables que se registraron se llevó a cabo un análisis de varianza, haciendo posteriormente una comparación de medias, para aquellas que fueron significativas, utilizando la prueba de Tukey con un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$ .

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **Longitud de tallo**

En el Cuadro 1, se presentan los efectos significativos del sombreado sobre la longitud de los árboles. Los árboles desarrollados bajo condiciones de 100 % de radiación solar mostraron mayor longitud en comparación con aquellos desarrollados bajo diferentes niveles de sombra. En el Cuadro 1, se observa además, que no existe diferencia significativa entre un gradiente de RFA de 60 y 30%, y entre 30 y 15%; no obstante de que la disminución de RFA en estos tratamientos, mostró tendencia hacia una disminución en la longitud del tallo. Se observó además, que cuando el sombreado fue de 40%, se tuvo una disminución en la longitud del brote de 13%, y esa disminución se incrementó a 19 y 27% bajo porcentajes de sombra de 70 y 85, respectivamente, respecto al testigo (100% de luz). La disminución de la longitud del árbol obtenida en este estudio coincide con lo señalado por Jackson y Palmer (1977b) quienes

observaron en árboles de manzano una disminución en esta variable conforme el incremento de sombreado; estos resultados también confirman las observaciones realizadas en nogal en producción por Mc Earchern, (1996); McEachern y Zajiceck, (1996); Herrera, (1996); Wood (1997) y Andersen (1994) quienes argumentan el efecto potencial que presenta el sombreado sobre la disminución del crecimiento y potencial productivo de los brotes que se encuentran en el interior de la copa.

**Diámetro de tallo.** El diferente gradiente de radiación tuvo efectos significativos sobre el diámetro de tallo. El mayor diámetro de tallo se observó en los árboles desarrollados con un 100% de RFA, aunque no se detectaron diferencias significativas con el diámetro de árboles desarrollados bajo un 60% de radiación. Las cuales fueron similares estadísticamente a aquellos desarrollados bajo niveles de radiación del 30% que no superaron estadísticamente a los árboles con el menor nivel de luz (15%). Los tratamientos con 70 y 85% de sombreado (o 30 y 15% de radiación) mostraron un diámetro de tallo significativamente menor que el de plantas testigo.

Cuadro 1. Longitud y diámetro de tallo de árboles de nogal pecanero desarrollados bajo diferentes niveles de luz.

Tratamiento (% de RFA)	Longitud de tallo (cm) <sup>z</sup>	Diámetro de tallo (mm) <sup>z</sup>
100	35.59 a	3.93 a
60	30.90 b	3.41 ab
30	28.84 bc	3.03 bc
15	25.95 c	2.78 c

<sup>z</sup> Medias con letras desiguales dentro de cada columna, son estadísticamente diferentes (Tukey, (0.05)).

Se observó que el diámetro disminuyó 13, 23 y 30% cuando el porcentaje de RFA fue de 60, 30 y 15%, respecto al testigo. El diámetro de los árboles alcanzado con una radiación solar de 100 %, que es estadísticamente igual que el desarrollado bajo un 60 % de RFA, indica un bajo impacto de este factor sobre la variable estudiada (Cuadro 1). No obstante, los árboles desarrollados bajo condiciones de RFA del 15% presentan una reducción significativa en el desarrollo del diámetro. La mayoría de los viveros producen los nogales bajo condiciones de sombra artificial, usando mallas, el diámetro del tallo desarrollado por los árboles es importante, para realizar el injerto bajo esas

condiciones. Por lo que el uso de mallas que reduzcan los niveles de luz más allá del 60%, resulta perjudicial para lograr un diámetro adecuado un año después de la siembra de la nuez.

**Área foliar.** Al comparar el área foliar de los árboles de nogal bajo diferentes niveles de incidencia solar, se observa que existen diferencias significativas entre tratamientos. El área foliar de árboles en los tratamientos de 30 y 60% de RFA fue estadísticamente similar al área foliar observada en los árboles sin sombreado, los cuales superaron significativamente en esta variable a los árboles sometidos al menor gradiente de radiación (15%). Se observó, sin embargo una disminución de esta variable de 29 y de 37% cuando los árboles crecieron bajo condiciones de sombreado del 40 y 70% en comparación con los árboles sin sombreado. La diferencia en área foliar entre los árboles desarrollados bajo condiciones ilimitadas de RFA y aquellos desarrollados con menor cantidad de RFA (15%) fue equivalente al 50% (Cuadro 2). Esta disminución del área foliar coincide con los resultados obtenidos por Roggatz et al., (1999), quienes observaron que el sombreado en vid previo al año de evaluación, redujo el desarrollo de la hoja causando por consecuencia, una disminución en el área foliar.

**Peso seco de hojas.** El peso seco de hojas fue significativamente afectado por los diferentes niveles de radiación. Los árboles desarrollados sin estrés de sombreado tuvieron un peso seco superior a los desarrollados en los diferentes niveles de luz, (excepto para los sometidos al 60% de RFA). No obstante de ser similares estadísticamente, el peso seco del follaje en los árboles bajo sombra, disminuyó 25 y 56% cuando el nivel de luz se redujo del 60 al 30 y 15%, respectivamente. Sin embargo, cuando el sombreado fue del 85%, el peso seco de hojas se redujo en 73%

Cuadro 2. Área foliar y peso seco de hojas de árboles de nogal pecanero desarrollados bajo diferentes niveles de luz.

Tratamiento (% de RFA)	Área foliar (cm <sup>2</sup> )	Peso seco de hojas (gr) <sup>z</sup>
100 (testigo)	81.15 a	0.90 a
60	57.85 ab	0.59 ab
30	51.40 ab	0.44 b
15	39.95 b	0.26 b

<sup>z</sup> Medias con letras desiguales dentro de cada columna, son estadísticamente diferentes (Tukey, (0.05)).

respecto al testigo (Cuadro 2). La disminución en peso seco de las hojas encontradas en este estudio, son similares con las observaciones realizadas por Cartechini y Palliotti (1995) en plántulas de vid, quienes observaron un efecto negativo en el peso seco del follaje causado por la condición estresante del sombreado.

**Longitud de raíz.** La longitud de raíz no fue significativa en los árboles desarrollados bajo niveles de luz de 100 y 60%. Sin embargo, cuando los árboles se desarrollaron bajo nivel de luz del 15% la longitud fue significativamente superada por el testigo (Cuadro 3).

Los árboles desarrollados bajo 60%, 30% y 15% de luz total mostraron reducción del 26%, 51% y 60% respecto al testigo (100% de luz). Estas observaciones no coinciden con los estudios que se llevaron a cabo en árboles de papaya con tratamientos de sombra y árboles no sombreados donde estos últimos acumularon aproximadamente alrededor de la mitad de la biomasa de los árboles que recibieron 28% al 81% de sombreado según lo señalan Vladimirova *et al* (1997).

**Peso seco de raíz.** El mayor peso seco de raíz se observó en los árboles desarrollados en condiciones de 100% de RFA, siendo superior estadísticamente al peso seco de raíz de árboles desarrollados bajo niveles de luz del 30 y 15%, pero similar al peso obtenido en los árboles creciendo bajo condición de luz de 60%, el cual fue estadísticamente igual al observado en los árboles que crecieron con 30% de luz. El menor peso documentado en los árboles fue con 15% de RFA, no obstante, este peso fue significativamente similar a los árboles bajo 30% de RFA. Los árboles desarrollados bajo 60, 30 y 15% de luz total manifestaron una reducción significativa del 22, 45 y 68%, respectivamente respecto al testigo (100% de luz) (Cuadro 3). Estos datos sugieren que bajo condiciones de sombreado muy pocos carbohidratos están disponibles para la formación de reservas de almacenamiento en raíces, afectando posiblemente su desarrollo y peso seco. Por otra parte en estudios realizados en plantas de papaya, por Vladimirova *et al*, 1997; Whitcomb, 1988), se observó que el sombreado disminuyó la producción de biomasa de raíces.

**Peso seco del árbol.** El peso seco de árboles fue afectado significativamente por los diferentes niveles de luz. Los árboles desarrollados bajo 60% y 30% de luz total manifestaron una disminución significativa en peso seco, equivalente a una y dos cuartas partes aproximadamente, respecto al peso seco del testigo desarrollado bajo condiciones de luz total. Aunque no se observaron diferencias significativas para esta variable entre los dos gradientes de sombreado. El menor peso seco se obtuvo en los árboles desarrollados bajo 15%

Cuadro 3. Longitud y peso seco de raíz de árboles de nogal pecanero desarrollados bajo diferentes niveles de luz.

Tratamiento (% deRFA)	Longitud de raíz (cm)	Peso seco de raíz(gr) <sup>z</sup>
100	62.01 a	8.07 a
60	45.67 ab	6.34 ab
30	30.26 b	4.41 bc
15	25.01 b	o c

<sup>z</sup> Medias con letras desiguales dentro de cada columna, son estadísticamente diferentes (Tukey, (0.05).

de luz, siendo superado significativamente por los otros tratamientos; excepto, por aquel en el que los árboles se sometieron al 30% de luz (Cuadro 4).

La disminución del peso seco del árbol coincide con lo señalado por Andersen y Wood (1994, 1996) quienes señalan que la disminución en peso seco causada por el estrés impuesto por el sombreado, puede deberse a la baja tasa fotosintética causada por disminución de la intensidad luminosa que conlleva a menor cantidad de fotosintatos producidos. Esta aseveración se fundamenta en el hecho de que en la materia seca el material carbonado constituye entre el 80 y 95% de la materia seca de los árboles como lo postula Westwood (1978). Por consiguiente, la menor acumulación de peso seco trae como consecuencia una limitada acumulación de carbohidratos y una disminución en el crecimiento y producción posteriormente según Sparks (1974).

## CONCLUSIONES

El estrés causado por los gradientes de 60, 30 y 15% de RFA impuestos en árboles de nogal en desarrollo,

Cuadro 4. Peso seco de árboles de nogal pecanero desarrollados bajo diferentes niveles de luz.

Tratamiento (% deRFA)	Peso seco (gr)
100	10.98 a
60	8.38 b
30	6.19 bc
15	4.21 c

<sup>z</sup> Medias con letras desiguales dentro de cada columna, son estadísticamente diferentes (Tukey, (0.05).

causaron una reducción en la longitud y el diámetro del tallo.

El área foliar y peso seco de hojas redujeron hasta en un 50, y 73% respectivamente, cuando la luz disminuyó del 100 al 15%.

La longitud y el peso seco de la raíz disminuyeron a causa del sombreo, particularmente cuando la intensidad de luz se redujo a partir del valor de 70 %.

El peso seco de los árboles disminuyó 24%, cuando la intensidad de RFA disminuyó de 100 a 60%. Observándose una disminución del 60% en esta variable cuando el sombreo incrementó al 85%.

Los resultados obtenidos, indican que el sombreo tiene un efecto negativo sobre el crecimiento y producción de biomasa en nogal, siendo negativamente afectados cuando se imponen gradientes de sombreo a partir de 40%.

### LITERATURA CITADA

- Andersen, P. C. 1994. Lack of sunlight can limit pecan production in the Southeastern. U. S. The Pecan Grower. Georgia Pecan Gro. Assoc. 6(2):20-21.
- Anónimo. 1994. El nogal pecanero. INIFAP-CAELALA. Matamoros, Coah., México. 147 p.
- Arreola A., J.; Herrera, E. y Fowler, J. 1999. Sunlight distribution before and after pecan orchard thinning: its influence on yield and shoot growth. p. 189-193. en McGraw, B., E. H. Dean y B. W. Wood (Eds.) Pecan Industry: Current situation and Future Challenges. Proc. 3th National Pecan Workshop. USDA Agric. Res. Ruidoso. NM.
- Arreola A., J. 2001. Condiciones de crecimiento para definir las practicas de manejo en huertas de nogal. 5to Dia del Nogalero. Asoc. Agrícola de Productores de Nogal y Nuez. Cd. Delicias Chih.
- Cartechini, A. and Palliotti, A.. 1995. Effects of shading on vine morphology and productivity and leaf gas exchange characteristics in grapevines in the field. Amer. J. Enol. Viticult. 46:227-234.
- Curry, E. A. 1991. Canopy development in model systems: measurement, modification, modeling. HortSci. 26: 987.
- Herrera, E. 1996. Sunlight management. Pecan South. 29(7): 6-10.
- Jackson, J. E. and Palmer, J. W.. 1977b. Effects of shade on the growth and cropping of apple trees. II. Effects on components of yield. Journal of Horticultural Science 52:253-266.
- Martinez M., J. M. 2001. Productividad del agua en Nopal para verdura (*Opuntia* spp.) bajo riego por goteo subterráneo en la Comarca Lagunera. Tesis URUZA-UACH, Bermejillo, Dgo.
- Malstrom, H. L. and Riley T. D.. 1982. Continuous hedge pruning affects light penetration and nut production of 'Western' pecan trees. The Pecan Quarterly, 16(3):5-15.
- McEachern, R. G. and Zajiceck J. M.. 1996. Pecan orchard design, tree spacing, pruning and thinning. Pecan South. 24 (5) : 5-10.
- McEachern, R. G. 1996. Correcting pecan tree crowding. Pecan South. 29(7): 6-10.
- Ríos, C. 1997. Influencia de la poda de formación en el crecimiento del nogal (*Carya illinoensis* Koch) en Delicias, Chihuahua. Tesis de Licenciatura. URUZA – UACH. Bermejillo, Dgo.
- Rom, C. R. 1991. Light thresholds for apple tree canopy growth and development. Hortsci. 26: 989-992.
- Roggatz, U., McDonald A. J. S., Stadenberg I., and Schurr U.. 1999. Effects of nitrogen deprivation on cell division and expansion in leaves of *Ricinus communis* L. Plant, Cell Environ. 22:81-89.
- SAGAR. 1997. Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. 277 p.
- Sparks, D. 1974. The alternate fruit bearing problem in pecans. Proc. Ann. Rep. North Nut Grow. Assoc. 65:145-157.
- Vladimirova, S. V.; McConnell, D. B. and Kane, M. E. 1997. Morphological plasticity of *Dracaena sanderana* 'Ribbon' in response to four light intensities. HortScience 32:1049-1052.
- Westwood, M. N. 1978. Plant efficiency growth and yield measurements. In temperature zone pomology. la. ed. W. H. Freeman and Company. 227 p.
- Whitcomb, C.E. 1988. Growing media, p. 464-480. In C.E. Whitcomb (ed.). Plant production in containers. Lacebark Publ., Cambridge, Mass.
- Wood, B. 1996. Sunlight management. Proc. 38<sup>th</sup> Western Pecan Conference. Proc. Western Pecan Grow. Assoc. Las Cruces, NM. p. 98-107.
- Wood, B. 1997. Big trees: dealing with the southeast's dilemma. The Pecan Grow. Georgia Pecan Grow Assoc. 28(4):28-31.
- Worley, E. R. 1978. View of pruning research for mature pecan trees. Pecan South. 5(1):32-33.