

**LA APLICACIÓN DE PACLOBUTRAZOL EN
FERTIRRIGACIÓN Y EL CRECIMIENTO VEGETATIVO Y
REPRODUCTIVO DE NOGAL PECANERO**

POR:

HERMINIO SOTERO GASPAR

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

MAESTRÍA EN CIENCIA AGRARIAS



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

**UNIDAD LAGUNA
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO**

**Asesor Principal: Ph.D. Vicente De Paul Álvarez Reyna
Asesor: Ph.D. Ángel Lagarda Murrieta
Asesor: Ph.D. Vicente Hernández Hernández**

**Torreón, Coahuila, México
OCTUBRE DEL 2012**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

UNIDAD LAGUNA
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO

**LA APLICACIÓN DE PACLOBUTRAZOL EN FERTIRRIGACIÓN Y EL
CRECIMIENTO VEGETATIVO Y REPRODUCTIVO DE NOGAL
PECANERO**

TESIS


HERMINIO SOTERO GASPAR

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRÍA EN CIENCIA AGRARIAS

Comité particular:

Asesor Principal:



Dr. Vicente De Paul Álvarez Reyna

Asesor:




Dr. Ángel Lagarda Murrieta

Asesor:



Dr. Vicente Hernández Hernández

Dr. Fernando Ruíz Zarate
Subdirector de Postgrado



Dr. Pedro Antonio Robles Trillo
Jefe del Departamento de Postgrado

**Torreón, Coahuila, México
OCTUBRE DEL 2012**

COMPENDIO.

LA APLICACIÓN DE PACLOBUTRAZOL EN FERTIRRIGACIÓN Y EL CRECIMIENTO VEGETATIVO Y REPRODUCTIVO DE NOGAL PECANERO

Por:

Herminio Sotero Gaspar

Asesor principal: Ph.D. Vicente De Paul Álvarez Reyna

Co-Asesor: Ph.D. Ángel Lagarda Murrieta

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA

Torreón, Coahuila, México. Octubre de 2012

RESUMEN

La necesidad de buscar tecnología para el control del tamaño de los árboles de nogal pecanero es urgente para poder aumentar la densidad de árboles por hectáreas. El objetivo de esta investigación fue conocer el efecto del paclobutrazol (PBZ) sobre la reducción del crecimiento de brotes vegetativos, y la inducción de floración para producción de nuez.

La investigación se realizó durante 2011-2012 en un huerto comercial de nogal pecanero (*Carya illinoensis* Koch) de 7 años de edad. La dosis aplicada fue 1 L/ha de PBZ para dos variedades Wichita y Western Schley; se evaluaron variables del crecimiento en brotes vegetativos, número de hojas por brote, longitud del peciolo, longitud de raquis de hoja, foliolos por hoja, área foliar por hoja. Se determinó un conteo de fruto por árbol en 2 años consecutivos para evaluar inducción floral y alternancia en la producción.

El efecto en brotes vegetativo al aplicar paclobutrazol PBZ reduce un 90%, la cual indica que el efecto directo retiene el crecimiento, al igual en longitud de los peciolos por hoja reduce a un 32% en los aplicados de la variedad Western Schley, foliolos 20% y en número de hoja por brotes reduce a 6% de la misma variedad. El efecto de los tratamientos en la formación de frutos, indujo mayor floración para número de frutos en Wichita a un 11%, Western Schley a 19%, para la producción de nuez en el año 2012.

Palabras clave: *Carya illinoensis* Koch, alta densidad, área foliar, crecimiento vegetativo, fertirrigación, número de hojas, paclobutrazol.

SUMMARY

THE APPLICATION OF PACLOBUTRAZOL IN FERTIRRIGATION AND THE VEGETATIVE AND REPRODUCTIVE GROWTH OF WALNUT PECANERO

By:

Herminio Sotero Gaspar

Asesor principal: Ph.D. Vicente De Paul Álvarez Reyna

Co-Asesor: Ph.D. Ángel Lagarda Murrieta

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA

Torreón, Coahuila, México. Octubre de 2012

The necessity to look for technology for the control of the size of the pecan trees is urgent to be able to increase the density of for hectare. The objective of this trial was to evaluate the capability of the Paclobutrazol (PBZ) on the vegetative shoots length reduction and the effect on flower induction to improve pecan production.

This trial was carried out on 2011 to 2012 in a 7 year old pecan orchard (*Carya illinoensis* Koch). We applied though the irrigation system liter PBZ per hectare; evaluate both

Western Schley and Wichita pecan cultivars. We evaluated the length in growth of vegetative shoots, the leaves number per shoot, the petiole length of the folioles and the total length of the leaf rachis the total number of folioles per leaf, and the total leaf area per leaf. It was evaluated the number of fruits during 2011 and 2012 to determine floral induction of the treatment.

The effect on vegetative growth after being applied with PBZ, was observed on reducing 90% observed as the direct effect on the length of the vegetative shoots whereas, it was observed that the length of the foliole petioles, it diminishes by 32% for the Western Schley variety and only 20% in the foliole number per leaf. The leaf number per shoot it was reduced in 6% within the same variety. With regard to the fruit formation of the treatments we observed 11% nigher flower and fruit formation on Wichita whereas 19% for Western Schley; this numbers were observe on 2012 year, one year after the (PBZ) application occurred.

Index words: *Carya illinoensis* Koch, high density, leaf area, vegetative growth, fertirrigation, leaf number, paclobutrazol.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna por haberme recibido para realizar mis estudios de Maestría en sus instalaciones.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por el apoyo económico otorgado durante estos dos años para la realización de los estudios de maestría.

Al Ph.D Vicente De Paul Álvarez Reyna por haber aceptado ser mi asesor principal en el desarrollo del proyecto de investigación, por su enseñanza, su colaboración, consejo y amistad.

Al Ph.D Ángel Lagarda Murrieta por ser co-asesor y guía en mi proyecto de investigación, además por su valiosa colaboración en la elaboración de los artículos científicos, su enseñanza, consejos y amistad invaluable.

Al Ph.D Vicente Hernández Hernández, Ph.D Arturo Palomo Gil por formar parte de mi comité particular de tesis y por el apoyo incondicional otorgado para el desarrollo del presente trabajo.

Al personal administrativo de la UAAAN-UL en especial a Esther Peña y Dr. Pedro Antonio Robles Trillo por su apoyo y amistad incondicional.

GRACIAS !!

DEDICATORIAS

El presente trabajo va dedicado especialmente a mis padres NICOLAS y REYNA, por ser personas tan dedicadas a sus hijos por salir adelante y dar mejor frutos en la vida.

Gracias

A Dios por mandarme un sueño tan maravillosa y brillante un lindo mañana y que hoy es un día de hacerlo en realidad, Señor Dios Padres gracias por guiarme en el cambio del conocimiento y darme la fuerza, sabiduría, vida y salud necesaria para poder lograr una meta profesional más. **Gracias**

A mis hermanos; TEÓFILA, JOSEFINA, ZEFERINO, por su apoyo incondicional y compañía en todo momento. **Gracias**

A mis abuelos; Paternos y Maternos, que por su consejo y confianza me han enseñado el camino a la felicidad. **Gracias**

A mis compañero de maestría, por su amistad y acompañamiento durante dos años compartiendo conocimiento, facilidad en porque de las cosas. **Gracias**

**ESTE TRABAJO LLEVA UNA PARTE DE CADA UNO DE USTEDES,
A TODOS ¡MUCHAS GRACIAS!**

INDICE.

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivo.....	4
1.2 Hipótesis.....	5
2. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 Aspectos generales del cultivo del nogal pecanero	5
2.1.1 Morfología y descripción botánica.....	5
2.1.2 Raíz.....	5
2.1.3 Tronco y ramas.....	6
2.1.4 Hojas.....	6
2.1.5 Flores.....	7
2.1.6 Frutos.....	7
2.1.7 Origen del nogal.....	8
2.1.8 Cultivo en México	8
2.1.9 Cultivo en la Región Lagunera	9
2.1.10 Variedades de nogal en la Región Lagunera	10
2.1.11 Importancia del cultivo.....	11
2.1.12 Marco de plantación.....	12
3. Etapa fenológica del nogal.....	12
3.1 Brotación.....	13
3.2 Crecimiento del brote.....	14
3.3 Porcentajes de brotación.....	14
3.4 Desarrollo de tronco de nogal.....	15
3.5 Periodo de crecimiento.....	15
3.6 Fertirrigación en nogal.....	16
3.7 Alternancia.....	17
4. Susceptibilidad del nogal a deficiencia hídrica es sus diferentes etapas fenológicas.....	17
4.1 Antes de brotación a inicio de brotación.....	17
4.2 Inicio de brotación a receptividad del estigma.....	18
4.3 Morfología estomática y fotosíntesis	19

4.4 Estomas de foliolos.....	19
4.5 Fotosíntesis y Respiración.....	20
4.6 Importancia biológica de la fotosíntesis.....	21
4.7 Factores que influyen en la fotosíntesis.....	22
5. Fitohormonas.....	24
5.1 Auxinas.....	24
5.2 Giberelina.....	25
5.3 Citoquininas.....	25
5.4 Etileno.....	26
5.6 Ácido abscisico.....	26
5.7 Uso de reguladores de crecimiento.....	27
5.8 Paclobutrazol.....	27
5.9 Ethrel.....	28
ARTÍCULO 1. La aplicación de paclobutrazol en fertirrigación y el crecimiento vegetativo y reproductivo de nogal pecanero.....	29
6. LITERATURA CITADA GENERAL.....	45
7. APÉNDICE.....	52
Anexo. Carta de recepción Revista Chapingo Serie Horticultura.....	53

1. INTRODUCCIÓN.

El nogal pecanero (*Carya illinoensis* Koch) es un cultivo de gran rentabilidad económica en México y en algunos otros países, ya que la producción mundial se estima en 210 mil toneladas anuales. Estados Unidos es el principal productor de nuez pecanera con 72% de la producción mundial, donde destacan los estados de Georgia, Kansas, Louisiana, Missouri, Oklahoma y Texas. En segundo lugar se encuentra México con 25% de la producción mundial, donde la distribución natural del nogal se encuentra en catorce estados, siendo los centros más importantes de asociaciones nativas Nuevo León, Coahuila y Chihuahua (Orona *et al.*, 2004; Ojeda *et al.*, 2009).

Los estados con mayor producción de nuez en la República Mexicana son Chihuahua con 54,629 toneladas y rendimiento de 1.5 t ha⁻¹, seguido de Coahuila con una producción de 8,776 toneladas y rendimiento de 0.71 t ha⁻¹; Sonora con una producción de 7,075 toneladas y rendimiento de 1.06 t ha⁻¹; y Durango con una producción de 2,783 toneladas y rendimiento de 0.78 t ha⁻¹ (SAGARPA-SIAP, 2009).

En la Región Lagunera existen dos tipos de productores diferenciados en cuanto a superficie establecida, manejo del cultivo y forma de comercializar el producto: el ejido y la pequeña propiedad (Orona *et al.*, 2006). En esta región, la superficie en producción dedicada al cultivo de nogal es de 6,264 ha y 1,031 ha se encuentran en desarrollo, por lo que actualmente se tienen 7,295 ha de nogal pecanero donde predominan las variedades Western Schley y Wichita. De la superficie en producción, 33.8% corresponde a terrenos ejidales y 66.2% a pequeña propiedad. La

producción total en 2008 fue de 4,208.4 toneladas, con una derrama económica de 154.9 millones de pesos (SAGARPA-SIAP, 2008). Por lo anterior, el nogal es el segundo cultivo perenne en la Región Lagunera de gran importancia económica, después de la alfalfa que cuenta con una superficie de 39,532 ha bajo riego y que registró una producción de 3.088 millones de toneladas generando una derrama económica de más de 1,150 millones de pesos en el año 2008 (INEGI, 2009).

En zonas productoras de nuez, el factor más importante para la producción es el agua, recurso que influye en las fases de crecimiento, desarrollo del fruto y todo su ciclo fenológico, incluyendo la dormancia. El nivel de disponibilidad de agua en el suelo, junto con el nivel de nutrimentos, afecta la cantidad y calidad de la almendra y el potencial productivo en los siguientes años (Godoy, 1996; Worthington *et al.*, 1992).

La disponibilidad de agua en México ha disminuido considerablemente ya que en los últimos 60 años ha pasado de 18,053 a 4,357 m³ hab⁻¹ año⁻¹, específicamente en el norte se cuenta con baja disponibilidad de agua per cápita que equivale a 1,753 m³ hab⁻¹ año⁻¹. Debido a esto, en el sector agrícola se ha impulsado la utilización de diferentes tecnologías para hacer más eficiente la extracción, distribución y aplicación del agua a los cultivos por medio de sistemas de riego presurizado. Los avances tecnológicos en riego han permitido aumentar la eficiencia de esta práctica, aplicando mejor el agua al cultivo y disminuyendo las pérdidas que ocurren en conducción (Ferreyra *et al.*, 2005). Actualmente entre los sistemas de riego utilizados en la producción de nuez se encuentran los sistemas por gravedad, aspersión, micro-aspersión y goteo; éstos tres

últimos presurizados, con eficiencia de aplicación de 60, 70, 80 y 95%, respectivamente. Sin embargo, en las comunidades ejidales, 56.3% utiliza el riego por gravedad y 43.7% riega con sistemas presurizados. Por otro lado los productores particulares utilizan el riego presurizado en sus diferentes modalidades en 62.9% de la superficie de pequeña propiedad y 37.1% restante continúa regando bajo el modo tradicional (SAGARPA-SIAP, 2008).

Sin embargo, existen limitantes para la producción por lo que el rendimiento medio a nivel nacional es bajo, menos de 1.3 t ha^{-1} (SAGARPA, 2005). Entre estas limitantes se encuentra la eficiencia de aplicación de agua de riego al suelo a través de diferentes sistemas de riego. Los procesos que determinan la necesidad hídrica en nogal involucran el intercambio de gases (CO_2 y O_2) con el aire circundante tales como fotosíntesis, fotorrespiración (Taiz y Zeiger, 2006) los cuales se llevan a cabo a través de cloroplasto y estomas de los folíolos, respectivamente.

En el cultivo del mango existen investigaciones que documentan el efecto de ciertos reguladores del crecimiento para obtener una floración y cosecha adelantada así como mejorar la producción de fruta, tal es el caso del paclobutrazol (PBZ), que es un triazol que retarda el crecimiento vegetal debido a que bloquea la síntesis de giberelinas, aunque afecta también a otras hormonas; por ejemplo, reduce el nivel de ácido abscísico, etileno y ácido indolacético, y aumenta el de citocininas (Berova y Zlatev, 2000; Cárdenas y Rojas, 2003).

Los estudios conducidos sobre nogal pecanero han demostrado que su producción se relaciona con el área seccional del tronco (AST), con una relación hojas-fruto de 6-10 hojas por nuez (Lagarda, 2005).

El paclobutrazol es un regulador de crecimiento que ha sido utilizado como promotor de la brotación floral con excelentes resultados en algunas variedades comercialmente importantes. Entre sus efectos se citan floración temprana y profusa, madurez temprana en fruto, restricción de la brotación vegetativa, eliminación de la alternancia productiva, incremento en la producción de flores perfectas y altos rendimientos (Burondkar y Gunjate, 1993; Werner, 1993; Whiley, 1993).

En la producción excesiva de nueces trae como resultado una disminución de los carbohidratos almacenados en el árbol; particularmente si la relación área foliar por nuez es baja. Lo anterior provoca una reducción en la formación de flores para el siguiente ciclo o en la capacidad de amarre del fruto, lo que reflejara una alternancia en la producción (Hanna, 1977; Arreola y Lagarda, 1990). La alternancia de la producción se debe en buena medida a las condiciones del suelo y manejo, independientemente de la edad de la huerta, (Medina *et al.*, 2004).

La conjunción de esfuerzos para un mejor y eficiente manejo del agua y suelo, mediante uso de tecnologías avanzadas como los sistemas de fertirrigación, es necesario tomar en cuenta otros aspectos de importancia, como la fisiología del árbol, las condiciones naturales y la nutrición del nogal pecanero (Cabello *et al.*, 2007).

1.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de Paclobutrazol bajo fertirrigación, sobre la reducción de crecimiento vegetativo en nogal pecanero, inducción de florales, aumenta rendimiento y disminución de costos de producción.

1.2 Objetivo Específicos

Evaluar el efecto de paclobutrazol (PBZ) en el desarrollo vegetativo.

Evaluar el efecto de paclobutrazol en alternancia 2011 y producción 2012.

1.3 Hipótesis

Es posible hacer un uso más eficiente de paclobutrazol a través del conocimiento de las limitaciones y potencialidades, resultado de la caracterización nutricional en los árboles nogal pecanera.

Es posible manejar la dosis de 1 L/ha de paclobutrazol (PBZ) para huertos nogaleros en árboles de 7 año de edad, que permite observar mejor efecto en los árboles menores de edad.

El efecto de paclobutrazol, aplicado con el tiempo adecuado reduce la incidencia de alternancia proporcionalmente al incremento de producción y calidad del fruto.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Aspectos generales del cultivo del nogal pecanero.

2.1.1 Morfología y descripción botánica

El nogal pecanero es una especie caducifolia (Arreola, 2002). El árbol alcanza una altura de 30 m y llega a una edad superior a los 100 años produciendo en ese momento más de 100 kg, de nueces por planta (Frusso, 2007).

2.1.2 Raíz

La raíz del nogal pecanero son pivotante, fuerte y fibrosa; en su parte superior carece de pelos radicales o absorbentes; tiene raíces alimentadoras tiernas y frágiles, que dependen obligadamente de los hongos micorrizicos para su óptimo funcionamiento (Rivero *et al.*, 2004).

La raíz se extiende en su radio que se ensancha horizontalmente hasta abarcar un área semejante o mayor a la alcanzada por el follaje, pudiendo llegar a desarrollarse a una profundidad de 3.6 a 5.4 m, al momento de la madurez; ésto se debe a que en las capas profundas del suelo no encuentran sustancias nutritivas y debajo de 1.5 a 2 m de profundidad la compactación de la tierra impide que la raíz puedan respirar con facilidad. Cuando esta encuentra agua estancada detiene su desarrollo (Camargo, 2001).

2.1.3 Tronco y ramas

Existen nogales con tronco de más de 3 m de diámetro, éstos por lo general son nativos o silvestres, sus ramificaciones comienzan a los 10 m de altura. Estas características diferencian a los árboles criollos de los injertados, ya que en éstos generalmente su tronco es más corto y sus ramificaciones empiezan desde abajo. Un nogal adulto con alimentación equilibrada deberá tener un crecimiento anual de 10 a 35 cm de longitud de sus ramas y aumento en el diámetro del tronco no menor de 2.5 cm al año (Camargo, 2001).

2.1.4 Hojas

Son compuestas, dispuestas en forma alternada, imparipinada, con 11 a 17 foliolos de forma oblongo-lanceolada, glabros de borde aserrado (Frusso, 2007).

Las hojas del nogal permiten diferenciar al nogal criollo del nogal injertada, antes de los primeros 5 a 6 años de edad. Las hojas de los nogales criollos tienen vellosidades y son de color verde, ligeramente grisáceo; las de nogal injertado son glabras, su color verde es más brillante y el aserrado del margen es diferente y más notable. Las hojas contribuyen directamente en el desarrollo de la nuez y provee de reservas alimenticias que son almacenados en los tallos y la raíz, las cuales servirán para el crecimiento del árbol y desarrollo de la nuez del año siguiente (Camargo, 2001).

2.1.5 Flores

El nogal es una planta monoica, lo cual significa que tiene flores femeninas y masculinas en el mismo árbol (Camargo, 2001).

Las flores masculinas están compuestas por tres amentos péndulo los cuales están unidos por un pedúnculo. Estos amentos se disponen sobre el tercio apical de ramas del último año teniendo de 72 a 123 flores individuales. Cada flor individual a su vez contiene de 3 a 7 estambres con anteras oblongas, presentando cuatro sacos polínicos de dehiscencia longitudinal (Frusso, 2007).

Las flores femeninas están compuestas por flores, en número que oscila entre 3 y 10. El estigma es un carácter que sirve para identificar los

cultivares debido a que presentan una forma y coloración características (Frusso, 2007).

2.1.6 Frutos

Los frutos se desarrollan en los racimos de las flores femeninas por lo general de 3 a 9, pero cuando el árbol está viejo sólo produce una por racimo; el fruto del nogal es una drupa; estas drupas tienen una capa verde carnosa de sabor amargo llamada ruezno (mesocarpio) que al madurar se vuelve negra y se abre a lo largo dejando la nuez libre; la parte dura de la nuez (mesocarpio) protege a la almendra (Camargo, 2001).

2.1.7 Origen del nogal

El nogal pecanero es originario del norte de México y sureste de Estados Unidos de América (Brisson, 1976). Los colonizadores españoles llamaron “Nogal”, al árbol pecanero y a su fruto la “pecanera”, le llamaron “nuez” (Castro, 1991; González *et al.*, 2004).

2.1.8 Cultivo en México

La superficie dedicada al cultivo de nogal pecanero en México se ha incrementado en un 33.3% en la última década, pasando de 60 mil has en el año de 2000 a 80 mil has que se tienen actualmente. El 97.19% de la superficie de nogal en México lo ocupan los principales estados productores de nuez, que son: Chihuahua, 48,535 ha, Coahuila, 14,184 ha, Sonora, 7,304 ha, Nuevo León, 3,989 ha y Durango, 3,789 ha. En el 2.81% del área restante participan otros 14 estados en menor proporción. Los mejores

rendimientos se dan en Chihuahua, 1.5 t ha⁻¹, Sonora, 1.06 t ha⁻¹, Durango, 0.78 t ha⁻¹, Coahuila, 0.71 t ha⁻¹ y Nuevo León, 0.36 t ha⁻¹. La derrama económica nacional generada en 2008 fue de más de 2,960 millones de pesos, lo que ubica al cultivo entre los más rentables de México (SAGARPA-SIAP, 2009).

2.1.9 Cultivo en la Región Lagunera

Las primeras plantaciones de nogal en la Región Lagunera se establecieron en el año de 1948. Las variedades introducidas fueron: Western, Wichita, Burkett, San Saba Improved, Stuart, Barton y Mahan, predominado Western y Wichita. Actualmente, el nogal ocupa uno de los primeros lugares en importancia dentro de los frutales cultivados. En 1979, una encuesta realizada en 300 huertas (90% del total) reveló que existían 3,579 hectáreas; de las cuales 1,325, se encontraban en producción y 2,254, en desarrollo (Medina, 1980). El 27% de nogales en producción se estaba rehabilitando con injerto de copa para cambio de variedad. La edad de los árboles era de 1 a 2 años (16%), de 3 a 6 años (35%), de 7 a 10 (19%), de 10 años o más (30%) (Medina, 1980).

En 1997, la superficie de nogal en producción en la Región Lagunera, era de 4,668 ha, de las cuales 1,823 fueron ejidales y 2,845 fueron de la pequeña propiedad. En 1997, se reportaron 1,537 ha de nogal en desarrollo, que sumadas a las 4,903 en producción en 1999, llegaron a un total de 6,440 ha de nogal pecanero en la Región. En 18 años (1982-1999) la superficie de nogal en producción se triplicó, aumentando de 1,648

a 4,903 ha y la producción total de nuez se incrementó 2.5 veces; sin embargo el rendimiento promedio por hectárea ha sido de 0.95 toneladas, con un mínimo de 0.64 y máximo de 1.22 t ha⁻¹ (Medina y Cano, 2002).

Actualmente, la superficie dedicada a este importante cultivo en la Región Lagunera, cuenta con 6,264 ha en producción, de las cuales 2,117 corresponden a terrenos ejidales y 4,147 a pequeña propiedad. A esta superficie se suman 1,031 ha que se encuentran en desarrollo, dando así un total de 7,295 ha. La producción total en 2008 fue de 4,208.4 toneladas con un rendimiento promedio de 0.98 t ha⁻¹, generando una derrama económica de 154.9 millones de pesos (SAGARPA-SIAP, 2008).

2.1.10 Variedades de nogal en la Región Lagunera.

Western Schley.

Es el árbol más popular y preferido por los productores en el estado de Coahuila y otras regiones del norte de México. Es una selección nativa de gran adaptación a las zonas desérticas y semidesérticas. Muestra cierta tolerancia a deficiencias de zinc, sin embargo necesita aplicaciones de este elemento menor para un buen desarrollo. Regularmente precoz en la maduración del fruto. Necesita de la presencia de la variedad Wichita para una buena polinización. Árboles vigorosos con buena ramificación con buen ángulo de apertura (Thompson y Young, 1985).

Necesita un promedio de 300 horas frío para su brotación; esta variedad tiende a tener un 60% de brotes fructíferos y esto permite mantener un buen rendimiento cada año. En esta variedad los brotes de 15 a 30 cm de

longitud con hojas grandes son suficientes para una buena cosecha (Craw *et al.*, 2004).

Wichita.

Variedad de buena adaptación en zonas desérticas y semidesérticas, susceptible a la roña y otras enfermedades fungosas; es por ésto que no es recomendada para regiones húmedas. La liberación de polen coincide en gran parte con la receptibilidad de las flores hembras de la variedad Western Schley (Núñez, 2001).

Extremadamente precoz en su producción, de buen follaje de color verde oscuro, hojas grandes y buena producción de nuez de gran calidad. Los ángulos de las ramas son cerrado por lo que necesitan una buena poda para proporcionar una estructura del árbol adecuada para evitar desgajamiento de ramas. Ruezno grueso y atractivo para el gusano barrenador de la envoltura; en esta variedad el fruto es una nuez mediana de excelente rendimiento. Tiene el rendimiento de carne o almendra de nuez más alto de todas las variedades, rinde entre 58 y 62% de corazón y entre 52 y 60 nueces por libra.

2.1.11 Importancia del cultivo

El nogal pecanero (*Carya illinoensis* Koch), representa para el norte de México y algunas áreas del centro y occidente de nuestro país en especial el estado de Coahuila, el cultivo más promisorio (Salas, 1997).

Su importancia en la Comarca Lagunera inicia a partir del año 1948, cuando se establecieron las primeras huertas de nogal. Las

variedades introducidas fueron: Western, Wichita, Burkett, San saba improved, Barton, Mahan, predominado Western y Wichita. Actualmente el nogal ocupa el primer lugar entre los frutales cultivados (Medina y Cano 2002).

De todos los alimentos con que América ha contribuido a la población internacional, la nuez es el más importante y está destinada a jugar un papel muy importante en la gastronomía, siendo un recurso para resolver la falta de alimentos como fuentes de energía concentrada. Es un fruto que además tiene aplicaciones en la medicina y en la industria. El fruto del nogal es de sabor agradable y rico en su contenido de aceite según la variedad (Salas, 1997).

2.1.12 Marco de plantación

El grado de intensificación del cultivo dependerá del tipo de producto en plantaciones extensivas requiere una densidad de 70 a 90 árboles por hectárea a un marco que puede variar de 10 x 12 m a 12 x 12 m, este tipo de plantación está destinada a un aprovechamiento mixto de fruto y madera (Herrera, 1993). Las plantaciones intensivas requieren una densidad de 100 a 140 árboles por hectárea a un marco que varía entre los 9 x 8 m a los 10 x 10 m; estos marcos permiten un buen desarrollo y producción de los árboles (Eacher y Stein, 1997).

Las plantaciones muy intensivas, destinadas a la producción de frutos, requieren una fuerte densidad de árboles (120-200 árboles/ha), a un marco de 7 x 7 m o de 8 x 8 m, se pretende conseguir un máximo producción en un tiempo muy corto (Eacher y Herrera, 1993).

Las plantaciones ultra intensivas son las que tienen un mayor número de árboles por hectárea con una distancia de 6 metro entre planta con una densidad de 276 árboles/ha, con el propósito de mantener el mayor número de árboles en una menor superficie en mayor tiempo posible sin que exista una competencia por la energía solar, que es muy necesaria para la fotosíntesis, por esta razón es prudente considerar una plantación con más árboles por hectárea en marco real con una distancia menor entre árboles (Eacher, 1997).

3. Etapa fenológica del nogal

El nogal requiere de 150 a 230 días libres de heladas para producir una cosecha. Sus requerimientos de frío fluctúan entre 300 a 600 horas frío dependiendo de la variedad; además de necesitar un clima caliente durante el verano (Brison, 1976; Cano, 1994; Medina, 1979).

En las zonas productoras de nuez, el factor más importante para la producción de este cultivo es el agua, este recurso no solo influye en las fase de crecimiento y desarrollo si no en todo su ciclo, incluyendo la dormancia (Godoy 1996; Worthington *et al.*, 1992).

En el cultivo del nogal pecanero como en otros cultivos, es importante conocer cuando inician sus diferentes fases fenológicas y el periodo en el cual son completadas. Lo anterior tiene el propósito de poder programar de manera eficiente algunas prácticas culturales importantes dentro de las cuales se encuentra la aplicación del riego (Godoy *et al.*, 2000).

3.1 Brotación

La brotación de nogal pecanero varía según el clima que prevalezca en el año; sin embargo, ésta ocurre de manera general durante la segunda quincena de marzo. El porcentaje de yemas que brotan bajo las condiciones de la Región Lagunera en la variedad Western, es superior al 72%. No obstante, una cantidad considerable de brotes quedan sin desarrollarse y mueren durante el desarrollo de las flores masculinas o femeninas, por lo cual el porcentaje final de brotes resulta ser de 25% en la variedad Western y 21% en Wichita y Criollo. Los porcentajes reportados se consideran normales para nogal en términos de acumulación de frío, ya que en todos los años se logra brotación de yemas superior al 60% o porcentaje final de brotes superior al 22%, con una acumulación de frío superior a 200 horas debajo de 7 °C (Herrera, 1996).

La brotación de nogales ocurre a principios de primavera y crecen hasta principios de otoño (8 meses) y por la falta de agua al principio, el árbol no tiende a llegar en su mejor crecimiento y con poco follaje en brotamiento; si hay falta de agua en el mismo periodo también hay pérdidas o caída temprana de las hojas y finalmente baja el rendimiento o calidad del fruto. Los árboles pequeños necesitan más agua que los grandes. Los árboles recién plantados se deben regar cada 5 a 8 días; los árboles grandes cada 20 a 25 días (SAG, 1973).

3.2 Crecimiento del brote

El brote que desarrolla la yema primaria continua creciendo después que los amentos se han desarrollado completamente. Los brotes llegan a su máximo desarrollo para la segunda o tercera semana de mayo y

el periodo de mayor crecimiento se presenta de la primera semana de abril hasta la segunda semana de mayo; en árboles jóvenes este periodo se prolonga hasta junio. El brote generalmente produce de 8 a 10 hojas compuestas cada una de las cuales tiene 13 a 17 folíolos y se requieren como mínimo seis hojas por nuez para que la almendra pueda llenar bien (Herrera, 1996; Godoy *et al.*, 2000).

3.3 Porcentajes de brotación

Es la proporción entre yemas totales y brotes emitidos por una ramilla de un año de edad. Debido a la dominancia apical el porcentaje de brotación de los nogales es bajo. En nogales jóvenes la poda de despunte mejora la brotación lateral y en árboles adultos lo hace la aplicación de dosis bajas de cianamida hidrogenada. El que un árbol tenga más brotes laterales significa más área foliar y más puntos de fructificación, lo que conviene a la producción (Tarango *et al.*, 2001).

3.4 Desarrollo de tronco de nogal

En un análisis de productividad de 14 cultivares de nuez en la región de La Laguna, el incremento del diámetro del tronco, es una respuesta a la fertilización y se encontró que además influye en la calidad y la producción del árbol así como una ligera disminución de la alternancia (Lagarda, 1998). Éstos también es reportado por (CELALA-CIRNOC-INIFAP, 2002), mencionando que en diámetros superiores a 111 cm se obtienen los más altos niveles de producción y calidad de la nuez así como una disminución del índice de alternancia.

Además de que se debe de considerar que existe una fuerte correlación entre la producción irregular del nogal y el contenido de carbohidratos en el árbol, se estima que alrededor del 85% del peso final de la nuez se acumula durante los últimos tres meses de su periodo de crecimiento y en la última parte de esta etapa del árbol; éstos implica un corto periodo de tiempo para la acumulación de carbohidratos que servirán de reserva para el siguiente año y consecuentemente son insuficientes (Davis y Sparks, 1982; Tarango, 1992).

3.5 Periodo de crecimiento

El nogal requiere de un periodo largo de crecimiento libre de heladas desde el principio de la brotación hasta la completa maduración de la nuez. El número de días varía para las variedades y localidades, pero en promedio para el sureste de Texas y norte de México se requiere de 150 a 220 días entre la primavera y la última helada (SAG, 1973).

3.6 Fertirrigación en nogal

El riego es indispensable durante y después de la plantación, debido a que el árbol tiene su sistema radical podado o reducido al tamaño de la copa, debido al poco volumen de raíces absorbentes, el riego continuo durante los primeros meses de plantado ayuda a la hidratación del árbol, mientras desarrolla sus nuevas raíces. La mejor manera de agregar nutrimentos al árbol en forma rápida y eficiente, es a través del riego; los fertilizantes solubles en agua y en pequeñas dosis constantes, aplicados

durante la primavera y verano, resultan ser vitales para la salud del árbol y así contrarrestar el estrés (Hernández y González, 2000).

Los riegos deben ser lentos y por la tarde o noche, para que se evapore menos agua y ésta pueda penetrar al menos los primeros 30 cm de profundidad, de lo contrario las raíces subirán más a la superficie hasta donde penetre el riego. Debe evitarse el riego con pipa y chorro a presión, ésto no funciona con los árboles, sobre todo si no tienen cajete y cubrepiso, que amortigüe el impacto del chorro de agua (Hernández y González, 2000).

La disponibilidad de agua en el suelo depende en gran parte de los sistemas utilizados para la aplicación del agua de riego, los cuales juegan un papel muy importante en las funciones fisiológicas de la planta determinadas por la eficiencia de aplicación del agua (Garratt, 1992).

3.7 Alternancia

En huertas adultas con problemas de sombreo, la producción y calidad de la nuez disminuye y aumenta la alternancia (Eacher, 1985; Herrera, 1996; Herrera, 2004). Una de las medidas que se sugieren es la poda de aclareo en ramas en una forma selectiva, esto con el fin de incrementar la penetración de luz al tallo, estimulando la formación de follaje hacia el interior de la copa, disminuyendo notablemente la alternancia (Arreola y Lagarda, 2002).

En nogaleras en producción dentro del ciclo de alternancia, la cantidad total de carbohidratos es generalmente mayor en los brotes que fructifican (Woods y Means, 1981). Sin embargo durante la etapa de

crecimiento rápido del embrión del fruto, a finales de julio y a principios de agosto, se presenta un descenso en el contenido de almidón en los brotes, lo cual indica un periodo de tensión nutricional, donde el nitrógeno actúa en forma importante en este proceso y en esta parte del periodo vegetativo, pues esto coincide con el inicio de la diferenciación floral, la expansión rápida del endospermo acuoso y un alto nivel de azúcares en el óvulo. A principios de septiembre, los carbohidratos en el tallo disminuyen y se incrementan tanto en los brotes fructíferos como en vegetativos, lo cual aparentemente sugiere una inducción de éstos por factores ambientales (Tarango, 1992).

4. Susceptibilidad del nogal a deficiencia hídrica es sus diferentes etapas fenológicas.

4.1 Antes de brotación a inicio de brotación.

En los primeros meses del año y hasta antes de la brotación de los árboles se ha encontrado que el consumo del agua y pérdida por precolación directa del suelo es bastante bajo, debido principalmente a que la demanda ambiental es baja y al mismo tiempo los requerimientos del árbol son casi cero ya que todavía no tiene hojas. Los valores del consumo de agua calculada durante el periodo, corresponden principalmente al agua perdida a través de la evaporación directa del suelo (Godoy *et al.*, 2000).

Datos obtenidos en un estudio muestran que la pérdida por evaporación del suelo pueden representar hasta 30% del consumo total durante este periodo y el resto del ciclo del cultivo (Avalos, 1994; Godoy, 1996).

4.2 Inicio de brotación a receptividad del estigma

Durante este periodo la extracción de la humedad del suelo es un poco más intensa que en el periodo anterior a la brotación. En los primeros días, después del inicio de la brotación, los carbohidratos almacenados en el ciclo anterior son translocados y utilizados durante la brotación, expansión de la hoja, brotes, y para iniciar el crecimiento del sistema radical. Tal vez esta sea la explicación de por qué aun cuando en el árbol están sucediendo los eventos antes mencionados, el consumo del agua durante estos días todavía no es muy alto (Godoy *et al.*, 2000).

En el periodo de mayor crecimiento del brote y expansión de las hojas, el consumo de agua se incrementa de manera significativa. Además, se considera que el contenido de humedad del suelo no debe de descender más del 50% de la humedad aprovechable para no afectar estos eventos (Godoy, 1994; Miyamoto, 1985; Worhington *et al.*, 1992).

4.3 Morfología estomática y fotosíntesis

El nogal cuenta con hojas de tipo compuesto formadas por 5 a 19 folíolos. Las hojas contribuyen directamente en el desarrollo de la nuez y proveen de reservas alimenticias que son almacenadas en tallo y raíz, las cuales servirán para el crecimiento del árbol y desarrollo de la nuez al año siguiente. Estas reservas son producto de la actividad fotosintética que se lleva a cabo en los cloroplastos a través de los estomas (Camargo, 2001).

4.4 Estomas de foliolos

El intercambio gaseoso consiste en la interacción que se lleva a cabo entre ambiente-planta, la cual libera oxígeno (O_2) y captura dióxido de carbono (CO_2) de la atmósfera a través de los estomas (Mexal *et al.*, 2003). Las estomas dentro de su composición anatómica, están constituidos por un par de células guarda y oclusivas rodeadas de células acompañantes; la separación que se produce entre éstas dos células se denomina ostiolo, éste regula la apertura y tamaño total del poro (morfología del estoma). El ostiolo está regulado por factores ambientales como tiempo, intensidad lumínica, concentración de CO_2 y disponibilidad de agua (Ball, 1987). En casos de sequía (estrés hídrico) las estomas se cierran impidiendo la pérdida de agua en la planta. Sin embargo, también imposibilita el intercambio de gases y, consecuentemente, la entrada de CO_2 atmosférico disminuyendo el rendimiento fotosintético (Daily *et al.*, 1997).

Los foliolos mediante la fotosíntesis captan y utilizan la energía de la luz para transformar la materia inorgánica de su medio externo en materia orgánica que utiliza para su crecimiento y desarrollo (Ponomarev, 2008).

Los frutales caducifolios presentan un sistema anatómico de conducción donde se transporta agua y solutos del suelo a las hojas que se denomina xilema. Este sistema es afectado por la interacción de los factores antes mencionados mostrando mayor o menor crecimiento de la madera manifestando un cambio morfológico de forma, tamaño y cantidad (González *et al.*, 2004). En las hojas de nogal se realizan los procesos de fotosíntesis y fotorrespiración, los cuales llevan a cabo en los cloroplastos a través de las estomas (Ponomarev, 2008; Mexal *et al.*, 2003).

4.5 Fotosíntesis y Respiración

El objetivo de la fotosíntesis es producir glucosa para proporcionar alimento a la planta. Se lleva a cabo en los cloroplastos de las hojas y consiste en una serie de reacciones que requieren energía en forma de luz. La glucosa está formada por carbono, hidrogeno y oxígeno (Dejong y Ryugo, 1998).

Este proceso ocurre en dos etapas diferentes:

- a) FASE LUMÍNICA: Las plantas absorben agua del suelo por la raíz y las llevan a los cloroplastos por medio de sistemas de transporte. El oxígeno del agua se libera a la atmósfera y la energía se almacena.
- b) FASE OSCURA: La planta incorpora dióxido de carbono del aire y de esta forma obtiene los dos elementos necesarios para formar la glucosa: carbono y oxígeno.

Las células oclusivas de las estomas tienen la capacidad de determinar la apertura o cierre del poro estomático (ostiole) donde se regula la entrada y salida de gases. El dióxido de carbono ingresa por ahí y el oxígeno se libera, también, por los poros estomáticos (Coletto, 1995).

El proceso de respiración celular es el proceso inverso a la fotosíntesis. En la respiración se obtiene energía y utiliza oxígeno y un carbohidrato (por ejemplo la glucosa) para producir agua, dióxido de carbono y la energía deseada; en cambio la fotosíntesis utiliza agua, dióxido de carbono y energía deseada (solar) para producir oxígeno y carbohidratos (Ninot, 1999).

4.6 Importancia biológica de la fotosíntesis

La fotosíntesis es el proceso bioquímico más importante de la biosfera por varios motivos:

1. La síntesis de materia orgánica a partir de la inorgánica se realiza fundamentalmente mediante la fotosíntesis; luego irá pasando de unos seres vivos a otros mediante las cadenas tróficas, para ser transformada en materia propia por los diferentes seres vivos.
2. Produce la transformación de la energía luminosa en energía química, necesaria y utilizada por los seres vivos.
3. En la fotosíntesis se libera oxígeno, que será utilizado en la respiración aerobia como oxidante.
4. La fotosíntesis fue causante del cambio producido en la atmósfera primitiva, que era anaerobia y reductora.
5. De la fotosíntesis depende también la energía almacenada en combustibles fósiles como carbón, petróleo y gas natural.
6. El equilibrio necesario entre seres autótrofos y heterótrofos no sería posible sin la fotosíntesis.

Se puede concluir que la diversidad de la vida existente en la tierra depende principalmente de la fotosíntesis.

4.7 Factores que influyen en la fotosíntesis

En el rendimiento de la fotosíntesis influyen diversos factores, como la concentración de CO₂, concentración de O₂, escasez de agua, número de hojas de exposición, temperatura, tiempo de iluminación, intensidad luminosa, el color de la luz y la altitud y exposición.

- a) Concentración de CO₂. Si la intensidad luminosa es elevada y constante, el proceso fotosintético aumenta en relación directa con la concentración de CO₂ en el aire, hasta llegar a un cierto límite, en el cual se estabiliza.
- b) Concentración de O₂. Cuanto mayor es la concentración de oxígeno en el aire, menor es el rendimiento fotosintético, debido a los procesos de fotorrespiración.
- c) Escasez de agua. La escasez de agua en el suelo y de vapor de agua en el aire disminuyen el rendimiento fotosintético. Así, ante la falta de agua se cierran las estomas para evitar la desecación, y la entrada de CO₂ es menor.
- d) Número de hojas de exposición. Cualquier tejido que contenga clorofila en sus células puede realizar fotosíntesis, las hojas son los órganos principales para ello. Una exposición óptima en el máximo de hojas, normalmente genera mayor producción de materia seca.
- e) Temperatura. Cada especie está adaptada a vivir dentro de un intervalo de temperatura. Dentro de ese intervalo, a mayor temperatura, mayor eficacia de las enzimas y, por lo tanto, mayor rendimiento fotosintético. Si se sobrepasan los límites de temperatura, se produce alteración enzimática y el rendimiento disminuye. Si se

llega a producir la desnaturalización de las proteínas, sobreviene la muerte de la planta. La máxima actividad fotosintética se consigue entre 15 y 30 °C (Dejong y Ryugo, 1998).

- f) Tiempo de iluminación. Hay especies en las que, a más horas de luz, mayor rendimiento fotosintético. Otras, en cambio, precisan de periodos nocturnos.

- g) Intensidad luminosa. Cada especie está adaptada a vivir dentro de un intervalo de intensidad de luz. Hay especies de penumbra y especies fotófilas. Dentro de cada intervalo, a mayor iluminación, mayor rendimiento, hasta superar ciertos límites, en los que se produce la foto-oxidación irreversible de los pigmentos fotosintéticos.

- h) Color de la luz. La clorofila a y la clorofila b absorben energía lumínica en la región azul y roja del espectro; los carotenos y xantofilas, en la azul; las ficocianinas, en la naranja; y las ficoeritrinas, en la verde. Todos estos pigmentos pasan la energía a las moléculas diana. La luz monocromática menos aprovechable en los organismos que carecen de ficocianinas y ficoeritrinas es la luz verde. En las cianofíceas, que si las poseen, la luz roja estimula la síntesis de ficocianina, y la luz verde, la de ficoeritrina.

- i) Altitud y exposición. Este factor está ligado a otras variables climáticas, principalmente temperatura y humedad relativa, de forma que, a más de 800 metros de altura, los riesgos de helada aumentan enormemente. Sin embargo, a pesar que se cita que el nogal está limitado a una altura máxima de 1000 metros sobre el nivel del mar,

existen huertos que se han desarrollados satisfactoriamente en alturas superiores a los 1,200 metros, caso particular de la Región Lagunera donde la altura es de 1,139 msnm.

5. Fitohormonas

En frutales, se han aplicado las hormonas o fitohormonas, regulador es producidos por la planta, que en muy bajas concentraciones regulan los procesos fisiológicos de la misma; una hormona generalmente se mueve del sitio de producción al sitio de acción, donde influye en una función fisiológica en específico (Rademacher *et al.*, 2006).

Los promotores de crecimiento son, auxinas, giberelinas y citoquinina, que promueven el crecimiento, la división celular y la elongación de las células (Soh *et al.*, 1994). La regulación del crecimiento que estos factores producen en la planta, no depende de una sola fitohormona, más bien, de la interacción de muchas de estas en el tejido en el cual coinciden las siguientes reguladores naturales, auxinas, giberelinas, citoquininas, etileno y ácido abscísico (Gosch *et al.*, 2003).

5.1 Auxinas.

Las auxinas se caracterizan por su capacidad para inducir la elongación de las células de la parte aérea de la planta. Las auxinas se producen en el meristemo apical, en hojas y raíces jóvenes. Las auxinas que se producen en la parte aérea se mueven hacia abajo de la planta y las que se producen en la raíz son transportadas a la parte aérea (Disegna *et al.*, 2006).

5.2 Giberelinas.

Grupo de reguladores que estimulan el crecimiento del tallo, influyen en el enanismo, dormancia y floración. Las giberelinas son diterpenoles de 4 a 5 anillos (18 a 20 carbonos). La más común de las giberelinas es el ácido giberelico, el primero en ser descubierto. El más usado es el G3, por ser fácil de obtener, sintéticamente (Ramírez *et al.*, 2010; Disegna *et al.*, 2006).

La giberelinas, promueven el crecimiento del tallo, elongación de los entrenudos, incremento en el tamaño de la célula y en la división celular. Las plantas enanas tienen baja concentración de ácido giberelico; si se les proporciona, crecen. La giberelina, también actúa en la germinación de algunas semillas y se mueve del endospermo hacia las capas de aleurona donde estimula la secreción de enzimas hidrolíticas, especialmente de la amilasa la cual digiere el almidón, fitina, proteínas, ARN, etc., presentes en el endospermo (almacén de alimentos). La acción de la giberelina también pone disponible la reserva de elementos minerales (Rademacher *et al.*, 2006).

5.3 Citoquininas

Estimulan a las citocinasa, grupo de reguladores que estimulan la división celular en presencia de las auxinas. Al igual que las auxinas, retrasan el envejecimiento de las hojas. La primer citocinina descubierta fue la kinetina. En función fisiológica, la citoquininas se sintetiza en la raíz y son transportadas por el xilema a la parte aérea de la planta y su función es promover la división celular y formación de órganos, interacciona

principalmente con las auxinas, retrasa la senescencia de hojas, frutos, y otros órganos. Inhibe la degradación de la clorofila, promueve el desarrollo de yemas laterales, actúa en el desarrollo del embrión en la semilla, incrementa la expansión celular (Rademacher *et al.*, 2006; Soh *et al.*, 1994).

5.4 Etileno.

Es un gas hidrocarbón no saturado, volátil. En algunos casos el Propileno, el Acetileno y el CO actúan como el Etileno; tienen algunas actividades regulatorias. El etileno y el CO se producen en la planta, y sus funciones fisiológicas son las siguientes, inhibe la elongación del tallo, raíz y hojas, causa la epinastia de los peciolo induce la floración en mango y piña, pero en la mayoría de las especies la inhibe y por último estimula la maduración de frutos (Rademacher *et al.*, 2006; Gosch *et al.*, 2003).

5.6 Ácido abscisico.

También se le conoce como dormina. Esencialmente es un inhibidor de las funciones de la planta. Es un regulador que inhibe el crecimiento celular del follaje y acelera la abscisión de los peciolo de las hojas y yemas. El nivel de ácido abscisico es alto en las yemas y semillas en dormancia. El ácido abscisico también es un indicador de estrés. La aplicación de ácido abscisico a las hojas ocasiona que el estoma pierda turgor y cierre las células guarda. Funciona en la apertura y cierre de las estomas (Soh *et al.*, 1994).

5.7 Uso de reguladores de crecimiento

5.8 Paclobutrazol (PBZ)

El paclobutrazol es una triazina cuyas respuestas son ampliamente reportadas por la disminución de la longitud de los entrenudos y tamaño de las hojas. Este producto se diferencia porque es muy notoria su acción en las plantas especialmente en el caso de los árboles frutales (Osuma *et al.*, 2001).

Este producto penetra por las hojas, tallos y raíces, es traslocado a través del floema. Su mecanismo de acción primario es la inhibición de la oxidación, requerida entre los productos intermedios del kaureno a ácido kaurenoico en la secuencia de la biosíntesis de las giberelina (Rademacher *et al.*, 2006).

El paclobutrazol retarda el crecimiento vegetal debido a que interfiere bloqueando la síntesis de giberelinas, aunque afecta también a otras hormonas: por ejemplo reduce el nivel de ácido abscisico, etileno y ácido indolacetico, y aumenta el de citocinas. Se emplea en la conservación de frutos, como inductor de florecimiento en varias especies y como inhibidor del desarrollo vegetal. Además, existen referencias de que actúa como un agente protector frente al estrés abiótico (Rademacher *et al.*, 2006; Soh *et al.*, 1994).

Debido a la compleja interacción de las diversas hormonas y moduladores vegetales, una misma sustancia puede provocar muchas respuestas distintas dependiendo de la planta que la recibe, a distintos niveles: bioquímico, fisiológico o morfológico. No obstante, se clasifica al paclobutrazol como un retardador del crecimiento, y más específicamente,

como un inhibidor de la biosíntesis de giberelinas (Rademacher *et al.*, 2006).

El paclobutrazol, es un acortador de entrenudos que fué investigando exhaustivamente en los 70's y 80's, la cual fué muy efectivo en reducir el tamaño del árbol. Las aplicaciones de trinchera al suelo de paclobutrazol en plántulas de nogal desarrolladas en invernadero, redujo altura de la planta, peso seco de la planta, longitud de entrenudos, grosor de las hojas y contenido de clorofila por área foliar (Soh *et al.*, 1994). El paclobutrazol (PBZ) disminuye el largo de los brotes, acorta los entrenudos; con ésto es posible aumentar el número de árboles por hectárea y por lo tanto aumentar la producción (Lemus, 2002).

Ethrel

El ethrel, su nombre comercial es el ácido 2-cloroetil- fosfónico (Cl-CH₂-CH₂-PO₃-H₂). Cuando éste se rompe produce Cl⁻, H₂PO₄⁻ y CH₂=CH₂. En piña el ethrel promueve floración. Tiene muchas aplicaciones en hortalizas; incrementa el látex en el árbol del hule, incrementa el grosor del tronco en arbolitos cultivados en macetas. Es un madurador de frutos. Puede utilizarse para eliminar, por abscisión, las hojas de varetas en almácigo. Cambia la expresión del sexo en pepino y melón. Los compuestos fenólicos, que son inhibidores del crecimiento, tienen efectos similares al ethrel. Los fenoles exógenos inhiben la división y el alargamiento celular y evitan la germinación de las semillas (Soh *et al.*, 1994).

**LA APLICACIÓN DE PACLOBUTRAZOL EN FERTIRRIGACIÓN Y EL
CRECIMIENTO VEGETATIVO Y REPRODUCTIVO DE NOGAL
PECANERO**

**THE APPLICATION OF PACLOBUTRAZOL IN FERTIRRIGATION AND
THE VEGETATIVE AND REPRODUCTIVE GROWTH OF WALNUT
PECANERO**

Herminio Sotero Gaspar^{1}, V. P. Álvarez Reyna, Ángel Lagarda Murrieta, Vicente
Hernández Hernández, Arturo Palomo Gil*

¹Estudiante de Maestría UAAAN-UL, ²Dpto de Riego y Drenaje UAAAN-UL, ³Dpto de Horticultura UAAAN-UL, ⁴Dpto de Parasitología UAAAN-UL, ⁵Dpto de Fitomejoramiento UAAAN-UL. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Periférico y Carretera a Santa Fe, A.P.940. Torreón, Coahuila, México. Teléfonos y fax: 01(871) 7331270

**Autor para correspondencia (sotero1281@hotmail.com)*

RESUMEN

La necesidad de buscar tecnología para el control del tamaño de los árboles de nogal pecanero es urgente para poder aumentar la densidad de árboles por hectáreas. El objetivo de esta investigación fue conocer el efecto del paclobutrazol (PBZ) sobre la reducción del crecimiento de brotes vegetativos, y la inducción de floración para producción de nuez.

La investigación se realizó durante 2011-2012 en un huerto comercial de nogal pecanero (*Carya illinoensis* Koch) de 7 años de edad. La dosis aplicada fue 1 L/ha de PBZ para dos variedades Wichita y Western Schley; se evaluaron variables del crecimiento en brotes vegetativos, número de hojas por brote, longitud del peciolo, longitud de raquis de hoja, foliolos por hoja, área foliar por hoja. Se determinó un conteo de fruto por árbol en 2 años consecutivos para evaluar inducción floral y alternancia en la producción.

El efecto en brotes vegetativo al aplicar paclobutrazol PBZ reduce un 90%, la cual indica que el efecto directo retiene el crecimiento, al igual en longitud de los peciolos por hoja reduce a un 32% en los aplicados de la variedad Western Schley, foliolos 20% y en número de hoja por brotes reduce a 6% de la misma variedad. El efecto de los tratamientos en la formación de frutos, indujo mayor floración para número de frutos en Wichita a un 11%, Western Schley a 19%, para la producción de nuez en el año 2012.

Palabras clave: *Carya illinoensis* Koch, alta densidad, área foliar, crecimiento vegetativo, fertirrigación, número de hojas, paclobutrazol.

SUMMARY

The necessity to look for technology for the control of the size of the pecan trees is urgent to be able to increase the density of for hectare. The objective of this trial was to evaluate the capability of the Paclobutrazol (PBZ) on the vegetative shoots length reduction and the effect on flower induction to improve pecan production.

This trial was carried out on 2011 to 2012 in a 7 year old pecan orchard (*Carya illinoensis* Koch). We applied through the irrigation system liter PBZ per hectare; evaluate both Western Schley and Wichita pecan cultivars. We evaluated the length in growth of vegetative shoots, the leaves number per shoot, the petiole length of the folioles and the total length of the leaf rachis the total number of folioles per leaf, and the total leaf area per leaf. It was evaluated the number of fruits during 2011 and 2012 to determine floral induction of the treatment.

The effect on vegetative growth after being applied with PBZ, was observed on reducing 90% observed as the direct effect on the length of the vegetative shoots whereas, it was observed that the length of the foliole petioles, it diminishes by 32% for the Western Schley variety and only 20% in the foliole number per leaf. The leaf number per shoot it was reduced in 6% within the same variety. With regard to the fruit formation of the treatments we observed 11% higher flower and fruit formation on Wichita whereas 19% for Western Schley; this numbers were observe on 2012 year, one year after the (PBZ) application occurred.

Index words: *Carya illinoensis* Koch, high density, leaf area, vegetative growth, fertirrigation, leaf number, paclobutrazol.

INTRODUCCIÓN

En México la superficie de nogal pecanero (*Carya illinoensis* Koch) bajo condiciones de riego es de 75 mil hectáreas (SAGARPA-SIAP, 2008), y su rentabilidad es superior a la de muchos cultivos anuales. En los últimos años, en la Comarca Lagunera se ha incrementado tanto la superficie como el valor de su producción (Orona *et al.*, 2006). La tendencia de población en los últimos años es a plantar más de 100 árboles por hectáreas en el fin de incrementar producción de nuez y reducir costos de producción (Arreola y Lagarda, 2010).

El control químico del crecimiento de árboles frutales ha sido reportados para nogal pecanero, mango, y aguacate, lo cual permite plantar mayor población de árboles por hectáreas. Los productos que se han utilizado son PBZ, Prohexadione de Calcio (Barraza *et al.*, 2011).

Se ha demostrado que en las plantas de mango sin podar, la aplicación de PBZ reduce el número de brotes primarios, pudiéndose atribuir esta disminución, al efecto de restricción sobre el crecimiento ocasionado por el regulador. La aplicación de PBZ, se refleja en una reducción de la longitud de los brotes y induce la floración (Pavone *et al.*, 2008; Martínez, 2008).

El paclobutrazol adelantó cosecha, los árboles de mango tratados con PBZ tuvieron una mayor producción de fruta que los no tratados, lo cual indica que este producto por sí mismo fue capaz de adelantar la cosecha y aumentar el rendimiento del cultivar (Barraza *et al.*, 2011).

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en una huerta de nogal en Tierra Blanca, ubicado en el Ejido Mieleras, Municipio de Matamoros, Coahuila. Esto se realizó en 2011-2012. Se utilizaron dos variedades de nogal Western Schley y Wichita. El diseño experimental que se utilizó fue completamente al azar con un arreglo factorial 2x2x3. Como Factor A: Variedades Western Schley, Wichita. Factor B: Aplicación de Paclobutrazol y testigo. Factor C: Diámetros de tronco árboles con diámetro de 34, 41 y 48 cm, considerando como unidad experimental un árbol de nogal, la aplicación de Paclobutrazol fué bajo fertirrigación en Mayo 2011, con una dosis de 1 Litro/ha es 25%, de los árboles de 7 años de edad.

Se marcaron 10 árboles para cada diámetro de 34, 41 y 48 cm, completando 30 árboles de variedad Wichita con aplicación de PBZ y 30 árbol de testigo; al igual para Western Shely con 30 árboles con aplicación y 30 árboles de testigo, siendo total 120 tratamiento.

Se midió la circunferencia de tronco a una altura de 50 cm al nivel suelo, para evaluar el efecto de PBZ en tres desarrollo de los árboles, del diámetro del tronco se determinó el área seccional del tronco de 34cm a 117.1cm^2 , 41cm a 170.3cm^2 y 48cm con 233.4cm^2 . El objetivo es determinar los efectos de Paclobutrazol (PBZ) desde el crecimiento vegetativo sobre la inducción de floración. Se evaluaron las huertas nogalera de la distancia de plantación de alta densidad de 6x6 m, con una densidad 275 árboles por hectárea. En las huertas evaluadas la producción se encontraba en alternancia en año 2011.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se presentan en los siguientes cuadros:

Cuadro 1. Efecto de paclobutrazol (PBZ) en fertirriego, sobre longitud de brote y número de hojas, para dos variedades: Wichita y Western Schley.

Tratamiento	Crecimiento vegetativo			
	(A) Longitud de brote (cm)	(B) Longitud de brote (cm)	(A) Número de hojas/brote	(B) Número de hojas/brote
Wichita con PBZ	58.7 a	60.2 a	20.9 a	21.6 a
Wichita Testigo	57.1 a	60.5 a	21.2 a	22.6 a
Western con PBZ	57.2 a	57.8 a	16.4 b	16.7 c
Western Testigo	58.3 a	60.2 a	16.6 b	17.9 b

Medias con letras iguales en una columna no son estadísticamente diferentes

(Tukey, 0.05).

Entre variedades no hubo diferencia significativa para longitud de brote de (A y B), en número de hojas por brote (A) hay diferencia significativa para variedad, hay menos efecto en acortamiento en Western Schley que en Wichita de aplicar Paclobutrazol (PBZ), dentro de cada variedad son iguales. En número de brote (B) no hubo efecto para Wichita entre aplicar PBZ y no aplicar. En Western Schley si hay efecto, se redujo en número de hoja por brote en 6% en la aplicación. González (2004) también observó el efecto de PBZ en mango reducen los brotes vegetativos y induce mayor floración par un buen rendimiento en producción y el tiempo para la aplicación es después de la cosecha.

Cuadro 2. Efecto de paclobutrazol (PBZ) en fertirriego, sobre peciolo por hojas, longitud de raquis de hoja, foliolos y área foliar foliar, para dos variedades: Wichita y Western Schley.

Tratamiento	Crecimiento vegetativo			
	Peciolo (cm)	Longitud Raquis (cm)	Foliolos/hoja	Área foliar (cm ²)
Wichita con PBZ	5.6 a	24.8 ab	14.4 c	263.4 a

Wichita Testigo	5.9 a	25.7 a	15.3 b	238.1 b
Western con PBZ	3.7 b	22.0 c	13.1 d	178.3 c
Western Testigo	5.5 a	23.8 b	16.4 a	278.3 a

Medias con letras iguales en una columna no son estadísticamente diferentes

(Tukey, 0.05).

En Wichita no hay efecto por la aplicación para peciolo, y en Western Schley, la aplicación de PBZ reduce la longitud del peciolo en 32%, y para longitud de raquis de hoja en Wichita con PBZ y testigo no hay diferencia significativa y en Western Schley con PBZ y testigo ambos son diferente; en Wichita y Western Schley en aplicación de PBZ y testigo para foliolos estadísticamente son diferente; en western el PBZ reduce en 20% el número de foliolos por hoja; en Wichita el PBZ reduce en 35% el área foliar. Arreola y Lagarda, (2010) reportan que la aplicación de PBZ no afecta en área foliar por hoja en la variedad Wichita, ya que son árboles vigorosos.

Cuadro 3. Efecto de (PBZ), sobre el número de frutos por árbol en año consecutivo 2011-2012.

Tratamiento	Producción de Nuez	
	Número de frutos/árbol 2011	Número de frutos/árbol 2012
Wichita con PBZ	60.7 a	231.0 a
Wichita Testigo	42.0 ab	207.2 a
Western con PBZ	36.6 ab	103.6 b
Western Testigo	20.8 b	86.8 b

Medias con letras iguales en una columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

Hay diferencia significativa para número de frutos por árbol de los años 2011 y 2012, en variedad Wichita con PBZ y sin aplicación son estadísticamente similares, y para Western Schley con PBZ y sin aplicación también

son similares para número de fruto en el 2011. Y para número de fruto en el 2012, Wichita con PBZ y sin aplicación son similares; de la variedad Western Schley con PBZ y sin aplicación son estadísticamente similares, pero en si el efecto en aplicación de PBZ para número de frutos en 2012 en variedad Wichita aumenta un 11% en frutos y para Western Schley aumenta a 19%. Avilán et al., (2007) menciona que en los árboles frutales mango, aguacate y nogal pecanero, que la aplicación PBZ ayuda mejorar mejor la calidad de fruto y disminuye algunos factores que causan alternancia en la producción.

Cuadro 4. Efecto de paclobutrazol (PBZ), sobre longitud de brote y número de hoja antes y después de aplicación en tres diferentes área seccional del tronco AST.

AST	Crecimiento vegetativo			
	(A) Longitud de brote (cm)	(B) Longitud de brote (cm)	(A) Número de hojas/brote	(B) Número de hojas/brote
Wichita 117.1 cm ²	59.3 a	61.2 a	21.4 a	22.2 a
Wichita 170.3 cm ²	57.9 a	60.6 a	20.8 a	22.1 a
Wichita 233.4 cm ²	56.6 a	59.3 a	21.0 a	21.9 a
Western 117.1 cm ²	59.0 a	60.1 a	16.7 b	17.2 b
Western 170.3 cm ²	58.3 a	59.3 a	16.8 b	17.7 b
Western 233.4 cm ²	56.0 a	57.6 a	16.1 b	16.9 b

Medias con letras iguales en una columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

No hubo diferencia significativa para longitud de brote de (A y B); y en número de hoja por brote (A) hay diferencia significativa para variedad Western Schley y Wichita, hay menos efecto en reducción de tamaño de hoja en Western Schley que en Wichita de aplicar Paclobutrazol (PBZ), dentro de cada variedad son iguales. En número de hoja por brote (B) no hubo efecto para Wichita entre tres

diferentes Área Seccional Tronco, tanto variedad Western y Wichita no hubo efecto, no se redujo en número de hoja por brote.

Cuadro 5. Resultados del efecto aplicación del (PBZ), sobre peciolo, longitud de raquis de hoja, foliolos por hoja y área foliar, en diferentes área seccional del tronco AST.

AST	Crecimiento vegetativo			
	Peciolo (cm)	Longitud Raquis (cm)	Foliolos/hoja	Área foliar (cm ²)
Wichita 117.1 cm ²	5.7 a	25.1 ab	14.9 ab	248.2 ab
Wichita 170.3 cm ²	5.7 a	25.1 ab	14.3 b	245.8 ab
Wichita 233.4 cm ²	5.9 a	25.6 a	15.4 a	258.2 a
Western 117.1 cm ²	4.4 bc	22.6 c	14.2 b	222.1 b
Western 170.3 cm ²	5.1 ab	23.6 bc	14.8 ab	239.9 ab
Western 233.4 cm ²	4.2 c	22.5 c	15.3 a	222.8 b

Medias con letras iguales en una columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

En variedad Wichita no hay efecto de cambio en área seccional de tronco para peciolo, y en Western hay efecto área seccional de tronco de 117.1cm² y 233.4cm² se reduce longitud de peciolo. Y para longitud de raquis de hoja para los tres diferentes área seccional de tronco en Wichita son estadísticamente son similares, en western para longitud de raquis de hoja no hay diferencia significativa los tres son similares; en Wichita y Western en área seccional de tronco para foliolos por hoja si hay diferencia significativa que los árboles de menor área seccional de tronco contiene menor foliolos que los de 233.4cm², en Wichita y western de área seccional de tronco para área foliar si hubo diferencia significativa.

Cuadro 6. Resultados del efecto aplicación de (PBZ), sobre el número de frutos por árbol en año consecutivo 2011-2012, en diferentes área seccional del tronco AST.

Tratamiento	Producción de Nuez	
	Número de frutos/árbol 2011	Número de frutos/árbol 2012
Wichita 117.1 cm ²	27.8 b	185.7 a
Wichita 170.3 cm ²	43.3 b	229.9 a
Wichita 233.4 cm ²	82.9 a	241.7 a
Western 117.1 cm ²	10.5 b	61.2 c
Western 170.3 cm ²	33.4 b	124.0 b
Western 233.4 cm ²	42.2 b	100.4 bc

Medias con letras iguales en una columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

Si hay diferencia significativa para número de frutos por árbol de los años 2011 y 2012, hay diferencia significativa para variedad Wichita del área seccional de tronco 233.4 cm² que es el árbol con mayor fruto, y en variedad western no hubo diferencia significativa pero es la variedad que tiene menor frutos por la alternancia del año 2011; y en variedad Wichita para número de fruto por árbol del 2012 no hubo diferencia significativa, en Western Schley el efecto de PBZ indujo floración para mayor número de frutos en los árboles del área seccional de tronco 170.3cm², 233.4cm², lo cual indica que los efectos responde mejor árboles de mayor diámetro.

Cuadro 7. Efecto del (PBZ), sobre longitud de brote y número de hoja (antes y después de aplicación PBZ), en diferentes área seccional del tronco AST.

AST	Crecimiento vegetativo			
	(A) Longitud de brote (cm)	(B) Longitud de brote (cm)	(A) Número de hojas/brote	(B) Número de hojas/brote

Con PBZ de 117.1 cm ²	60.1 a	60.4 a	18.9 a	19.1 bc
Con PBZ de 170.3 cm ²	57.1 ab	58.1 a	18.7 a	19.4 abc
Con PBZ de 233.4 cm ²	56.7 ab	58.6 a	18.4 a	18.9 c
Testigo 117.1 cm ²	58.2 ab	60.9 a	19.3 a	20.3 ab
Testigo 170.3 cm ²	59.1 ab	61.8 a	18.9 a	20.4 a
Testigo 233.4 cm ²	55.9 b	58.3 a	18.6 a	19.9 abc

Medias con letras iguales en una columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

En el área seccional de tronco si hubo diferencia significativa para longitud de brote de (A) del primer lectura antes de aplicación de PBZ, y para longitud de brote (B) no hay diferencia significativa que todos son similares; para número de hoja por brote en (A) no hay diferencia significativa, y para número de hoja por brote en (B) si hay diferencia significativa del área seccional de tronco de 233.4cm² el efecto de aplicar PBZ redujo número de hoja por brote. Arreola y Lagarda, (2010) reportan que la aplicación de PBZ los efectos se distinguen mejor en árboles de menores de edad, al igual correlacionan el área foliar con área seccional del tronco.

Cuadro 8. Efecto de (PBZ) en fertirriego del diferentes área seccional del tronco AST, sobre peciolo por hojas, longitud de raquis de hoja, foliolos y área foliar foliar.

AST	Crecimiento vegetativo			
	Peciolo (cm)	Longitud Raquis (cm)	Foliolos/hoja	Área foliar (cm ²)
Con PBZ de 117.1 cm ²	4.8 bc	23.1 b	14.0 c	216.1 c
Con PBZ de 170.3 cm ²	4.6 c	23.5 b	13.4 c	214.4 c
Con PBZ de 233.4 cm ²	4.6 c	23.5 b	13.8 c	232.1 bc
Testigo 117.1 cm ²	5.3 bc	24.6 ab	15.1 b	254.3 ab
Testigo 170.3 cm ²	6.2 a	25.1 a	15.6 b	271.4 a
Testigo 233.4 cm ²	5.5 ab	24.5 ab	16.9 a	248.9 ab

Medias con letras iguales en una columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

De los tres diferente área seccional del tronco si hay diferencia significativa para peciolo el efecto en aplicar PBZ en los árboles de área seccional de tronco de 170.3cm² y 233.4cm², redujo longitud de peciolo de hoja, y en testigo de los tres diferentes AST para peciolo estadísticamente son similares, y para longitud de raquis de hoja estadísticamente son similares no hubo efecto en aplicar PBZ; para foliolos no hay diferencia significativa de aplicar PBZ de los tres diferentes AST, y en testigo si hay diferencia significativa para los tres diferentes AST el comportamiento de los tres son diferentes, para el área foliar si existe diferencia significativa en aplicar PBZ si hubo efecto aumentó el área foliar de árbol de 233.4cm² AST y para los testigos si hay diferencia significativa en 170.3cm² de AST hubo mayor área foliar.

Cuadro 9. Resultados del efecto de (PBZ) en fertirriego del diferentes área seccional del tronco AST, sobre el número de frutos por árbol en año consecutivo 2011-2012.

Tratamiento	Producción de Nuez	
	Número de frutos/árbol 2011	Número de frutos/árbol 2012
Con PBZ de 117.1 cm ²	20.5 b	105.6 b
Con PBZ de 170.3 cm ²	34.6 ab	164.2 ab
Con PBZ de 233.4 cm ²	67.3 a	171.2 a
Testigo 117.1 cm ²	17.9 b	141.3 ab
Testigo 170.3 cm ²	42.1 ab	189.7 a
Testigo 233.4 cm ²	57.9 a	170.8 a

Medias con letras iguales en una columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

En área seccional de tronco si hay diferencia significativa para número de frutos por árbol del 2011, el efecto de aplicar PBZ en 233.4cm^2 de AST aumentó número de frutos y en los testigos también hay diferencia significativa los tres AST estadísticamente son diferentes los tres y el árbol de mejor producción de 233.4cm^2 AST es decir el efecto se reflejó en los árboles grande; en número de frutos por árbol de 2012 si hay diferencia significativa estadísticamente son diferente el árbol de mayor producción es de 233.4cm^2 AST que los más pequeños de AST y para los testigos los tres AST son similares estadísticamente.

CONCLUSIONES

En la aplicación de paclobutrazol PZB en nogal pecanero, las dosis fue adecuada para promover el crecimiento vegetativo y inducir mayor floración. La dosis comercial de 1 litro/ha, detuvo el crecimiento de brotes productivos, número de hojas por brote, peciolo por hoja, longitud de raquis de hoja, foliolos por hoja y área foliar. El efecto de aplicación de paclobutrazol (PBZ) para crecimiento vegetativo fué negativa y no significativa, se detuvo el crecimiento vegetativo y indujo la floración para producción de nuez en los últimos años. En longitud de peciolo por hoja se reduce en 32% para variedad Western Schley, y en foliolos por hoja para variedad western reducen en 20%. En número de hoja por brote si hubo efecto en aplicar PBZ que para variedad Western Schley redujo a 6%. La correlación entre variables de longitud de brotes en área seccional de tronco fue negativa y no significativa.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al CONACYT por haber financiado durante el proceso de realización del presente trabajo de investigación. ¡**Gracias!**

BIBLIOGRAFÍA

- Avilán L, E Soto, C R Marin, M Pérez, M Rodríguez, J Ruíz (2007) Productividad del mango en una población de alta densidad durante el periodo de plena producción. *Agronomía Tropical*. Vol. 58(2): 181-191. 2008. Centro de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP). Maracay, Estado Aragua, Venezuela.
- Arreola A J G, M A Lagarda, R A Borja (2010) Inducción de crecimiento lateral en nogal pecanero (*Carya illinoensis* Koch) mediante despunte de brotes en primavera. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, vol. 16, núm. 1, enero-abril, pp. 31-36.
- Barraza P M H, J A G Osuna, L R Sánchez, V V Vázquez (2011) El paclobutrazol como promotor de la floración en mango “manila”, aun sin condiciones ambientales inductivas. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, vol. 17, núm. 1, enero-abril, pp.47-51.
- González G J R (2004) Evaluación de paclobutrazol, Ethepon y nitrato de potasio como estimulante de la inducción floral en mango *Mangifera indica* L., variedad tommy atkins en retalhuleu. Tesis. Guatemala, Septiembre 2004. Universidad de san carlos de Guatemala facultad de agronomía. Instituto de investigaciones Agronómicas.
- González R C, S G Lemus, G Reginato (2007) Sintomatología del aborto en flores pistiladas de nogal (*Juglans regia* L.) “SERR” Pistillate flower abortion symptoms on “Serr” walnut (*Juglans regia* L.). Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación La Platina, Casilla 439/3, Santiago, Chile.
- Martínez D G (2008) Efecto de inhibidores de la biosíntesis de giberelinas en la viviparidad del nogal pecanero (*Carya illinoensis* Koch.). INIFAP Costa de Hermosillo.
- Orona C I, J J E Arellano, G G Cervantes, B M Amador, J L G Hernández, J C Santamaría (2006) Aspectos técnicos y socioeconómicos de la producción de nuez (*Carya illinoensis* k) en la Comarca Lagunera, México. *Agricultura técnica en México*, septiembre-diciembre, año/vol. 32 número 003. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Texcoco, México. pp 295-301.

- Pavone R A, L Avilán, L Herrera (2008) Efecto del despuntado, poda y paclobutrazol, sobre la brotación vegetativa y reproductiva de cuatro cultivares de mango. INIA. Centro Nacional de Investigaciones Agrícolas (CENIAP). Febrero-Junio, año/vol.58. Venezuela. pp (4): 351-351.
- SAGARPA-SIAP (2008) Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). SIACON 1980-2008. México. Página web: <http://siap.gob.mx>.
- Wang J, T W Sammis, A A Andales, L J Simmons, V P Gutschick, D R Miller (2007) Crop coefficients of open-canopy pecan orchards. *Agric. Water Manage.* 88(1-3): 253-262.

LITERATURA CITADA GENERAL

- Avalos M A (1994) Uso del agua durante la brotación y crecimiento inicial en el nogal (*Carya illinoensis* K) a diferentes inicios de riego. Tesis de Postgrado. Centro de Investigación y Graduados Agropecuarios. ITA 10. 10:80, p.
- Arreola A J G, Lagarda M A, Medina M M C (2002) Fenología. In: Tecnología de producción en nogal pecanero. CELALA, CINOC, INIFAP. P. 210.
- Arreola A J G, Lagarda M A (2002) Tecnología de la producción en Nogal Pecanero. Capitulo Establecimiento de una huerta de nogal. CELALA-CIRNOC-INIFAP, libro técnico no 3 primera edición, 600 ejemplares, ISBN. 968-800-542-8, Impreso en México, Matamoros, Coahuila, México, Pág. 15-26.
- Arreola A J G, Lagarda M A, Medina M M C (2002) Tecnología de la producción en Nogal Pecanero. Capitulo Fonología. CELALA-CIRNOC-INIFAP, libro técnico no 3 primera edición, 600 ejemplares, ISBN. 968-800-542-8, Impreso en México, Matamoros, Coahuila, México, Pág. 55-76.
- Burondkar M, R Gunjate (1993) Control of vegetative growth and induction of regular and early cropping in “Alphonso” mango with paclobutrazol. *Acta Horticulturae* 341: 206-215.
- Ball J T, Woodrow, I E, J A Berry (1987) A model predictin stomatal conductance and its contribution to the control of photosynthesis under different environmental conditions 4: 221-224. J. Biggins (ed) *Progress in Photosynthesis Research*. M. Nijhoff, Dordrecht.
- Brison R F (1976) Cultivo del nogal pecanero. CONAFRUT, México: pp 4, 79-99.
- Berova M, Zlatev Z (2000) Physiological response and yield of paclobutrazol treated tomato plants. *Plant Growth Regulation* 30: 117-123.
- Castro C H (1991) Correlación entre el Comportamiento estomático y su correspondiente potencial Hídrico en función de la humedad en el suelo Debido a Estrés Hídrico Progresivo en dos Cultivares de Nogal

- Pecadero (*Carya illinoensis* Koch.) Tesis profesional, UAAAN, Saltillo, Coahuila., p.: 4-8.
- Cano R P (1994) Requerimientos climáticos del nogal. In: El Nogal Pecadero Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias, Eds. Centro de Investigación Regional del Norte Centro. Campo Experimental de la Laguna.
- Coletto J M (1995) Crecimiento y desarrollo de frutales. Ed. Mundi-Prensa.
- Camargo L A (2001) Monografía de barrenador del ruezno (*Cydia caryana*) (*fitch*) como plaga potencial del nogal. Torreón Coahuila México. Pp 5-7.
- CELALA-CIRNOC-INIFAP (2002) Tecnología de producción en nogal pecanero, libro técnico no. 3 primera edición, 600 ejemplares, noviembre del 2002. ISBN. 968-800-542-8, Impreso en México. Campo experimental la laguna, instituto de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias centro de investigación regional norte-centro, Matamoros, Coahuila, México, Pág. 222.
- Cárdenas K, Rojas E (2003) Efecto del paclobutrazol y nitratos de potasio y calcio sobre el desarrollo del mango 'Tommy Atkins'. BioAgro 15(2): 83-90.
- Cabello M J, S I Torri, R S Lavado (2007) Tecnología de la fertilización del cultivo de pecán. En: RS Lavado & E Frusso (eds.). Producción de pecán en Argentina.
- Craw D M, W Smithand, W Reid (2004) Pecan cropload management. F-6251. OCES-Oklahoma State University. P. 90-91.
- Daily G C, S Alexander, P Ehrlich, L Goulder, J Lubchenco, P A Matson, H Mooney, S Postel, S T Scheneider, D Tilman, G M Woodwell (1997) Ecosystem Services: Benefits supplied to human societies by natural ecosystems. Issues in Ecology No. 2. 16 pp.
- Domínguez (1988) Determinación de la raíz de copa en vid (*Vitis vinifera*) mediante la material seca reducida. Tesis U.A.A.A.N.U.L.
- Dejong T, Ryugo K (1998) Carbohydrates assimilation, translocation and utilization. Walnut Production Manual. Ch. 13 University of California. Pub. 3373.

- Disegna E, Boido E, Carrau F, Fariña L, Medina K, Méndez M, Rodríguez P, Dellacassa E (2006) Efectos de la aplicación del regulador del crecimiento 3,5-dioxo-4- propionilciclohexancarboxilato de calcio (BAS 125) en la producción de uvas, composición del vino y aroma del cv. "tannat".
- Eacher G R (1985) Pecan Fertilization en Texas Pecan Orchards Management Handbook, Texas. TAES-Texas A&M University, Pág. 90-91.
- Eacher G R, Stein L A (1997) CHAPTER VI. Nutrition. VI: 3-5 in: Texas pecan handbook. Texas agricultural extension service collage station, texas.
- Ferreyra E R, Sellés V G, Ahumada B R, Maldonado B P, Gil M P (2005) Manejo del riego localizado y fertirrigación. La Cruz, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA No. 126. 56p.
- Frusso E A (2007) Características morfológicas y fonológicas del pecan. Capítulo II. Producción de pecan en Argentina. UBA, INTA. Buenos Aires, Argentina. Pp. 1-3.
- Garratt J R (1992) The atmospheric boundary layer, Cambridge University Press. Cambridge, UK.
- Godoy A C (1994) Manejo del agua en diferentes etapas fonológicas del nogal. Memorias del XII Conferencias Internacionales sobre el cultivo del nogal. Delicias, Chihuahua. Pp. 128-137.
- Godoy A C (1996) Crecimiento y desarrollo del fruto del pecanero (*Carya illinoensis* k.) cv. Western y su relación con unidades calor, evapotranspiración y días. ITEA. 92:49-57.
- Godoy A C, I Reyes J, Ica Torres E, M V Huitron R, J Cristian C, J Morales V (2000) Tecnología de riego en Nogal Pecadero. Secretaria de Agricultura Ganaderia y Desarrollo Rural INIFAP CIRNC Campo Experimental la laguna pag. 11 y 29.
- Gosch C, Puhl I, Halbwirth H, Schlangen K, Roemmelt S, Andreotti C, Costa G, Fischer T C, Treutter D, Stich K, Forkmann G (2003) Effects of prohexadione-Ca on various fruit crops: Flavonoid composition and substrate specificity of their dihydroflavonol 4-reductases. European Journal Horticulture Sciences 68(3): 144-151.
- González C G I, Sánchez C I, Villanueva D J (2004) Relación entre la disponibilidad de agua y la formación de anillos de crecimiento anual

- en huertos nogal pecanero. XII Simposium Internacional Nogalero. NOGATEC 2004.
- González C G I, Sánchez C I, D García A (2004) Relación entre el manejo del huerto de nogal y la porosidad del suelo. Instituto Nacional de Investigación Forestal, agrícola y pecuaria. México. p.:279 – 282.
- Hanna E D (1977) Cruzas y efectos de la producción alternada en México. CONAFRUT SARH. VI Ciclo de Conferencias Internacionales de Producción de Nuez de la Republica Mexicana, Pág. 53-56.
- Herrera E (1993) Designing A. pecan Orchids. NMSV. Cooperative extension service. Publication guide H-607.
- Herrera E (1996) Frut growth and development of Ideal and Western pecans. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115: 915-923.
- Herrera E (1996) Caring of pecan trees alter transplanting. New Mexico State University Cooperative Extension Service Guide H-646.
- Herrera E (2004) Libro Manejo de Huertas de Nogal. P.267. Edición libre agosto del 2004.
- Hernández M L, R González B (2000) Manual Técnico para la poda, derribo y trasplante de árboles y arbusto de la Ciudad de México, 166 p.
- INEGI (2009) Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Sistema para la consulta de anuario estadístico de Coahuila de Zaragoza 2009.
- Lagarda M A (1998) Tecnología Integral para la Producción de Nuez en la Comarca Lagunera Memoria del 6° Simposium Internacional Nogalero, NOGATEC 1998, Torreón, Coahuila. México, Pág. 4-12.
- Lemus G (2002) El nogal en chile. Instituto de investigaciones agropecuarias, centro de investigación La platina. Fundación para la innovación Agraria.
- Lagarda M A (2005) Evolución de la tecnología de manejo para la producción de nogal pecanero. SOMECH, Memorias Congreso 2005, Chihuahua, Mexico.
- Medina M M C (1980) Marco de Referencia Regional del cultivo del nogal en la Comarca Lagunera. Matamoros, Coahuila. CAELALA. CIAN. INIA. Informe de Investigación del Nogal.

- Medina M M C (1980) Muestreo técnico agronómico del cultivo del nogal en la Región Lagunera. Matamoros, Coahuila. CAELALA. CIAN. INIA. Informe de Investigación en Fruticultura. p. 150.
- Medina M M C (1979) Marco de referencia regional del cultivo del nogal en la Comarca Lagunera. Informe de Investigación del Nogal. CIFAP-Comarca Lagunera. INIFAP.
- Medina M M C, Chávez G J F J, Figueroa V U (2004) Abastecimiento de Micronutrientes en Nogal Pecanero, Revista Nogaleros, Tiempo de arranque, Asociación Agrícola Local de Productores de Nuez de Chihuahua, Año 1 Edición 2, Pág. 32- 41, Chihuahua. México.
- Miyamoto S (1985) Water Consumption. Growers need to know this to plan irrigation. Pecan south. P. 8-13.
- Medina M M C, Cano R P (2002) Tecnología de producción en nogal pecanero. Noviembre 2002. INIFAP Matamoros Coahuila. México. P: 1.
- Mexal G J, E A Herrera, T W Sammis, W H Zachritz (2003) Moncommesurable values of the pecan industry. Cooperative Extension Service Guide H-654. College of Agriculture and Home Economics. New México State University. Las Cruces NM.
- Ninot C A (1999) El cultivo del nogal. Ecología de la especie. Su cultivo. IRTA-Centre Mas de Bové.
- Núñez M H (2001) Desarrollo del nogal pecanero. In: El nogal pecanero en Sonora. Libro técnico #3. SAGARPA-INIFAP-CECH. Pp 23-28.
- Osuma G J A, R Baez S, V M Medina U, X Chávez C (2001) Residualidad de paclobutrazol en frutos de mango (*Mangifera indica* L.) cultivar Tommy Taquín. Rev. Chapingo S. Hort. 7:275-282.
- Ojeda B D L, O A H Rodríguez, G R L Ochoa, J J M Téllez (2009) Evolución de los sistemas de producción de nuez en México. TECNOCENCIA Chihuahua 3(3): 115-120.
- Orona C I, González C G, Espinoza J (2004) La importancia económica de la nuez pecanera en el norte de México. INIFAP, México.
- Orona C I, Espinoza A J J, González C G, Murillo A B, García H J L, Santamaría C J (2006) Aspectos técnicos y socioeconómicos de la producción de nuez (*Carya illinoensis*) en la Comarca Lagunera, México. Agricultura técnica en México, septiembre-diciembre, año/vol. 32

- número 003. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Texcoco, México. Pp 295-301.
- Ponomarev Y (2008) Climate change increases need for studies of gas Exchange between plants and the air. <http://spie.org/B1#B1>.
- Rademacher W (2000) Growth retardants: Effects on gibberellins biosynthesis and other metabolic pathways. *Annual Review Plant Physiology* 51: 501-531.
- Rivero T S H, López M B C (2004) Micorrización natural e inducida en nogal pecanero. Instituto de Investigación Agrícola, Forestales y Pecuarias. Delicias, Chihuahua.
- Rademacher W, Spinelli F, Costa G (2006) Prohexadione-Ca: Modes of action of a multifunctional plant biorregulator for fruit trees. *Acta Horticulturae* 727: 97-106.
- Ramírez H, Herrera G B, Benavides M A, Rancaño A J H, Álvarez M V, Amado R C, Martínez O A (2010) Prohexadiona de calcio incrementa la capacidad antioxidante, el contenido de licopeno y la actividad enzimática en frutos de tomate floradade. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, vol. 16, núm. 3, septiembre-diciembre, pp. 155-160.
- SAG (1973) Productores de nuez de la Republica Mexicana; primer ciclo de conferencia de. México. P/V.
- Sparks D (1982) Zinc concentration in pecan leaflets associated with zinc deficiency symptoms, *HortScience*, vol. 17. no. 4. Pág. 670-671.
- Soh C H, Kamiya Y, Yoshida S, Yamane H, Takahashi N (1994) Effects of gibberellins and Prohexadione on the activities of oryzain and α -amylase in rice seeds. *Plant Cell Physiology* 35(7): 1037-1042.
- Salas F A (1997) Capitulo 1. Manejo integrado de plagas del nogal. Editores: L.A. Rodríguez del Bosque y SH. Tarango Rivero. Pp. 26.
- SAGARPA (2005) Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Anuario estadístico de la producción agrícola. Servicio de información y Estadísticas Agroalimentaria y Pesquera. México D.F.
- SAGARPA-SIAP (2008) Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (Servicio de Información Agroalimentaria y

- Pesquera). SIACON 1980-2008. México. Página web: <http://siap.gob.mx>.
- SAGARPA-SIAP (2009) Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola 2008. México.
- Thompson T E, Young F (1985) Description of pecan cultivars. Pecan cultivars past and present by The Texas pecan growers association, INC. Colleague Station, Texas.
- Tarango R S H (1992) Fertilización del Nogal, Nutrición y Productividad, Universidad Autónoma de Chihuahua y Asociación Agrícola Local de Delicias, Productores de Nogal y Nuez, I.S.B.N. 968-633-23-9, Pág. 130.
- Tarango R S H, F J Quiñones P, N Chávez S (2001) Control natural de áfidos (Homoptera: Aphididae) del Nogal Pecanero. México. Folleto técnico No. 7. CEDEL-INIFAP. 26 p.
- Taiz L, ZEIGER E (2006) Plant Physiology 4th ed. Sinauer Associates, inc. Publishers. Sunderland, Massachusetts. USA. 764 pp. <http://www.fcagr.unr.edu.ar/Investigacion/revista/rev5/6.htm>.
- Wood B W, Means J L (1981) Carbohydrate change in various organs of bearing and nonbearing pecan trees, J. Amer. Soc. Hort. Sci., vol. 106. no. 6. Pág. 758-761.
- Worthington J W, Lasswell J L, A Stein, M J Farland (1992) Now That you've decided to irrigate... How?... How Much?... Pecan South. 22: 6-18.
- Werner H (1993) Influence of paclobutrazol on growth and leaf nutrient content of mango (cv. Blanco). Acta Horticulturae 341: 225-229.
- Whiley A (1993) Environment effects on phenology and physiology of mango. A review. Acta Horticulturae 341: 168-176.

APÉNDICE