

# EFFECTO DEL SULFATO DE AMONIO EN LA CONCENTRACIÓN FOLIAR DE NUTRIMENTOS, RENDIMIENTO Y CALIDAD DE LA NUEZ DEL NOGAL PECANERO (*Carya illinoensis* Koch)

O. A. Martínez-Rodríguez, M. Avila-Ayala

Unidad Regional universitaria de Zonas Aridas. UACH. Apartado Postal No. 8 Bermejillo, Dgo. 35230. México

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto del nitrógeno sobre el crecimiento, contenido nutrimental foliar, rendimiento y calidad de nuez en nogal pecanero cv Western. Se evaluaron en 1994 cuatro tratamientos de sulfato de amonio: 0, 60, 120 y 180 kg de nitrógeno por hectárea. Las variables evaluadas fueron: Concentración foliar de nitrógeno, fósforo, potasio, fierro, cobre, cinc y manganeso, rendimiento en kg/árbol, porcentaje de almendra, porcentaje de cáscara, peso promedio de nuez y crecimiento de los brotes. Los resultados indican que la aplicación de nitrógeno afectó significativamente el rendimiento. La dosis de 60 kg de nitrógeno por hectárea fue la que tuvo el más alto rendimiento (1.74 kg en cuatro ramas/árbol), respecto al testigo. No hubo efecto de tratamientos en el resto de las variables estudiadas. Se encontró una correlación positiva entre el porcentaje de almendra con el peso promedio de nuez y el porcentaje de almendra con la concentración foliar de potasio. Además se encontró una correlación negativa entre el porcentaje de cáscara y el peso promedio de nuez.

**Palabras Clave:** Fertilización, nogal pecanero, nutrición.

## SUMMARY

Research was carried out with the objective of evaluating the effect of nitrogen supply on shoot growth, nutrient content on leaf, yield, and nut quality on mature "Western" pecan trees. Four treatments ammonium sulfate per hectare were tested: 0, 60, 120 and 180 kg N/ha. Content a nitrogen, phosphorus, potassium, iron, copper, zinc and manganese on leaves were evaluated. Yield, shell percent, almond percent, average nut weight and shoot growth were also evaluated. Our observations indicate that ammonium sulfate affected pecan yield. Addition of 60 kg nitrogen per hectare caused the highest yield (1.74 kg of four branches/tree) respect to control. No treatment effect was observed on the other variables evaluated. A positive correlation of the almond percent with the average nut weight and the almond percent with foliar potassium was found. In contrast, a negative correlation between shell percent and average nut weight found.

**Key word:** Fertilization, Pecan, Nutrition.

## INTRODUCCION

El nogal pecanero [*Carya illinoensis* (Wangenh) C. Koch], es originario del norte de México y del sur de Estados Unidos de Norteamérica. En México la mayor superficie cultivada se localiza en los estados de Sonora, Chihuahua, Coahuila, Durango, y Nuevo León, representando el 95% de la superficie nacional (SAGAR, 1997). En la Comarca Lagunera se encuentran cultivadas 5126 ha con un rendimiento de 4559 toneladas (SAGARPA, 2001), tendiendo la superficie a incrementarse en los últimos años. Dentro de los diversos problemas que existen en el cultivo del nogal la deficiencia de nitrógeno reviste gran importancia por lo que la práctica de fertilización con este elemento resulta necesaria en el manejo del huerto. Esta especie se

cultiva en suelos alcalinos y requiere para su crecimiento, desarrollo y producción de fertilizantes que no formen soluciones altamente alcalinas, sino compuestos como la urea y el sulfato de amonio que tienen residuo ácido y son prácticamente neutros en solución (Tarango, 1992). El objetivo del estudio fue determinar la dosis adecuada de sulfato de amonio para mantener los niveles óptimos de nitrógeno y producir buenas cosechas y de calidad en nogal.

Para fertilizar los nogales mayores de 12 años debe considerar que los brotes deben crecer anualmente de 15 a 30 cm de longitud. Cuando este es menor de 15 cm la planta no está recibiendo suficiente nitrógeno (Storey, 1990).

Worley (1974) trabajando con árboles del cv Desirable de 4 a 8 años de edad y espaciados a 18 m, encontró que el rendimiento aumentó significativamente con los primeros 56 kg de N/ha, pero al duplicar la dosis no aumentó la producción en los últimos dos años. Malstron *et al* (1982) al evaluar durante 3 años dosis de nitrógeno en nogales «Western» de 15 años de edad, no encontraron diferencias respecto al contenido foliar de nitrógeno, rendimiento y calidad de la nuez al aplicar 56, 112 y 224 kg de nitrógeno por hectárea.

Brison (1974) y Storey (1990) sugieren que el fertilizante nitrogenado se debe aplicar a finales de invierno y principios de la primavera antes de la brotación; ya que el 75% de su crecimiento lo logra en los primeros 45 días (Tarango, 1992).

Por su parte McEachern (1977) señala que no se debe fertilizar con nitrógeno después de junio, ya que esto evita la maduración de la madera de los brotes, lo cual los hace más susceptibles al frío. Además, si no se fertiliza con nitrógeno se presentan los síntomas típicos de la deficiencia manifestada por una clorosis general de las hojas debido al bajo contenido de clorofila, apareciendo los síntomas primero en los folíolos basales que en los apicales y en las hojas de la base (Schneider, 1963, citado por Martínez, 1978). Siendo los rangos óptimos de nitrógeno en las hojas de 2.3 a 2.5% según O'Barr y Hanson (1978); de 2.5 a 3.0% según Shear y Faust (1980); de 2.6 a 2.9 según Worley (1974) y de 2.5 a 4.0% según Storey (1995).

Respecto a la fuente de nitrógeno, Storey (1990) señala que para suelos alcalinos se recomienda el sulfato de amonio toda vez que baja el pH y lo vuelve más ácido. Garza y Valdez (1974) estudiando lo relativo a la calidad de la nuez en el cultivar Western, observaron un aumento en el porcentaje de almendra y aceite, una disminución en el grosor de la cáscara y menor profundidad de la sutura de la almendra con la fertilización de NPK; mientras que el nitrógeno sólo no incrementó el porcentaje de almendra pero sí el porcentaje de aceite y cáscara en relación al testigo.

Por otra parte se reporta que el nogal tiene la capacidad de absorber cantidades adecuadas de fósforo por lo que este elemento debe adicionarse cuando el análisis foliar revele su deficiencia (Killby y Mielke citados por Tarango, 1992). El efecto en el rendimiento no se ha determinado, pero tiende a incrementar el peso de la nuez, aumentando el peso de la almendra, pero principalmente el de concha (Sparks, 1989). Los rangos aceptables en las hojas varían de 0.12 a 0.3% según Storey (1995) y de 0.1 a 0.2% según Shear y Faust (1980).

Otro elemento que el nogal utiliza en grandes cantidades es el potasio, ya que los ronzos, almendras, cáscaras, y hojas son capaces de acumularlo (Stockton, citado por Tarango, 1992). Este nutrimento tiene una movilidad que alcanza profundidades de 75 cm y las deficiencias se manifiestan por un enrollamiento de las hojas, las cuales adquieren un color grisáceo en las partes bajas, y algunas veces coloraciones blancas, amarillas, o rojas en las principales venas de las hojas (Garza y Valdéz, 1974). Por lo que el rango aceptable de este elemento en hojas es de 0.75 a 1.25% (Storey, 1995); o de 0.9 a 1.3% según Shear y Faust (1980).

En la literatura se menciona que el hierro en el nogal es también importante. Se encuentra generalmente en grandes cantidades en la corteza terrestre. Sin embargo, el hierro aprovechable por el nogal es mínimo; debiéndose la deficiencia a la baja disponibilidad de este elemento para la planta o a las condiciones que impiden su absorción o translocación (Sparks, 1976). Storey (1995) señala que el rango óptimo de hierro en las hojas de nogal es de 100 a 300 ppm siendo 200 ppm la concentración media adecuada.

Aunque el cobre no se ha reportado como problema de deficiencia en nogal pecanero es necesario suministrarlo cuando la concentración en el follaje sea menor de 7 ppm, o cuando ocurra muerte regresiva de las hojas pequeñas pero sin que se hayan tornado cloróticas como en el caso de deficiencia de cinc (Sparks, 1989). Van Lan *et al* (1978) señalan que cuando el contenido de cobre en el follaje es de 10 a 12 ppm y se suministra al nogal este responde al crecimiento. Por su parte Storey (1995) señala que el rango óptimo de cobre en la hoja es de 10 a 30 ppm.

Según Storey (1985) el cinc es el nutrimento más importante después del nitrógeno en el cultivo del nogal. La deficiencia de este micronutrimento se manifiesta en crecimiento reducido y folíolos asimétricos formando el roseteado. Si la deficiencia es severa se presenta la muerte regresiva de los brotes terminales. O'Barr y Hanson (1978) afirman que los síntomas de deficiencia de cinc en follaje se presentan cuando los niveles en la hoja son menores a 20 ppm en suelos alcalinos. Indicando estos autores que huertas con promedios de 20 a 40 ppm son poco productivas considerándose este nivel como de hambre oculta. Storey (1995) menciona que el rango óptimo para zinc es de 80 a 500 ppm; mientras que Shear y Faust (1980) señalan como óptimo el rango de 15 a 300 ppm.

La bibliografía señala también que el manganeso reviste mucha importancia en el nogal ya que forma parte de la molécula de clorofila. Los síntomas de deficiencia según Hibner (1985) se manifiestan en hojas jóvenes

por una clorosis intervenal con manchas pequeñas de color negruzco. En hojas adultas individuales estos síntomas aparecen con acortamiento de las nervaduras centrales de tal manera que el ápice del foliolo aparece redondeado en lugar de aparecer en punta dando origen esta transformación del foliolo a lo que conocemos como «oreja de ratón» (Brison, 1974). Por lo que para que no se presente este problema afirman Gammon y Sharp, mencionados por Brison (1974), que las hojas normales deben tener de 500 a 2000 ppm de manganeso, pero con sólo 100 ppm pueden ser representativas de la «oreja de ratón». El rango óptimo de manganeso en la hoja de nogal según Storey (1995) es de 40 a 300 ppm, en tanto que Shear y Faust (1980) señalan como rango óptimo de 100 a 200 ppm.

## MATERIALES Y METODOS

**Ubicación del estudio.** La investigación se llevó a cabo durante 1994 en un huerto de nogal de 20 años de edad cultivar *Western* establecidas a 12.5 x 12.5 m en la pequeña propiedad «Las Luisas» ubicada en Gómez Palacio, Durango; dentro del área de influencia de la Comarca Lagunera. Los árboles se escogieron lo más homogéneo posible considerándose la circunferencia del tronco.

El clima de acuerdo a la clasificación de Koppen modificado por García (1981) es de tipo BW hw" (e); y el suelo de la huerta donde se realizó el experimento es de textura migajón limoso, de pH alcalino, pobre en materia orgánica, pobre en nitrógeno y rico en fósforo, calcio y magnesio, valor promedio de dos profundidades 0-30 y 30-60 cm (Cuadro 1).

El diseño experimental fue bloques al azar con 4 tratamientos de nitrógeno, 4 repeticiones constituyendo un árbol la unidad experimental. La fuente de nitrógeno fue sulfato de amonio (20.5% de N) y las dosis fueron: 0, 60, 120 y 180 kg de nitrógeno por ha. Estas dosis se fraccionaron en tres partes, la primera aplicación fue la primera semana de abril, la segunda en la primera

semana de mayo y la tercera en la primer semana de junio.

Se analizó la concentración foliar de nitrógeno, fósforo, potasio, cobre, cinc y manganeso. La muestra foliar se constituyó por 60 foliolos por árbol, se escogieron dos de la parte media de la hoja ubicada en la parte media del brote del año de los brotes fructíferos durante el mes de septiembre previo a la cosecha, considerando que el fruto ya había absorbido durante el mes de julio las reservas necesarias para su llenado de almendra. La cosecha se realizó en cuatro ramas por árbol, en dirección de los cuatro puntos cardinales, seleccionadas previamente por longitud y diámetro y se les evaluó el rendimiento medio de nuez por rama, porcentaje de almendra, porcentaje de cáscara y peso promedio de nuez. La longitud de los brotes se midió en octubre al final de la estación de crecimiento previo a la cosecha, seleccionando dos brotes fructíferos de cada una de las cuatro ramas por árbol. Todas estas variables se sometieron a la prueba de Tukey a nivel de significancia  $\alpha = 0.05$  y se correlacionaron entre sí. La maleza se controló mecánicamente. Los riegos fueron de gravedad por melga y no se hicieron aplicaciones de zinc.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontró que el sulfato de amonio afectó el rendimiento del nogal pecanero, en forma significativa siendo la dosis de 60 kg de N/ha la que mostró el más alto rendimiento (Cuadro 2). Estos resultados son similares a lo encontrado por Worley (1974), quien aumentó durante el primer año el rendimiento de nuez en el Cv Desirable con 56 kg de N/ha. Sin embargo, contradicen otros estudios donde la dosis de 56 kg de N/ha no incrementó la producción en nogales "Western" de 15 años de edad (Malstrom *et al*, 1982).

No se encontró efecto de tratamientos de nitrógeno para peso promedio de nuez, porcentaje de almendra y porcentaje de cáscara. Lo anterior es

**Cuadro 1. Características físico-químicas del suelo donde se realizó el experimento de fertilización nitrogenada en nogal cv Wester.**

PROPIEDADES	VALOR PROMEDIO
Textura	Migajón limoso
Densidad aparente	1.22 g/cm <sup>3</sup>
pH	8.2
Conductividad eléctrica	1.11 mmhos/cm
Materia orgánica	0.724%
Nitrógeno total	0.1222%
Fósforo total	25.55 ppm
Calcio	156.88 mg/l
Magnesio	123.76 mg/l

contradictorio en parte a lo encontrado por Garza y Valdez (1974) quienes observan un aumento en el porcentaje de aceite y grosor de cáscara pero una disminución en el porcentaje de almendra en el cv Western con la aplicación de 1.5 kg de N/árbol de 8 años de edad.

En el Cuadro 3 se muestra la concentración foliar de los nutrimentos donde se observa que los tratamientos de fertilización no incrementaron la concentración nutrimental de nitrógeno foliar el cual estuvo en todos los casos abajo del rango aceptable comparados con los propuestos por Storey (1995) que fluctúan de 2.5 a 4.9%. También estuvieron abajo del valor crítico de 2.5% según Shear y Faust (1980) y fueron inferiores a los encontrados por Worley (1974).

Se observó que la concentración foliar de fósforo se mantuvo dentro del rango normal de acuerdo a los valores reportados por Shear y Faust (1980). Sin embargo, de acuerdo con Storey (1995) los valores se consideran ligeramente bajos; aunque estadísticamente no hubo diferencia significativa entre tratamientos.

La concentración foliar de potasio fue estadísticamente igual en todos los tratamientos y fueron deficientes de acuerdo con Shear y Faust (1980), Sparks (1989) citado por Tarango, (1992) y Storey (1995). Sin embargo, no se observaron síntomas de deficiencia, lo cual coincide con Sparks (1989), citado por Tarango (1992), quien afirma que los síntomas de deficiencia ocurren al 0.7% de potasio foliar.

La concentración foliar de hierro no presentó diferencias significativas entre tratamientos y se ubicó por abajo del rango de 100 a 300 ppm que se considera aceptable (Storey 1995) y ligeramente abajo del rango considerado como normal en el cv Stuart (Sparks, 1976). Mediante la evaluación visual no se observaron síntomas de deficiencia en los árboles utilizados en el experimento, coincidiendo con (Sparks, 1976).

Los valores encontrados para cobre, a excepción del testigo, se consideran aceptables (Storey, 1995) y se ubican dentro del rango normal, según otros estudios (Van Lan *et al*, 1978). Evaluando visualmente los árboles en estudio se observó que no mostraron síntomas de deficiencia lo cual coincide con lo reportado por Sparks (1989).

**Cuadro 2. Rendimiento de nuez en nogal pecanero cv. Western.**

TRATAMIENTO Kg N/ha	Rendimiento de nuez de 4 ramas/árbol
0	0.745 kg
60	1.741 kg
120	1.110 kg
180	1.125 kg

Aunque no hubo diferencia estadística entre tratamiento, la concentración foliar de cinc encontrada se ubica dentro del rango normal según Sherar y Faust (1980). Sin embargo, para otros investigadores (Storey, 1995) está por abajo del rango aceptable. La observación visual de los árboles detectó leves deficiencias en el follaje lo cual coincide con otros estudios (O'Barr y Hanson, 1978) donde se afirma que los síntomas de deficiencia de cinc se presentan cuando los niveles en la hoja son menores a 20 ppm en suelos alcalinos.

La concentración foliar de manganeso fue estadísticamente igual en todos los tratamientos, dicho contenido es considerado dentro del rango aceptable según Storey (1995) y Shear y Faust (1980) y por abajo del rango normal para Gammon y Sharb (citados por Brison, 1974). No obstante estos niveles nutrimentales, se observó mediante diagnóstico visual que sí se presentó la "oreja de ratón" síntomas de deficiencia de este elemento, según Brison (1974).

Por otra parte el peso promedio de nuez se correlacionó positivamente con el porcentaje de almendra y negativamente con el porcentaje de cáscara. Este hecho explica que los tratamientos con nitrógeno producen nueces de mayor peso con más cantidad de almendra y cáscara delgada. También el porcentaje de almendra se correlacionó positivamente con el potasio foliar lo que implica que a medida que los niveles de este nutrimento tienden a aumentar, la cantidad de almendra tiende a incrementarse mientras que el porcentaje de cáscara tiende a disminuir (Cuadro 4).

No hubo significancia estadística para la longitud de brotes, la cual fluctuó de 15 a 22 cm enmarcándose dentro del rango de crecimiento señalado por Storey (1990).

## CONCLUSIONES

La aplicación de fertilizante nitrogenado afectó significativamente el rendimiento del nogal pecanero, siendo la dosis de 60 kg N/ha la que mostró el más alto rendimiento.

Las dosis de sulfato de amonio no afectaron el peso promedio y el por ciento de almendra, aunque la dosis de 60 kg N/ha presentó los mayores valores.

Los diferentes tratamientos de sulfato de amonio aplicados no afectaron los contenidos nutrimentales de nitrógeno, fósforo, potasio, hierro, cobre, cinc y manganeso en las hojas del nogal.

Se encontró una correlación positiva entre el por ciento de almendra y el peso promedio de nuez.

**Cuadro 3. Concentración foliar de nutrimentos en nogal pecanero cv Western**

NUTRIMENTO	Tratamientos kg de N/ha				Significancia
	Testigo	60	120	180	
Nitrógeno (%)	2.36	2.41	2.26	2.43	N.S.
Fósforo (%)	0.10	0.10	0.10	0.10	N.S.
Potasio (%)	0.58	0.52	0.44	0.40	N.S.
Fierro (ppm)	62	62	54	54	N.S.
Cobre (ppm)	9	11	10	10	N.S.
Cinc (ppm)	17	16	16	17	N.S.
Manganeso (ppm)	157	152	173	155	N.S.

**Cuadro 4. Variables correlacionadas, sus coeficientes de correlación ( $r^2$ ) y nivel de significancia estimada.**

Variables correlacionadas	Coefficiente de correlación	Nivel de significancia ( $\alpha$ )
Peso Promedio de Nuez- Porcentaje de almendra	0.613	0.0115
Peso Promedio de Nuez - Porcentaje de cáscara	-0.613	0.0115
Porcentaje de Almendra - Porcentaje de cáscara	-1.000	0.0000
Porcentaje de almendra - Potasio Foliar	0.566	0.0223
Porcentaje de cáscara - Potasio Foliar.	- 0.566	0.0233
Fierro foliar - Fósforo foliar	0.437	0.0905
Fierro foliar - Potasio foliar	0.542	0.0297
Cinc foliar - Fósforo foliar	-0.487	0.0555
Manganeso foliar - Porcentaje de almendra	0.469	0.0666
Manganeso foliar - Porcentaje de cáscara	-0.469	0.0666

Se encontró una correlación negativa entre peso promedio de nuez y porcentaje de cáscara; porcentaje de almendra y porcentaje de cáscara y porcentaje de cáscara y potasio foliar.

#### LITERATURA CITADA

- Brison, F.R. 1974. Pecan Culture. Texas A & M University. 209-215.
- García, E. 1981. Modificaciones al sistema climático de Köppen. UNAM, México.
- Garza, F.G.J. y B.M. Valdez 1974. Fertilización N-P-K en nogal (*Carya illinoensis*, Koch) Variedad Western en Zaragoza, Coah. II Ciclo de conferencias de productores de nuez de la República Mexicana. CONAFRUT. 20:49-55. SAG/México.
- Hibner, P. 1985. Nutrition. Proc. Nineteenth West Pecan Conf. New Mexico State University. p 168-176.
- Malstron, H.L., L.I. B. Feen y T. Riley. 1982. The relationship between soil texture and nitrogen retention in aluvial soils. Proc. 16<sup>th</sup> West. Pecan Conf. Las Cruces New México University. p 30-34.
- Martínez R., O.A. 1978. Fertilización con nitrógeno en nogal pecanero. Seminarios Otoño Invierno. Centro de Fruticultura. C.P. Chapingo, Méx. p 1-4.
- Mc Eachern, R.G. 1977 a. Pecan fertilización. Texas Pecan Orchard Management. Hand book, pp 19-20, 153.
- O'Barr, R.D. y K. Hanson. 1978. Hidden huger finding and correct it. Pecan South 5(1):20-24.
- SAGAR., 1997. Anuario estadístico de la producción agrícola de los Estados Unidos Mexicanos p. 277.
- SAGARPA., 2001. Resumen económico de la Comarca Lagunera. Sector Agropecuario. p. 28.
- Shear y M. Faust. 1980. Nutritional Ranges in Deciduous Tree Fruits and Nuts. Hort. Rev. 2.P.158-159
- Sparks, D. 1976. Iron Deficiency in Pecans. Pecan South. 3(4). 448-449.
- Sparks, D. 1989. Pecan Nutrition. Proc. of Twenty-third West Pecan Conf. New Mexico State University. p. 55-96.
- Storey, J.B. 1985. Cinc Nutrition. In Texas Pecan Orchard Management. Ed. McEachern.p. 92-99.
- Storey, J.B. 1990. Fertilization. Texas Pecan Profitability Hand-book. Texas A&M University. p. VI-1:2.
- Storey, J.B. 1995. Texan Pecan Short Course. Texan A&M University.
- Tarango R; S.H. 1992. Fertilización del nogal. Nutrición y

productividad. Universidad Autónoma de Chihuahua. p. 30- 38.

Van Lan, H.; N. Gammon y W.B. Sherman. 1978. Copper Requirement for pecans. Pecan south. 5(2): 90-91.

Worley, R.E. 1974. Effect of N, P, K and lime on yield nut quality, tree growth and leaf analysis of pecan (*Carya illinoensis* W.). J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99(1):49-57.