

# MANEJO DE LA NUTRICIÓN Y FERTILIZACIÓN EN EL CULTIVO DEL NOGAL PECANERO

Dámaris L. Ojeda Barrios, Victoria Fernández Fernández, Esteban Sánchez Chávez y Homero Ramírez Rodríguez.

## Resumen

*En la actualidad se tiene conocimiento de que el nogal requiere de 17 elementos esenciales para su buen desarrollo entre estos esta reportado el níquel. Sin embargo el nitrógeno y el zinc son los nutrientes a los que presenta mayor respuesta en crecimiento, desarrollo y calidad. En el manejo agronómico del nogal pecanero actualmente la fertilización es una de las labores que más eleva los costos de producción, esta práctica puede representar del 25% al 50% del total de su producción. La toma de decisiones en cuanto a la aplicación de nutrientes (N,P,K,Zn), dosis, tipo de fertilizante a usar y la época de aplicación deberán basarse en estudios de diagnóstico nutricional tanto en planta como en suelo para aumentar la productividad, así como para preservar el medio ambiente. Por otro lado, se deben conocer las etapas fenológicas y la dinámica nutricional del cultivo para determinar las necesidades nutricionales y diseñar programas de fertirrigación y/o aspersiones foliares para hacer aplicaciones adecuadas y oportunas de nutrientes a través del sistema de riego en función de esas etapas fenológicas.*

## Introducción

El nogal pecanero requiere de 17 elementos esenciales para el crecimiento de las plantas. No obstante el nitrógeno y el zinc son los nutrientes a los que

presenta mayor respuesta en crecimiento y calidad. En el norte de México las aplicaciones más frecuentes son de nitrógeno, fósforo, potasio y zinc.

Para reconocer las necesidades nutricionales de los nogales se utilizan diversos enfoques, dentro de los cuales se tienen la tasa de extracción de nutrimentos, sintomatología visual, análisis de suelos, análisis de agua y el análisis foliar.

### **Extracción de nutrientes**

Esta técnica parte del supuesto de que dentro de la huerta todo es un sistema cíclico y que se deben reponer únicamente los nutrientes que son extraídos por la cosecha. Los niveles de extracción de nutrientes de acuerdo a Sparks (1977) en nogal se presentan en la Tabla 1. Como se puede apreciar las cantidades removidas por esta cosecha son bajas. Sin embargo, el cultivo del nogal no puede desarrollarse satisfactoriamente si solo se aplicaran estas cantidades.

Esto se debe a que se requieren nuevos nutrimentos para la formación de nuevas estructuras de los árboles. Hay que tener en cuenta los nutrientes removidos por las podas, considerar que la descomposición de los tejidos que se incorporan en el suelo no ocurre al ritmo de necesidades de las plantas y, por último, tener en cuenta que la eficiencia de la aplicación de los fertilizantes no es del cien por ciento.

### **Sintomatología.**

El enfoque de la sintomatología visual de deficiencias y excesos de los nutrientes y otros elementos químicos se basa en la afectación de los procesos fisiológicos en los que intervienen. La principal ventaja de este método es que con la participación de un técnico capacitado se pueden realizar diagnósticos confiables a bajo costo. La principal desventaja es que cuando se presentan los síntomas visuales, ya ha ocurrido un daño a la fisiología de la planta que se traducirá en una reducción del potencial de rendimiento.

**Tabla 1.** Cantidad de nutrimentos removidos por una cosecha de 2,000 kg de nueces/ha (Sparks, 1977)

<b>Nutriente</b>	<b>Kg nutrientes/ha</b>
Nitrógeno	17.06
Fósforo	3.86
Potasio	7.38
Calcio	6.52
Magnesio	0.98
Manganeso	0.138
Hierro	0.054
Boro	0.020
Cobre	0.016
Zinc	0.056
Molibdeno	0.0036

A continuación se describen las funciones de los nutrientes y la sintomatología visual de sus deficiencias y excesos.

**Nitrógeno** El N es el cuarto elemento en la composición cuantitativa de los tejidos vegetales, en ellos forma parte de distintas biomoléculas como aminoácidos, proteínas, enzimas, ácidos nucleicos DNA y RNA, hormonas así como en la clorofila y otros componentes celulares (Marshner, 1995; Mengel y Kirkby, 1987). Es altamente móvil dentro de las plantas, por lo que su deficiencia se presenta en las hojas adultas. Como ningún otro nutriente, es determinante del vigor, producción y calidad de la fruta. Por tal razón, el correcto manejo de la fertilización nitrogenada requiere del conocimiento de los ciclos internos del nitrógeno en el suelo y en el árbol. Afortunadamente, en los últimos años se ha enfatizado mucho en comprender cómo las distintas especies frutales utilizan el nitrógeno y los resultados obtenidos permiten un manejo mucho más racional del fertilizante y del sistema suelo-planta en su conjunto (Ojeda et al., 2005).

Cuando este nutriente es deficiente, se reduce el crecimiento de los brotes y cuando los crecimientos anuales no alcanzan más de 15 cm de longitud, es un síntoma de que la planta puede requerir mayor cantidad de este nutriente. También se presentan fallas en el llenado de la almendra.

Por otro lado el exceso de este nutrimento provoca mucho crecimiento vegetativo que puede afectar problemas en la calidad, sobre todo por la germinación de las nueces. El mayor efecto de este nutrimento es en el número de frutos. Esto afecta directamente al rendimiento (Sparks, 1994). Se conocen síntomas de toxicidad por exceso de N (Fig. 1).



Fig 1. Toxicidad de nitrógeno.

Niveles excesivos de N tienden a reducir las concentraciones de otros elementos en el árbol principalmente K y en menor cantidad P, simplemente porque el crecimiento estimulado por el N adicional, diluye la cantidad de K y P. Si la cantidad de K en hoja esta en nivel mínimo, la aplicación de N induce lo que se denomina “quemado”. El “quemado de la hoja” (fig. 2) causa una severa defoliación que aparece primero en la parte basal de las hojas y brotes y progresivamente aumenta hacia las puntas (Goff *et al.*, 2000).



Figura 2.- Desbalance nitrógeno/potasio

El nitrógeno y el potasio parecen estar involucrados en un desorden fisiológico conocido como hoja corchosa, que se manifiesta como áreas necróticas en las hojas del nogal. Este problema se presenta en huertas donde la fertilización nitrogenada es alta, y el suministro de potasio es bajo. Las variedades más afectadas son Shoshoni, Desiderable, y Cheyenne. No obstante, un estudio donde se evaluaban dosis de nitrógeno y potasio no se encontró efecto significativo en la interacción de estos dos nutrientes. Solo en tres de 11 años en estudio se encontró que el síntoma se redujo cuando se incrementaban las dosis de potasio (Worley, 1991).

**Fósforo.** Participa en los procesos energéticos de las plantas. Es móvil dentro de los tejidos por lo que se transloca a los tejidos jóvenes cuando hay bajos niveles de abastecimiento por parte del suelo. Su deficiencia provoca palidez en las hojas más adultas las cuales se tornan de un color rojizo. Síntomas de su exceso no han sido reportados, pero pudieran presentarse problemas en el funcionamiento de otros nutrientes, especialmente con zinc. El fósforo afecta la calidad de los frutos, incrementando el por ciento de almendra (Sparks, 1994). El N y P están íntimamente involucrados en el metabolismo y crecimiento de las plantas, tienen numerosos puntos de interacción y sus procesos son dependientes. El papel del P en el metabolismo del N se ha estudiado con

detalle, la asimilación de  $\text{NO}_3^-$  se ve alterada cuando las plantas son privadas de P (Ruiz y Romero, 1999).

**Potasio.** El K es el segundo macronutriente más requerido por el pecán, donde es requerido para una mayor producción. No tiene una función estructural, pero desempeña numerosos papeles catalíticos, que no están muy claramente definidos (Marschner, 1995). Más de 50 enzimas, dentro de las que se encuentran la nitrato reductasa, enzima clave en la asimilación del nitrato y otras que participan en el metabolismo del N son estimuladas por este elemento, ya que induce cambios en la conformación de las enzimas, aumentando la velocidad de las reacciones catalíticas ( $V_{\text{max}}$ ) y en algunos casos aumenta la afinidad por el sustrato (Marschner, 1995). En concentraciones adecuadas favorece los procesos de absorción y translocación de N (Ruiz et al., 1999). Algunos autores mencionan que su papel principal es el de mantener la turgencia de las células, por ello la apertura y cierre de estomas está regulada por el contenido de K en células guardia. Este nutriente está involucrado también en el transporte de carbohidratos, regulación de ósmosis y otros procesos fisiológicos en las plantas. Sus funciones más importantes están en el transporte de azúcares y la regulación hídrica de la planta. Es un elemento móvil dentro de las plantas, por lo que su deficiencia se presenta en los tejidos más adultos. Las deficiencias se manifiestan durante el verano como una necrosis marginal que inicia primeramente en las hojas más adultas. Estos síntomas son más aparentes en la variedad Wichita. Síntomas de excesos no se han apreciado, pero pudiera provocar desbalances nutricionales, sobre todo con magnesio. Al igual que fósforo también influye positivamente en el por ciento de almendra de las nueces (Sparks, 1994).

**Magnesio y Calcio.** El primero participa estructuralmente en la clorofila, mientras que el segundo es un elemento esencial en la pared celular y juega un papel importante en la integridad de la membrana celular, interviene en muchas funciones celulares como secreción, regulación del intercambio de gases, balance iónico, expresión genética, metabolismo del carbono etc. La influencia del Ca en el metabolismo del N depende principalmente de la fuente nitrogenada usada. Cuando la forma nitrogenada es

$\text{NH}_4^+$ , la aplicación de Ca aumenta la absorción de  $\text{NH}_4^+$  y mejora la utilización de N en la planta, mejorando los rendimientos en producción y biomasa (Azcón-Bieto, 2000).

**Hierro.** Participa activamente en procesos enzimáticos, tanto en la fotosíntesis como la respiración, y es también un elemento esencial en la síntesis de clorofila (Mengel y Kirkby, 1987). Este nutriente es poco móvil en el árbol. La carencia de hierro se presenta al inicio de la estación de crecimiento (mediados de abril-principios de mayo<sup>1</sup>) y se hace más evidente conforme avanza el ciclo (Tarango, 2004).

Las deficiencias se manifiestan como una clorosis general de las hojas jóvenes, en las cuales solo las nervaduras permanecen verdes Fig. 3); bajo condiciones severas la clorosis puede presentarse en todas las hojas del brote, para posteriormente aparecer necrosis en los bordes de las hojas y el color amarillo puede tornarse blanco. Asimismo, el potencial de producción de flores y de amarre de los frutos se reduce (Núñez, 2001).



Fig. 3.- Síntomas de deficiencia de hierro.

**Manganeso.** Este elemento participa en diversos procesos enzimáticos. Su deficiencia no es común, aunque la sintomatología en hojas de oreja de ratón,

---

<sup>1</sup> NOTA DEL EDITOR: recordar que se trata del Hemisferio Norte

en la cual la nervadura central sales de la lámina foliar ha sido relacionada con deficiencias de cobre o manganeso. Sin embargo este problema es bastante complicado, atribuyéndosele a diversos desordenes nutricionales y fisiológicos y se le ha encontrado relación con Fe, la relación N/S y al calcio (Marschner, 1995) y últimamente se asocia a una deficiencia de Ni (Wood, 2002).

**Cobre.** Este elemento participa principalmente en procesos de oxidación-reducción. Al igual que al manganeso se le ha relacionado con el síntoma de la oreja de ratón. No se han reportado deficiencias de cobre en huertas de nogal (Tarango, 2004).

**Boro.** Participa en la formación y distribución de azúcares en las plantas. Actualmente no se han detectado deficiencias de este elemento en las huertas con nogales. Uno de sus efectos pudiera observarse en el amarre del fruto ya que participa en la germinación y crecimiento del tubo polínico. En regiones áridas del suroeste de Estados Unidos no se ha encontrado respuesta a la aplicación foliar de borato de sodio en dosis de 1.5 Kg por ha (Kilby et al., 1998). Rara vez se encuentran los síntomas foliares de carencia de boro. En las regiones áridas, generalmente hay suficiente B para los nogales. Un exceso de B puede ser más común que una carencia (Tarango, 2004).

**Zinc.** Junto con el nitrógeno, este elemento es uno de los nutrientes claves en la producción y calidad del nogal pecanero. Participa en la formación de triptófano un precursor del ácido indolacético (AIA), auxina que promueve el crecimiento de los tejidos vegetales (Mengel y Kirkby, 1987). Esta auxina promueve el crecimiento de las hojas y entrenudos. Cuando los niveles de AIA, son bajos, los entrenudos son cortos y las hojas pequeñas y lanceoladas dando la apariencia de una roseta. La deficiencia de este nutriente también afecta la formación de la clorofila y el intercambio gaseosos por los estomas. El nivel mínimo foliar para alcanzar las máximas tasas de este proceso es de 15 ppm (Hu y Sparks, 1991).

La deficiencia de zinc provoca la reducción de la calidad de la nuez (Hu y Spark, 1991). El peso del ruezno, el peso de la cáscara de la nuez, el peso de la

almendra, el por ciento de almendra, el volumen por nuez, la densidad de la nuez, la longitud y ancho de la nuez y el grosor de la cáscara de la nuez son afectados negativamente en árboles deficientes de zinc. El número de nueces por brote se reduce de 2.2 en árboles normales a 1.3 en árboles deficientes. Así mismo, la apertura del ruzno se puede retrasar hasta en 42 días en los árboles con síntomas de deficiencia severa. Brotes con síntomas de roseta prácticamente no presentan nueces (Núñez, 2001).

**Níquel.** Recientemente se ha demostrado que el níquel es el causante del síntoma conocido como “oreja de ratón” en nogal pecanero (Wood *et al.*, 2002), aunque su función fisiológica aún no está bien definida. El níquel es parte de la estructura de la enzima Ureasa, la cual afecta el metabolismo de N en el árbol (Figuroa, 2006). De acuerdo a este autor, este síntoma se presenta comúnmente en huertas o árboles replantados en sitios donde había nogales maduros, debido probablemente a una acumulación excesiva de Zn. Aunque también se puede observar en árboles creciendo en suelos arenosos o con pH tendiente a la acidez. En México no hay productos a base de Ni que se comercialicen para corregir esta deficiencia (Figuroa, 2006).

### **Análisis de suelo**

Esta técnica permite conocer las condiciones en las cuales las raíces toman los nutrientes para su desarrollo. En los frutales, la cantidad de nutrientes determinados pocas veces se relaciona con el desarrollo de las plantas. Esto se debe en parte a que sus sistemas radicales tienen mayor grado de exploración. No obstante, se pueden, determinar satisfactoriamente los elementos o compuestos químicos que producen toxicidad (salinidad). Por otro lado, las condiciones físicas, como textura, densidad aparente, capacidad de infiltración, compactación del suelo, son determinantes para el desarrollo de las raíces y por ende de las plantas (Herrera, 2005). En la Tabla 2 se presentan los niveles adecuados para el desarrollo de este cultivo en la región Nogalera de Jiménez, Chihuahua, México (Guerrero *et al.*, 2000). La escala de clasificación de las propiedades básicas del suelo fueron propuestas por Uvalle-Bueno (1995), generadas mediante el Diagnóstico Diferencial Integrado (DDI) y adaptadas a los requerimientos del nogal pecanero. (Guerrero *et al.*, 2000)

El nogal puede prosperar satisfactoriamente, aun cuando no se presenten las condiciones óptimas. Sin embargo la implementación de prácticas de manejo deberá llevarse a cabo para lograrlo. Por ejemplo, en un suelo con pH de 8.0 se tendrá mayor problema con deficiencias de zinc, por lo que se requerirán de una a dos aplicaciones más de este elemento. Con relación a la textura, se puede cultivar nogal en suelos arenosos con un buen suministro de agua, antes de que la humedad aprovechable del suelo se abata al 50 %; mientras que en suelos arcillosos, la condición es que no se tengan problemas de infiltración de agua. En el caso de los nutrientes, sí estos se encuentran en condiciones bajas, se deben de adicionar al suelo (Núñez, 2001).

Tabla 2.- Condiciones óptimas del suelo para el desarrollo del nogal pecanero.

Características del suelo	Valores
Textura	Franco arenosa a Franco Arcillosa
Densidad aparente (g/cc)	1.10
Espacio Poroso %	38
Conductividad Hidráulica cm/hr	1.68
pH	6.2-7.5
Conductividad. Eléctrica (extracto de saturación, dS/m)	< 2.00
CaCO <sub>3</sub> (%)	2.1
Por ciento de Sodio intercambiable (PSI)	< 10.00
Materia organica (%)	1.61
N-N03 (ppm)	40
Fósforo Olsen (ppm)	16
Potasio soluble (ppm)	41
Calcio Kg/ha	5626
DTPA - Fe (ppm) <sup>1</sup>	10
DTPA - Zn (ppm)	2.51
DTPA - Mn (ppm)	20.1

1 Micronutrientos extractables con DTPA (dietilén triamino pentacético)

## **Análisis de agua**

El nogal pecanero es un cultivo considerado como sensible a la salinidad. Es conveniente conocer el tipo y la cantidad de sales del agua de riego, particularmente cuando es de pozo, para determinar las necesidades de acidificación y seleccionar adecuadamente los fertilizantes. Los datos del análisis de agua y de suelo se usan conjuntamente, sobre todo cuando se fertirriega (Tarango, 2004). Aguas de riego con 0.5 a 0.75 mmhos/cm son aptas para la mayoría de los suelos agrícolas. En suelos arcillosos, valores más altos afectan el rendimiento y desarrollo de los nogales. Suelos arenosos con buen drenaje pueden tolerar hasta 2.00 mmhos/cm. El RAS no debe exceder valores de 3 a 5 (Miyamoto, 1994).

La muestra de agua debe tomarse de la fuente de abastecimiento. Si esta proviene de un pozo es conveniente tomar la muestra una vez que el pozo tenga al menos 24 horas funcionando. Se debe colocar en un recipiente de plástico, envuelto en una bolsa de papel y enviarla lo más pronto posible para su análisis.

## **Análisis Foliar**

El principio de esta técnica se basa en la relación que existe entre la concentración de los nutrimentos en el tejido de las plantas y su desarrollo y rendimiento. En nogal se han establecido valores de referencia para determinar la condición nutricional de los nogales (Herrera, 1983; Sparks, 1977; Nuñez, *et al.*, 1991; Meraz, 1999, Chávez, 2005 y Ojeda, 2005). Esto permite ajustar los programas de fertilización. Este tema se analiza en detalle en el capítulo correspondiente.

Existe un efecto varietal en la concentración de nutrimentos. Los mayores efectos se han reportado para los micronutrientes Zn y Mn (Worley, 1991). En la Tabla 3 se presenta el efecto varietal en la composición mineral del nogal pecanero en la Costa de Hermosillo (Núñez y Valdez, 1991). En este cuadro se pueden apreciar efectos significativos de la variedad en el contenido de nitrógeno, potasio, y magnesio. En esta tabla, la concentración es sobre la

base de peso seco (Núñez *et al.*, 2001)

El éxito de un diagnóstico depende de los procedimientos de muestreo realizados. Es importante seguir un patrón de muestreo año con año. La concentración de nutrientes varía entre variedades, época de muestreo, posición de la hoja muestreada y entre folíolos dentro de una hoja.

**Tabla 3.-** Composición mineral de siete variedades de nogal pecanero en la costa de hermosillo.

Variedad	N %	P %	K %	Mg %	Fe ppm	Mn ppm	Zn ppm	Cu ppm
Western	2.6	0.18	1.33	0.25	202	190	24	20
Wichita	2.3	0.17	1.66	0.26	162	230	19	18
Cheyenne	2.3	0.17	1.25	0.30	180	282	27	18
Mig	2.3	0.18	1.50	0.31	185	292	18	17
Shoshoni	2.2	0.16	1.12	0.36	247	210	21	18
Rincon	2.2	0.17	1.10	0.34	152	235	26	17
Mahan	2.2	0.16	1.18	0.33	207	212	22	17

Existen diversos enfoque para interpretar los resultados del análisis foliar (ver capítulo correspondiente). El mas reciente es el denominado Sistema Integrado de Diagnóstico y Recomendación (DRIS por sus siglas en ingles). Este sistema tiene la ventaja de que ordena los nutrimentos de acuerdo al requerimiento. Durante dos años se generaron normas DRIS para la región de Jiménez, Chih, de acuerdo a diferentes dosis aplicadas de nitrógeno y fósforo encontrándose el requerimiento de la siguiente manera Mn> Zn> N> P >K> Fe> Cu (Basurto *et al.*, 1995).

## Fertilización

Esta práctica consiste en adicionar al suelo los nutrientes que éste no

puede proporcionar a las plantas. La fertilización de los árboles de nogal o de la huerta es una de las prácticas más importantes durante el año y deberá ser integrada dentro del programa de manejo general de la huerta (Núñez, 2001).

Una estrategia de manejo apropiado de la fertilización toma en cuenta factores intrínsecos de los fertilizantes e incluye otros factores como pH de suelo (ácido, neutro o alcalino), textura de suelo (fina, media) composición química del suelo (por ejemplo cantidades de diferentes elementos en la solución del suelo; capacidad de intercambio catiónico), atmósfera del suelo (aeróbica o anaeróbica), microflora del suelo (tipo y abundancia de microorganismos), tipo y costo de la fuente a utilizar, tipo de cultivar (con alta alternancia o moderada alternancia), humedad del suelo (saturado, húmedo, seco), movimiento del agua a través del perfil del suelo, cubiertas en los huertos (cultivos limpios, pastos o legumbres), cantidad y método de irrigación (inundación, goteo o aspersión), edad fisiológica de los árboles (jóvenes, intermedios o viejos), nivel del nutriente en los árboles (bajo, moderado, alto), periodos de demanda (desarrollo de follaje, llenado de almendra, dormancia), temperatura del aire (frío, moderado, caliente) localización de las raíces absorbedoras en el perfil del suelo (superficiales, medias o profundas ( Wood, 2002)

En las huertas adultas, los costos derivados por la fertilización corresponde alrededor del 16 % del costo total de producción anual (SAGAR, 1998). Existen cuatro factores base para asegurar el éxito de un programa de fertilización. Primeramente se debe definir que tipo de nutrientes y fertilizantes se deben de utilizar, en segundo termino aplicarlo en la época óptima, el tercer factor es colocar el fertilizante en el lugar adecuado y por ultimo, utilizar la dosis que requieren las plantas para su óptimo desarrollo (Kilby, 1990).

Los nutrientes más requeridos por los nogales a nivel mundial son el nitrógeno y el zinc. El nogal, al igual que muchos frutales presentan gran habilidad para la absorción de fósforo y potasio (Tarango, 2004). El resto de los nutrientes se aplica en menor cantidad, y no en todas las huertas.

El periodo de máxima demanda de nutrientes es cuando ocurre el mayor crecimiento de las plantas. Tomando en cuenta que los fertilizantes pasan por una serie de reacciones químicas y biológicas antes de que puedan formar parte de la solución del suelo, que es de donde las plantas los toman, estos deben aplicarse con anticipación. Por otro lado, las plantas perennes utilizan algunos de sus órganos como reservas de nutrientes en forma de componentes orgánicos. Por ello, lo óptimo es que entren al reposo bien abastecidas nutricionalmente, para que durante la brotación, cuando las raíces no presentan actividad elevada, el crecimiento y desarrollo de brotes se satisfactoriamente con las reservas de la planta. Por esto que fertilizaciones de postcosecha se han vuelto comunes en la industria nogalera de Sonora, sin embargo en la zona nogalera de Chihuahua y Coahuila esta práctica aún no es común, aunque los resultados de estudios recientes muestran que es posible observar que los árboles en etapa de producción muestran una tendencia positiva a la fertilización tardía (Ojeda *et al.*, 2005).

El sitio correcto donde se deben colocar el fertilizante varía de acuerdo a la movilidad del nutriente, a las condiciones del suelo y sistema de riego utilizado. En general, el nitrógeno presenta alta movilidad en el suelo, tanta que en suelos arenosos deben extremarse el manejo del agua para evitar lixiviaciones. El potasio tiene movilidad moderada, mientras que la del fósforo es muy restringida. Estudios acerca de la movilidad del éste último han demostrado que se puede desplazar 5 cm del sitio donde se aplicó antes de que sea inmovilizado, como una forma de fosfato cálcico en suelos calcáreos, el cual es de utilización reducida por parte de las plantas. Por otro lado, el nitrógeno puede presentar pérdidas por volatilización del amoníaco gaseoso hacia el aire. Para esto también hay que considerar la densidad de las raíces del nogal. Entre mayor sea la densidad de raíces mayor capacidad se presentará para la absorción de nutrientes, como el fósforo.

La cantidad del nutriente a aplicar será determinada por la edad de los árboles, su desarrollo, eficiencia del fertilizante y las condiciones del suelo. Por supuesto que las necesidades de las plantas es el punto más importante en determinar la dosis, sin embargo se debe considerar la eficiencia de

aprovechamiento del fertilizante. Esto se refiere a que no todo el nutriente aplicado es aprovechado por las plantas, diversas porciones se pierden dependiendo de la naturaleza del fertilizante. En el caso del nitrógeno pueden existir pérdidas por volatilización, desnitrificación y lixiviación, o por el uso de otras plantas presentes en la huerta. Las pérdidas pueden llegar a ser hasta del 75 %, si no se llevan a cabo prácticas de manejo. Entre otras, colocar el fertilizante debajo de la superficie del suelo el cual debe contener humedad suficiente para solubilizarlo. Las fuentes amoniacales son las que presentan mas problemas de volatización, mientras que en las fuentes nítricas este problema es casi nulo. En cambio, en los suelos muy arcillosos y húmedos se pierde por desnitrificación.

A continuación se realizará una descripción del suministro de diversos nutrientes a las huertas de nogal.

**Nitrógeno.** Este nutriente es absorbido principalmente como ión nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y en menor cantidad como amonio ( $\text{NH}_4^+$ ). La fertilización nitrogenada prácticamente puede iniciarse desde el primer año de plantación. Los requerimientos por árbol son de 50 gramos de nitrógeno para el primero, 150 gr para el segundo, 250 gr para el tercero, 400 gr en el cuarto y 550 gr en el quinto año. Si los árboles jóvenes presentan crecimientos mayores de 1.5 metros por año, se recomienda reducir o eliminar el suministro de nitrógeno, por otro lado, si este es menor a 60 cm debe de ser incrementado. Después de esta etapa se puede tomar como guía general el aplicar de 90 a 100 gramos de nitrógeno por cada cm de diámetro del tronco. Los árboles adultos requieren de 150 a 250 kg de nitrógeno por ha, dependiendo del tipo de suelo, edad de la planta y rendimiento. En Georgia (EE.UU) se evaluaron dosis de 112 a 224 kg por hectárea y se encontró que a largo plazo (8 años) no se tuvieron diferencias en el rendimiento. Sin embargo, hubo una tendencia a producir más nuez con la dosis alta y los árboles más productivos fueron aquellos que presentaron 2.50% de nitrógeno en el follaje (Worley, 1991). Las plantas con mayor dosis de nitrógeno requirieron mayor dosis de potasio.

Si los crecimientos terminales de la parte superior del árbol muestra crecimientos menores de 15 cm, es un indicativo de que el programa de fertilización esta quedando corto y se debe incrementar su suministro. Por otro lado, si es mayor de 30 cm lo más probable es que se está aplicando de más. Fertilizaciones hasta de 300 kg/ha pueden recomendarse en huertos donde se produzcan más de 3.0 toneladas por ha. El aplicar la cantidad de nitrógeno de acuerdo a los requerimientos por la cosecha ayuda a reducir niveles de alternancia.

En árboles jóvenes se sugiere dividir la dosis anual en 4 o 5 partes durante los meses de crecimiento, realizando también una aplicación antes de brotación. En sistemas de riego presurizado se puede dividir la dosis anual en los meses de riego y aplicarlo a través del sistema. Es importante que al menos el 25% de la dosis total se aplique antes de la brotación para permitir que se encuentre en la solución del suelo antes de que sea requerido por la planta. En huertas podadas, la dosis del fertilizante se reducirá directamente proporcional a la cantidad de madera podada. Si la poda elimino el 25 % de la madera entonces hay que reducirla en un 25 % (Kilby, 1990).

En los árboles adultos, con un sistema de riego por gravedad, se recomiendan tres épocas de fertilización nitrogenada, una en prebrotación, otra en abril y la final en mayo<sup>1</sup>. La proporción de las fertilizaciones es del 40 % para la primera, 20 % en la segunda y del 40 % en la tercera. Al igual que en los árboles jóvenes, si se cuenta con un sistema de riego presurizado, puede fraccionarse la dosis durante la etapa de crecimiento del nogal. Nuevamente, es conveniente aplicar al menos el 25 % de la dosis total en prebrotación (Núñez, 2001).

De acuerdo con Lombardini (2004), en cuanto a dosis y época de aplicación, la cantidad de N que se debe aplicar esta influenciada por el tamaño o edad de los árboles, disponibilidad de N en el suelo y nivel de producción esperada. Las necesidades de cada huerta son diferentes. No es recomendable fertilizar el

---

<sup>1</sup> NOTA DEL EDITOR: recordar que se trata del Hemisferio Norte

primer año debido que es preferible el establecimiento de raíces. Es recomendable sólo en caso de suelos de baja fertilidad y textura ligera, aproximadamente 100 g de N/árbol colocado alrededor del tronco (20-30 cm). En huertas jóvenes se recomienda 200 g/de N/árbol para el segundo año, esta dosis podrá incrementarse año con año hasta 700 g/árbol en el séptimo año. Para huertas en producción se sugiere aplicación de 80-100 kg de N/ha por cada tonelada de nuez que se espera cosechar. Se debe tomar en cuenta que aplicaciones de N en sistema de riego por gravedad se tienen pérdidas más grandes (30-45%) y que aplicaciones de N en sistema de riego presurizado tienen una eficiencia mayor. Se reportan tres importantes periodos de aplicación: crecimiento primaveral, desarrollo de las nueces (junio-julio)<sup>1</sup> y el almacenamiento de N para el año siguiente (agosto)<sup>1</sup>. La aplicación de nitrógeno debe de ser programada dependiendo del año que se trate (alta o baja producción). En el año de alta producción se requiere una mayor aplicación de N a finales de verano (para mantener un buen nivel de nutrientes en las hojas). En el año de baja producción se debe fertilizar de manera más moderada. La aplicación de primavera del año siguiente al de baja producción se realizara por períodos ya que cada etapa necesita N de acuerdo a las reservas acumuladas. En base a esto, no requieren aplicación inmediata. Esto deberá hacerse hasta que el 75% del follaje esperado se haya desarrollado (abril-mayo)<sup>1</sup> se pueden aplicar 50 kg/ha. Para Mayo<sup>1</sup> se pueden aplicar 50 kg/ha de N y una tercera aplicación con el objetivo de mantener saludable el follaje hasta (cosecha) esto es de 20-40 kg/ha. Juntos o separados: 20 kg/ha en julio y 20 kg/ha en agosto<sup>1</sup>. Aunque realmente no esta comprobado que una aplicación en septiembre-octubre<sup>1</sup> sea necesaria. Esta tercera aplicación puede no ser necesaria en años de baja producción. La aplicación de N en primavera cuando la huerta tuvo una alta producción, requieren aplicación inmediata con los primeros retoños finales de marzo o principios de abril<sup>1</sup> (50 kg/ha), debido a que no tienen N almacenado. Esta fertilización es importante para asegurar un buen crecimiento, desarrollo de la flor masculina y la formación del fruto. En mayo<sup>1</sup> se recomiendan de 20-50 kg/ha de N (si la producción es baja o nula, no es necesaria esta segunda aplicación).

---

<sup>1</sup> NOTA DEL EDITOR: recordar que se trata del Hemisferio Norte

Durante el llenado de la almendra, un nogal requiere al menos del 30% del nitrógeno que recibe en primavera. Al fertilizar con nitrógeno en agosto <sup>1</sup> la almendra llena bien y no compite con las hojas por nutrientes, por lo que el árbol llega a la dormancia con suficientes reservas de éste. Así, con adecuadas reservas de carbohidratos y nitrógeno, en la siguiente primavera el nogal estará en condiciones de formar las flores necesarias para una buena cosecha. Este efecto reduce el grado de la alternancia (Wood, 2002).

Los huertos transplantados generalmente no requieren de fertilización nitrogenada durante el primer año, a menos que el suelo sea arenoso. En los años subsiguientes se aplicara nitrógeno sobre la base del desarrollo, y cuando inicie la producción se recomendará aplicar sobre la base de la carga de nueces (Herrera, 1988).

La forma de aplicación de los fertilizantes depende en gran parte en la forma de acceso a las raíces. El nitrógeno acceda a las raíces principalmente por flujo de masas, es decir que por el flujo que provoca la transpiración de agua por las hojas y otros órganos de las plantas. Esto es cierto para el caso del nitrato, el cual no puede ser retenido por la matriz del suelo, ni forma parte de compuestos orgánicos y es transportado a la raíz. En huertos adultos, donde las raíces prácticamente ocupan toda la superficie del suelo (Núñez y Uvalle, 1992), su aplicación en banda o al voleo es efectiva. En árboles jóvenes se recomienda su aplicación en banda alrededor del árbol, e incorporados a una profundidad de 15 a 20 cm. Durante los tres primeros años el fertilizante no deberá colocarse a distancias menores de 50 cm del tronco, para evitar daños por toxicidad a los árboles. Los fertilizantes amoniacales y ureicos (urea) son los que presentan mayor toxicidad.

En huertos adultos, la aplicación de nitrógeno puede ser al voleo, o aplicada en banda a lo largo de las hileras. El fertilizante aplicado al voleo puede ser incorporado con rastra o con el agua de riego. Para nitrógeno, la forma de aplicación determina en gran parte su eficiencia. Por ejemplo, cuando el

sulfato de amonio se incorpora con rastra inmediatamente después de volearlo puede perderse de un 5 a 20 %, por volatilización, bajo nuestras condiciones de pH alto. En las mismas condiciones, volearlo e incorporar o con el riego, representara perdidas de al menos el 40 % del fertilizante aplicado. El nitrato de amonio, en la primera situación puede perderse menos del 5 %, y en el segundo de un 5 a 20 %. Para obtener la mayor eficiencia de los fertilizantes nitrogenadas es más recomendable aplicarlo en banda a una profundidad de 25 cm (Traynor, 1980).

**Fósforo y Potasio.** El fósforo se absorbe de la solución del suelo como ion ortofosfato ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ). El potasio es absorbido como ion potasio (K). La recomendación de estos nutrientes debe ser basada en los resultados de los análisis foliares. Si estos indican que los niveles son bajos, entonces se sugiere aplicar de 80 a 100 kg/ha de cada uno de ellos.

El acceso de estos nutrientes a las raíces se da por difusión en el caso del fósforo y por flujo de masa para el potasio. Dado que el movimiento por difusión es muy lento y depende en gran parte de gradientes de concentración, lo más recomendable es aplicarlo en forma localizada, en banda o en puntos. El potasio puede aplicarse al voleo o en banda. Bajo condiciones alcalinas el fósforo reacciona rápidamente en el suelo para formar compuestos altamente insolubles, los cuales no pueden ser aprovechados por las plantas. La aplicación localizada retrasa esta reacción y permite su aprovechamiento por más tiempo. Estos fertilizantes deberán ser aplicados antes de la brotación en banda y a una profundidad de 15 a 20 cm, a una distancia de 2.0 a 3.5 m del tronco. En condiciones deficientes deben aplicarse hasta 150 kg/ha de estos nutrientes. A través de sistemas de riego presurizados pueden aplicarse desde antes de la brotación hasta antes del amarre del fruto.

**Calcio y magnesio.** Estos elementos son absorbidos por las plantas como cationes divalentes (Ca y Mg). Deficiencias de estos nutrientes no han sido detectadas en los huertos del norte de México. La aplicación de calcio se realiza en algunas huertas, pero con la finalidad de contrarrestar efectos dañinos del sodio, no propiamente como nutriente

**Micronutrientes.** La mayoría de ellos, a excepción del molibdeno, presentan baja disponibilidad en condiciones de suelos alcalinos. Esto se debe a que en condiciones de pH alcalino estos metales reaccionan con los iones hidroxilos formando compuestos insolubles. Por lo anterior, aplicaciones de sales como los sulfatos y óxidos no han sido eficientes cuando se aplican al suelo. En el ámbito comercial, se han realizado esfuerzos de aplicación al suelo acidificando parte del suelo con ácidos, como el sulfúrico. Los resultados no han sido satisfactorios. Existen algunos compuestos orgánicos como los quelatos que presentan diversos grados de estabilidad en pH alcalinos. Su respuesta es errática y su alto costo, no han permitido que se comercialicen. Por lo anterior, la corrección de deficiencias de estos nutrientes, se realiza aplicando los fertilizantes foliarmente, utilizando sales o quelatos <sup>1</sup>.

**Hierro y manganeso.** Las formas en que la planta toma estos metales son  $Fe^{2+}$  y  $Mn^{2+}$ . Estos elementos no se aplican generalmente en los huertos nogaleros. Si se detectan niveles bajos o deficientes de estos nutrimentos mediante al análisis foliar, se sugiere realizar aplicaciones foliares durante la época de crecimiento vegetativo. Existen diversos productos comerciales que pueden asperjarse con resultados satisfactorios La variedad Wichita es la que ha presentado síntomas de deficiencia de hierro y manganeso en suelo muy arcillosos.

**Zinc.** Es el nutriente clave de los nogales. Es tomado del suelo en forma de  $Zn^{2+}$ . A pesar de requerirse en bajas cantidades, tal vez en ningún otro frutal la respuesta a su aplicación sea tan aparente. En el norte de México las aplicaciones foliares de este nutrimento son esenciales. Debe aplicarse desde el estado de punto verde en la brotación hasta que los brotes han alcanzado su máximo desarrollo. Por las condiciones de alta alcalinidad en el suelo, este elemento no puede aplicarse al suelo ya que inmediatamente se transforma a compuestos insolubles, los cuales no puede aprovechar la planta. Por lo anterior, aplicaciones foliares se

---

<sup>1</sup> NOTA DEL EDITOR: en la Argentina actualmente y en un futuro inmediato, se utilizan suelos más ácidos para cultivar pecán que en México, por lo que estos problemas no se prevén por ahora.

realizan a partir de la brotación. Para el norte de México se ha encontrado que se requieren de al menos 5 aplicaciones de este nutriente para que los análisis foliares ubiquen a este nutriente dentro de los niveles "óptimos" (Núñez, 1991). Estudios indican que el nivel foliar en valores de suficiencia se encuentra alrededor de normal puede requerir 50 ppm de zinc en base a peso seco para alcanzar los máximos rendimientos y calidad, y crecimiento vegetativo (Sparks, 1993).

Existen diversos productos comerciales que pueden ser utilizados para abastecer de este nutriente a los nogales. De los mas utilizados son el Agrozinc y el NZN, ambos productos formulados con nitrógeno (nitrato de zinc)<sup>1</sup>. La dosis comercial es de 0.25 a 0.35 %. A pesar de que estos productos tienen capacidad de reducir el pH en la solución asperjada, se recomienda utilizar un producto surfactante, para incrementar la capacidad de absorción por parte de a planta. Otros productos pueden ser utilizados, como las sales de zinc (sulfatos, fosfatos y óxidos), soluciones quelatadas (formulados con citratos, EDTA, ácidos orgánicos), combinados con ácidos húmicos y ácidos carboxílicos, entre otros. Para estos productos comerciales se sugiere utilizar las dosis recomendadas por las compañías que los producen.

Es muy importante cumplir con un programa de aplicaciones. Se recomienda la primera cuando se presenta el punto verde, la segunda una semana después de la primera, la tercera 15 días después de la segunda. Posteriormente se pueden realizar aplicaciones cada 15 días, de acuerdo a los requerimientos establecidos por el crecimiento de los brotes.

Durante cuatro años (2001-2004) en la región Lagunera de México se estableció un experimento en árboles en producción con el objetivo de determinar la tecnología de abastecimiento de micronutrientes para sostener una buena producción con calidad a través del tiempo. Se realizaron aplicaciones tanto edáficas como foliares con fuentes como quelatos, sulfatos y

---

<sup>1</sup> NOTA DEL EDITOR: Estos productos no se comercializan, aun, en Argentina.

el producto de uso tradicional NZn. Cinco de los tratamientos consisten en aplicaciones foliares utilizando diversos productos y uno de ellos (T2) consiste en una sola aplicación anual edáfica de quelato de EDDHA, el cual ha probado ser efectivo y estable en suelos calcáreos. Durante el primer, segundo, tercer y cuarto año de estudio, todos los tratamientos han probado ser efectivos para mantener un nivel de concentración de Zn, Fe, Mn y Cu. Adicionalmente a través de los años de estudio se ha presentado un efecto de tratamientos similar en la producción y calidad de nuez (Chávez *et al.*, 2005).

## Conclusiones

Con respecto al manejo de los nutrientes N,P,K y Zn se considera que es importante la toma de decisiones en cuanto a que nutrientes, dosis, tipo de fertilizante a usar y la época de aplicación. Es pertinente basarse en estudios de diagnóstico nutricional tanto de planta como de suelo para aumentar la productividad, así como para preservar el medio ambiente. Por otro lado, se deben conocer las etapas fenológicas y la dinámica nutricional del cultivo para determinar las necesidades nutricionales y diseñar programas de fertirrigación y/o aspersiones foliares para hacer aplicaciones adecuadas y oportunas de nutrientes a través del sistema de riego en función de esas etapas fenológicas.

## Bibliografía

- Azcon-Bieto. 2000. Fundamentos de Fisiología Vegetal, 1ª ed. McGraw-Hill Interamericana, España, Pág. 235-246.
- Basurto S M., 1995. Análisis Integral de fertilización nitrogenada y fosfatada en nogal pecanero (*Carya illinoensis* Wangenh K. Koch). Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, Chih. México. 104p.
- Beverly, R. B. y R. E. Worley. 1992. Preliminary DRIS diagnostic norms for pecan. HortScience. 27:271.

- California Fertilizer Association. 1987. Western Fertilizer Handbook. 8va edicion. Interstate Publisher. USA. 338 p.
- Chávez G F J , Figueroa V U y Medina M M C. 2005. Abastecimiento de Micronutrimientos en Nogal Pecanero. NOGATEC. 9no. Día del Nogalera. Delicias, Chihuahua. México.
- Figueroa V U, Lombardini L y Medina M C. 2006. Alternativas en la fertilización del nogal pecanero. XIV Simposium Internacional Nogalero. Torreón Coahuila. México.
- Fideicomiso Instituido en Relación con la Agricultura. 2006. El Nogal en Chihuahua. XIV Simposium Internacional Nogalero. Torreón, Coah, México
- Goff B.,2001. Late Season Fertilization: Exciting New Development, Pecan South, Vol. 32, No. 12, Pág. 10-11
- Guerrero G M. 2000. Caracterización Física-Química del suelo en huertos de nogal pecanero (*Carya illinoensis* Wangenh K. Koch) Western Schley mediante Diagnostico Diferencial Integrado (DDI). Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, Chih. México. 152 p.
- Herrera, E. 1988. Transplanting mature pecan [trees](#). 3-410. Guide H-627. Coop. Ext. Serv. New Mexico State University.
- Herrera, E. (a). 1983. Sampling pecan leaf for analysis. Guide H-619. Coop. Ext. Serv. New Mexico State University.
- Herrera. E. (b). 1983. Selecting soil and site for a pecan orchard. Guide H-614. Coop. Ext. Serv. New Mexico State University
- Herrera, E. 1986. Pecan orchard fertilization. Guide H-602. Coop. Ext. Serv. New Mexico State University.
- Hu, H. y D. Sparks. 1991. Zinc deficiency inhibits chlorophyll synthesis and gas

- exchange in 'Stuart' pecan. Hort Science. 2(): 267-268.
- Hu, H. y D. Sparks. 1990. Zinc deficiency inhibits reproductive development in 'Stuart' pecan. HortScience. 25:1392-1394.
- Kilby M. 1986. Mineral nutrition of the pecan in the irrigated southwest. 16th Western Pecan Conference Procc. New Mexico State Uni. pp 35-44.
- Kilby, M. 1990. Pecan Fertilizer practices. pp. 29-32. First Arizona Pecan Conference Proceedings. University of Arizona.
- Kilby, M., R. Neja, y R. Call. 1998. Foliar application of boron to pecan trees does not affect fruit set. Pp. 95-97. In: Wrigth y Kilby (Eds.). 1998 Citrus and deciduous fruit and nut research report. Bull Az [1051. Coop. Ext. Agr. Exp. Stat. The](#) University of Arizona.
- Lombardini, L. 2004. Aplicación nitrogenada y oportuna en nogal. Nogatec 2004. Torreón, Coah. México.
- Marschner, H. (1995). Mineral nutrition of higher plants. Second Edition. Academic Press Inc., San Diego CA. pp. 245-281.
- Mengel, K. y E. A. Kirkby. 1987. Principles of plant Nutrition. 4th. Ed. International Potash Institute. Suiza. 685 pp.
- Meraz, H A. 1999. Generación de Estándares Nutricionales Foliares en Nogal Pecanero *Carya illinoensis* (Wangenh) K Koch "Western" mediante Diagnostico Diferencial Integrado (DDI). Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Universidad Autónoma de Chihuahua. México. 119 p.
- Miyamoto, S. 1994. Manejo de la salinidad en huertas irrigadas. Memorias de las XII Conferencias Internacionales sobre el Cultivo del Nogal. San Carlos, Sonora, México.
- Núñez, M. H. y J. X. Uvalle B. 1992. Root distribution of pecan trees. p. 667. Hort

Sci. 27:6. Abstract 692.

Núñez, M. J. y G. B. Valdez. 1991. Composición nutricional de variedades de nogal pecanero. p. 86. In: Tovar S. y R. Quintero (eds.) La investigación edafológica en México 1990-1991. Memorias del XXIV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de las Ciencias del Suelo. Pachuca, Hgo.

Núñez, M. J., G. B. Valdez y X. B. Uvalle. 1991. Diagnostico nutricional del nogal pecanero en la Costa de Hermosillo. p 84, In: Tovar S. y R. Quintero (eds.) La investigación edafológica en México 1990-1991. Memorias del XXIV Congreso Nac. Soc. Mexicana de las Ciencias del Suelo. Pachuca, Hgo.

Núñez, M. J, Valdez, G. B, Martínez D. G y Valenzuela, C. E. 2001. El Nogal Peadenero en Sonora. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, agrícolas y Pecuarias. Folleto Técnico No. 3. ISSN-1405-597X. México. 209 p.

Ojeda DL, Reyes A, Ramírez H, Lagarda A, Chávez FJ, Uvalle JX, Rivero RM, Romero L. 2003. Uso eficiente de la fertilizacion nitrogena en el cultivo del nogal pecadero. *Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch. ISBN :8489720983

Ojeda DL, Nuñez BA, Manríquez, AT, Ibañez JL, Sánchez ChE. 2005 Fertilización Tradía: Manejo de nitrógeno en árboles en desarrollo y producción de nogal pecanero (*Carya illinoensis* Wangenh K. Koch). XI Congreso Nacional SOMECH 2005. Chihuahua, Chih. México.

Ruiz JM, Romero L. 1999. Nitrogen efficiency and metabolism in grafted melon plants. *Scientia Horticulturae* 1283: 113-123.

Sánchez E. CH., Soto J.M.P., Yañez R.M.M., Montes F. D. 2005. Avances de Investigación en Nutrición del Nogal Pecadero en Chihuahua, Nogatec, Torreón Coahuila, México, Pág. 16-23

- SAGAR. 1998. Costos de producción del nogal pecanero en Sonora.
- Sparks, D. 1977. Methods of predicting the nutrient needs for nut trees. 68th. Annual report of the Northern nut growers association. pp. 25-30.
- Sparks, D. 1993. Threshold leaf levels of zinc that influence nut yield and vegetative growth in pecan. HortScience 28:11 )0
- Sparks, D. 1994. Efectos nutricionales de la producción alternada y calidad de la nuez. Memorias de las XII Conferencias Internacionales sobre el Cultivo del Nogal. San Carlos, Sonora.
- Tarango, H. 2004. Manejo del nogal pecanero con base en su fenología. Centro de Investigación Norte-Centro. Campo Experimental Delicias. Folleto Técnico no. 17. Mexico, 35 p.
- Traynor, J. 1980. Ideas in soil and plant nutrition. Kovak Books. USA. pp. 36
- Uvalle, B. J. X., Alcande Blanco S. y Kick H. 1995. Fundamentos Fisiológicos del Diagnóstico Diferencial Integrado (DDI) Memorias del Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Cd. Victoria, Tamaulipas, México, p50
- Wood BW. 2002. Late Nitrogen fertilization in pecan orchards. A review. Proceedings 36 th. Western pecan Conference. p 47-59.
- Worley, R. E. 1991. Pecan (*Carya illinoensis* (Wangenh.) C. Koch) yield, leaf and soil analysis responses from different combinations of N and K applications. Comm. In Soil Science and Plant Analysis. 22:19 91930.
- Worley, R. E. 1991. Pecan Leaf Scorch in response to various combinations of nitrogen and potassium fertilization. Hort Science. 25:422-423.