

NOTA

FERTILIZACIÓN DE BASE EN UN CULTIVO INICIAL DE PECAN CON DOS MARCOS DE PLANTACIÓN DE ALTA DENSIDAD

LIDIA GIUFFRÉ*, MARÍA DE LAS MERCEDES ZUBILLAGA; ROMINA INGRID ROMANIUK; RUTH PAOLA RÍOS & MATÍAS HILDING OHLSON

Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Av. San Martín 4453. (C1417DSE) Buenos Aires, Argentina

* Autor para correspondencia: giuffre@agro.uba.ar

Recibido: 18-06-10

Aceptado: 13-04-11

RESUMEN

El pecán, *Carya illinoensis* Koch, es una especie cuyo fruto es reconocido como un alimento altamente saludable. Su cultivo se encuentra en expansión en la Argentina pero existen muy pocas investigaciones sobre fertilización y sistemas de plantación. Los objetivos del trabajo fueron caracterizar algunas propiedades físico-químicas y químicas de un suelo en el que se inicia un cultivo de pecán, y comparar tratamientos de fertilización de base (FB) en dos marcos de plantación de alta densidad (MP). Se realizó una plantación de pecán en Villanueva (provincia de Buenos Aires), sobre un suelo Hapludol taptoárgico, con dos marcos de plantación: 10 x 10 m (marco real: MR) y 8 x 8 m (tresbolillo: TR). El diseño del experimento fue en parcelas divididas con cuatro repeticiones. La parcela principal fueron los dos marcos de plantación, y las subparcelas fueron los distintos tratamientos de fertilización base: Compost (C), Fósforo (P), Nitrógeno (N) y Control sin fertilización base (T). Las determinaciones para evaluar el crecimiento de las plantas de pecán fueron: la altura de las plantas y el diámetro del tronco. Con respecto a la fertilidad del suelo, la fertilización fosforada y el agregado de compost permitieron aumentar significativamente los niveles de P-Bray. El tratamiento con fertilización orgánica: compost, presentó un incremento significativo en altura de los pecanes en el marco de plantación 8 x 8 m, que no se manifestó en ningún caso en los diámetros del tronco, con una interacción MP x FB significativa ($P=0,01$) para la variación de altura al primer año. La variación del volumen del árbol durante el año de experimentación no presentó efectos significativos según el marco de plantación ni la fertilización base aplicada.

Palabras clave. Pecán, fertilización de base, fertilidad del suelo.

EFFECT OF DIFFERENT FERTILIZATION STRATEGIES ON PECAN GROWTH PARAMETERS UNDER TWO HIGH DENSITY PLANTATION FRAMES

ABSTRACT

The fruit of the pecan tree, *Carya illinoensis* Koch, is considered a very healthy food. In Argentina, pecan cultivation has been expanding rapidly but very little research has been conducted on pecan fertilization and planting systems. The objectives of this study were to characterize some physical-chemical and chemical properties in a pecan crop, and compare different basal fertilization (FB) treatments under two high density plantation frames (MP). Plantation was conducted in Villanueva (Buenos Aires province), on a Tapthoargic Hapludoll, with 10 x 10 m frames (real part: MR) and 8 x 8 m frames (staggered: TR). The experimental design was a split plot with four replications. The main plots were the two frames and the subplots were the different fertilization treatments: Compost (C), Phosphorus (P), slow release Nitrogen (N), and an unfertilized control (T). The determinations to assess the growth of pecan plants were: plant height and stem diameter. With regard to soil fertility, phosphorus fertilization and the addition of compost significantly increased the levels of Bray-P. The organic fertilizer treatment (compost) showed a significant increase in the height of the pecan plantation under the 8 x 8 m frame, which was not apparent in any case for the stem diameter, with a MP x FB significant interaction ($P = 0.01$) for height variation in the first year. The plantation frame with or without basal fertilization had no effect on pecan volume during the study period.

Keywords. Pecan, basal fertilization, soil fertility.

INTRODUCCIÓN

El pecán, *Carya illinoensis* Koch, es el único nogal de origen americano, especie frutal perteneciente a la familia Juglandaceae, al igual que el nogal común (*Juglans regia*). Los primeros estudios del pecán como producción

alternativa en la Argentina, fueron conducidos por técnicos del INTA Delta (Madero, 2009), a partir de la década del 90, considerándose una alternativa interesante como cultivo intensivo para superficies pequeñas, con una inversión inicial media, y con una cadena de comerciali-

zación en formación, ya que es un fruto exportable principalmente a Estados Unidos y Europa. En los últimos años, Madero & Frusso (2009) relevaron una superficie actual cultivada de 5.000 ha distribuidas en una amplia región de nuestro país.

El cultivo de pecán, tal como muchos cultivos arbóreos, puede considerarse inherentemente un sistema más sustentable que otras formas de agricultura, ya que no produce riesgos de erosión, y además el uso de pesticidas es mínimo (Diver & Ames, 2000).

La especie es diclinomonoica, con flores masculinas y femeninas en el mismo pie, que maduran en distinto momento, lo que debe ser tenido en cuenta para prever la ubicación en el campo de los cultivares más adecuados que permitan una polinización cruzada y anemófila (Lemus, 2004; Frusso, 2007).

Si bien el pecán es capaz de crecer en una amplia gama de suelos, un mejor desarrollo y producción se logra en suelos con requerimientos de calidad referidos a clases texturales óptimas, de 1 a 2 m de profundidad efectiva, alta capacidad de retención de humedad y buen drenaje, con un rango de pH entre 5 a 8, sin salinidad ni alcalinidad en el perfil, humedad del suelo: régimen údico y temperatura del suelo: régimen térmico (Lemus, 2004; Gómez & Cruzate, 2007). En Sudáfrica se ha visto que se adapta bien a zonas subtropicales, y también tiene buen crecimiento en áreas con inviernos cortos y fríos, y veranos largos y muy cálidos. Se requieren bajas temperaturas en invierno y aún heladas para una buena floración, y las altas temperaturas durante el verano favorecen la formación del fruto (NDA, 2000). En nuestro país, Sierra *et al.* (2007) determinaron que la región óptima es aquella cuya distribución geográfica está representada por un núcleo en las provincias de Buenos Aires, Entre Ríos, sur de Santa Fe, este de Córdoba y el área de las Yungas.

En México, la producción de pecán se inició en 1940 con una tecnología poco precisa en cuanto a la densidad de plantación, ya que se trata de árboles adultos de grandes dimensiones, recomendándose al principio una densidad de 50 árboles por hectárea. Orna Castillo *et al.*, (2006), informaron que en la comarca lagunera de México el sistema de plantación más común fue el denominado «tresbolillo 12 x 12 m», seguido de «marco real 10 x 10 m», enfoques de mayor densidad para un aumento de productividad por hectárea.

Madero y Frusso (2009), citan para plantaciones iniciales en la Argentina marcos de 8 x 8 m hasta 12 x 12 m y presentan como alternativa de manejo un sistema silvopastoril con actividades intercalares como ganadería, hortalizas, pasturas, o colmenares. Kremer y Kusman (2009) propusieron la utilización de una Leguminosa perenne (*Trifolium ambiguum*, trébol Kura) como siste-

ma intercalar en cultivos nuevos de pecán, que resultó beneficiosa ya que mantuvo o incrementó la calidad del suelo, con aporte de nitrógeno, y mejora de la estructura.

De acuerdo con Figueroa Viramontes (2007), se consideran factores importantes en la producción: el genotipo (adecuada variedad- portainjerto), el clima (zona geográficamente adecuada), y el manejo (plantación, conducción y poda; riego; control de adversidades, fertilidad del suelo y nutrición). Los estudios conducidos sobre esta especie 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).

Entre los factores que influyen en el crecimiento y producción del cultivo de pecán, la nutrición adecuada del cultivo es probablemente uno de los más importantes. Según Sparks *et al.*, 1997), una cosecha de 1,2 Mg ha⁻¹ de nuez pecán remueve 9,7 kg ha⁻¹ de nitrógeno (N), 2,310 kg ha⁻¹ de fósforo (P), 4,482 kg ha⁻¹ de potasio (K), 0,025 kg ha⁻¹ de magnesio (Mg), 0,034 kg ha⁻¹ de hierro (Fe), y 0,035 kg ha⁻¹ de zinc (Zn).

La fertilización permite aumentar los rendimientos, y disminuir la alternancia de la producción. La producción precoz y a un ritmo sostenido a lo largo de los años de nueces de alta calidad, se requiere un adecuado programa de fertilización (Cabello *et al.*, 2007, 2008; Torri *et al.*, 2007, 2009; Frusso & Lavado, 2008).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la fertilización de base sobre propiedades físico-químicas y químicas del suelo, y la interacción de dos marcos de plantación de alta densidad: marco real (10 x 10 m) y tresbolillo (8 x 8 m) y la fertilización de base: fertilización orgánica (compost) y fertilización inorgánica nitrogenada (N) y fosforada (P) sobre el crecimiento del pecán en el inicio de una plantación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características del sitio experimental

El experimento fue desarrollado en Villanueva (partido de Gral. Paz- Ranchos, provincia de Buenos Aires (Latitud S 35° 45' y Longitud O 58° 26'), ubicado en la subregión de la llanura medanosas perteneciente al Dominio Edáfico 20 (INTA, 1989). El suelo del sitio de experimentación fue clasificado como Hapludol taptó-árgico (Soil Survey Staff, 1999). La historia de uso previo del lote había sido ganadería en campo natural durante siete años, por lo que se realizaron 5 pasadas de rastra de disco (25 cm de profundidad) con la finalidad de descompactar el sitio de experimentación.

La plantación se efectuó sobre un lote de aproximadamente una hectárea, en posición de loma en el mes de julio de 2008. Se realizó un análisis de suelo preliminar en el mes de junio. Con estos

datos, y en base a los principales requerimientos nutricionales del pecán, se planificó el ensayo de fertilización. Al año de la implantación, en agosto de 2009, se efectuó un análisis de suelo por árbol, para todos los árboles del ensayo, mediante una muestra compuesta por 3 piques de barreno (0-20 cm) en cada hoyo de plantación, para evaluar si existió efecto de los tratamientos sobre el pH, la conductividad eléctrica (CE), el carbono total (Ct) y el P extractable del suelo. Las metodologías utilizadas en el análisis de suelo del muestreo preliminar y en el posterior análisis restringido por árbol fueron: carbono orgánico total (Ct) utilizando el método de oxidación húmeda de Walkley-Black (Nelson & Sommers, 1982), nitrógeno total (Nt) según el método de Kjeldahl (Bremner & Mulvaney, 1982), fósforo extractable (Pext) según la metodología propuesta por Bray & Kurtz (1945), pH actual (Page, 1982), Conductividad eléctrica (CE) sobre el extracto de saturación (Rhoades, 1982) y textura a través del análisis de tamaño de partícula propuesta por Boyoucos (1927).

Esquema de la plantación

Se implantó una cortina forestal mixta, alternando casuarinas con álamos piramidales con una equidistancia entre plantas de 3 m, en los dos laterales más ventosos. Se diagramaron dos distribuciones de plantas, siendo la distancia de plantación 10 x 10 m (marco real) y 8 x 8 m (en tresbolillo), con una densidad de plantas resultante de 100 plantas por ha y 156 plantas por ha, respectivamente (Fig. 1).

La plantación se efectuó el 18 de julio de 2008, con la planta en estado V1 (yema dormida).

Las variedades fueron Stuart (80%) y Desirable (20%, polinizadora). Ambas son variedades comerciales de mercado de mesa, de fruto grande, que fueron seleccionadas por su adaptación en suelos similares. Es importante conocer los períodos de

liberación del polen y receptividad del estigma de cada cultivar para poder ubicar en el campo los cultivares más adecuados que permitan una polinización cruzada (Frusso, 2007). La variedad polinizadora se ubicó en el borde superior y lateral derecho del lote.

Se efectuó control de hormigas, con protector plástico, pasta orgánica marca Marpe y cebos.

Para el control de malezas se efectuaron cortes mecánicos con desmalezadora, y se estableció un riego por goteo a partir del mes de septiembre de 2008, aplicando en promedio 4 L planta⁻¹ día⁻¹. El agua de riego presentó un pH de 6,78, la CE fue de 0,83 dS m⁻¹ y el RAS fue de 6.

El diseño del experimento fue en parcelas divididas con cuatro repeticiones. La parcela principal fueron los dos marcos de plantación 10 x 10 m (MR) y 8 x 8 m (T), y las subparcelas fueron los distintos tratamientos de fertilización base: *Compost* (C): vermicompost comercial (C/N: 15, pH 5,25, CE: 1,25 ds m⁻¹, P como P₂O₅: 2,5%), dosis: 10 litros (L) /hoyo mezclado con 10 L de tierra negra; *Fósforo* (P): dosis: 54 g de superfosfato triple por hoyo mezclado con 10 L de tierra negra; *Nitrógeno* (N): la dosis fue 50g N/ hoyo a 20 cm del tronco, diluidos en 325 mL de agua, aplicados 2 meses después de comenzado el experimento, de un fertilizante de liberación controlada: resina polimerizada (registrado por Georgia Pacific Resins, Inc). Grado: 23,6 (23, 6% de N); y *Control* (T) sin fertilización base.

Las determinaciones para evaluar el crecimiento de las plantas de pecán fueron: la altura de las plantas y el diámetro del tronco en dos momentos: inicio de la plantación (18/7/08) y un año después de la misma (11/7/09). También se estimó el volumen de árbol en pie ($V = 0,0567 + 0,5474 D^2 * h$), donde D: diámetro y h: altura.

Las comparaciones de medias se realizaron con ANVA y el test de Tukey (Statistix, 2008).

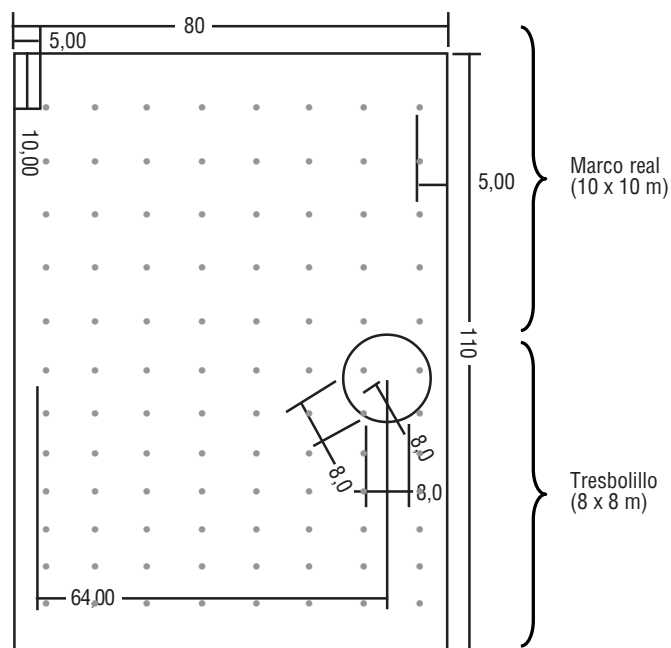


Figura 1. Diseño de la plantación de pecán sobre un lote de una hectárea utilizando dos marcos de plantación.

Figure 1. Pecan plantation scheme on a one-hectare plot using two plantation frameworks.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del muestreo preliminar de suelos evidenciaron para una muestra compuesta superficial (0-20 cm), una textura franca, un pH de 5,82, la CE fue de 0,58 (dS m⁻¹), el carbono total 29 (g kg⁻¹) y el Nt 2,3 (g kg⁻¹), con un contenido en P extractable de 5 (mg kg⁻¹) en suelo. A pesar de estar el suelo bien provisto con N, se incorporó un tratamiento con un fertilizante nitrogenado de liberación lenta, debido a la importancia de este nutriente, fundamental para todas las estructuras de la planta, particularmente durante el crecimiento de los brotes. El contenido de fósforo del suelo para este cultivo fue pobre en el horizonte superficial (Rojo, 2006), razón por la cual se estableció el tratamiento con superfosfato triple.

Al efectuar el ANVA para las características del suelo analizadas al año de implantación del cultivo para todos los tratamientos, no se observaron diferencias entre ambos marcos de plantación, sólo se establecieron diferencias estadísticamente significativas debido a la fertilización de base para el contenido de fósforo (Tabla 1). La fertilización inorgánica con fósforo (P) y la fertilización orgánica (C) permitieron aumentar significativamente la concentración del fósforo de los sitios de plantación del pecán, lo que puede relacionarse con los bajos valores iniciales de fósforo, que resaltan a este nutriente como el único elemento limitante en suelo. El buen contenido en materiales orgánicos del sitio experimental puede haber enmascarado los resultados del primer año de aplicación de compost sobre los contenidos de carbono total en suelo.

Tabla 1. Valores medios de pH, conductividad eléctrica (CE), carbono orgánico total (Ct) y fósforo extractable (Pext) en suelo al año de plantación, en los distintos tratamientos de fertilización (T: control, N: fertilización con nitrógeno, C: fertilización con vermicompost, y P: fertilización con fósforo) para ambas densidades de plantación (10x10 m y 8x8 m) en el horizonte superficial (0-20 cm).

Table 1. Soil mean values of pH, electrical conductivity (CE), total organic carbon (Ct) and extractable phosphorous (Pext) for different treatments (P: phosphorous fertilization, C: vermicompost fertilization, T: control, N: nitrogen fertilization) in both plantation frames (10 x 10 m and 8 x 8 m) in the topsoil (0-20 cm).

Tratamientos	pH	CE (dSm ⁻¹)	Ct (g kg ⁻¹)	Pext (mg kg ⁻¹)
T	6,36 a	0,32 a	27,7 a	3,58 c
N	6,30 a	0,32 a	25,7 a	3,19 c
C	6,38 a	0,33 a	28,0 a	7,24 b
P	6,42 a	0,33 a	28,8 a	11,40 a

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos. Test de Tukey ($\alpha=0,05$).

Different letters represent significant differences between treatments according to Tukey's Test ($\alpha=0,05$).

Es importante destacar que no se vieron afectados el pH y la CE, por lo tanto en el primer año el agua de riego no afectó las propiedades del suelo. Santamaría *et al.*, 2002 estudiaron el efecto de la salinidad del suelo sobre el rendimiento del nogal pecadero, y concluyeron que la conductividad eléctrica por encima de 3 dS m⁻¹, tiende a reducir el área transversal del tronco y el rendimiento por árbol de pecán.

Al cumplirse el año de la plantación, se registró un aumento del diámetro del tronco y la altura de los pecanes

Tabla 2. Valores iniciales, al año de iniciada la plantación, y diferencias de altura, diámetro y volumen; según el marco de plantación (MP) de marco real de 10 x 10 m (MR) y de tresbolillo de 8 x 8 m (TR); y según la fertilización base (FB) (T: control, N: fertilización con nitrógeno, C: fertilización con vermicompost, y P: fertilización con fósforo).

Table 2. Initial values, a year after plantation, and differences in values of height, diameter and volume; according to the plantation frames (MP) of 10 x 10 m (MR) and 8 x 8 m (TR); and the basal fertilization (FB) (T: control, N: nitrogen, C: vermicompost, and P: phosphorous).

	Altura por planta (cm árbol ⁻¹)			Diámetro por planta (mm árbol ⁻¹)			Volumen (cm ³ árbol)	
	Inicial	Al año	Δ altura	Inicial	Al año	Δ diámetro	Δ volumen	
Fertilización Base (FB)								
T	95,13	124,25	29,12 ab	13,2 ab	22,54	9,34	15,25	
N	109,75	134,50	24,75 b	14,82 a	25,15	10,32	16,14	
C	102,29	135,38	33,09 a	12,19 b	21,14	8,95	16,08	
P	109,0	131,9	22,9 b	14,1 ab	24,1	10,1	13,7	
Error estándar	10,89	9,61	-	-	1,59	1,47	5,03	
Marco de Plantación (MP)								
MR 10 x 10 m	105,24	133,69	28,45	14,52	21,82	9,21	14,32	
TR 8 x 8 m	102,84	129,31	26,47	12,62	24,65	10,13	16,27	
Error estándar	7,29	7,69	1,17	0,78	1,31	1,16	3,37	
Probabilidades								
FB	ns	ns	0,001	0,03	ns	ns	0,255	
MP	ns	ns	0,190	ns	ns	ns	0,169	
FB x MP	ns	ns	0,010	ns	ns	ns	0,467	

plantados. Los efectos de la fertilización base y el marco de plantación sobre el crecimiento del pecán se presentan en la Tabla 2.

En el momento de plantación, la altura inicial promedio fue de 104 cm, no existiendo diferencias significativas entre la distribución de árboles. Por otro lado, el diámetro inicial promedio fue de 13,6 mm, siendo mayor el diámetro de aquellas ubicadas en el tratamiento N. Al año de plantación, los promedios para la altura y el diámetro fueron 131,5 cm y 23,2 mm por árbol, respectivamente.

Con respecto a la altura la diferencia mínima de crecimiento por planta fue de 18 cm y la máxima de 47 cm. La diferencia en la altura durante el primer año de plantación registró diferencias significativas según la fertilización base. En este sentido, el tratamiento con fertilización orgánica: compost, presentó mayor crecimiento ($P=0,001$). La interacción MP x FB fue significativa ($P=0,01$) para la variación de altura al primer año (Fig. 2).

Los testigos podrían haberse desarrollado adecuadamente en el presente experimento, debido a las buenas condiciones edáficas de partida. En este ensayo los testigos presentaron una tendencia a un buen crecimiento superando a los tratamientos N y P, a pesar de que el tamaño inicial de plantas fue bajo. Esto no coincide con los resultados de Frusso y Lavado (2008), en los que el tratamiento control y una dosis intermedia de fertilización N-P-Zn mostraron un crecimiento similar, lo que fue atribuido a un

menor tamaño de las plantas en este último tratamiento previamente a la fertilización. Dichos autores obtuvieron efectos positivos con la mínima y máxima dosis de fertilización sobre la altura y el diámetro del tronco, pero sin llegar a ser estadísticamente significativos, en plantaciones del año 2000. Esto está de acuerdo con nuestros resultados en cuanto a una tendencia positiva en el crecimiento, y este hecho es relevante dado que el tamaño de la planta estará relacionado con un mayor número de frutos, observando los citados autores una tendencia similar sobre el rendimiento, expresado en peso seco de nuez.

Otros autores (Smith *et al.*, 2004) no han encontrado diferencias significativas en el crecimiento de los tallos o el área del tronco de pecán con distintas dosis de fertilizante nitrogenado o dividiendo la aplicación del mismo.

En este experimento, la diferencia en el diámetro durante el primer año, no registró efectos estadísticamente significativos para el marco de plantación ni tampoco para la fertilización base. El volumen del árbol en pie, permite sintetizar los efectos de los tratamientos sobre el diámetro y la altura. La variación del volumen durante el año de experimentación no presentó efectos significativos según el marco de plantación ni la fertilización base aplicada. El incremento de volumen promedio fue de $15,3 \text{ cm}^3 \text{ árbol}^{-1}$, con un mínimo de 2,45 y un máximo de $47,8 \text{ cm}^3 \text{ árbol}^{-1}$.

Los marcos de plantación tendrán mayor importancia en los años venideros debido al volumen del monte,

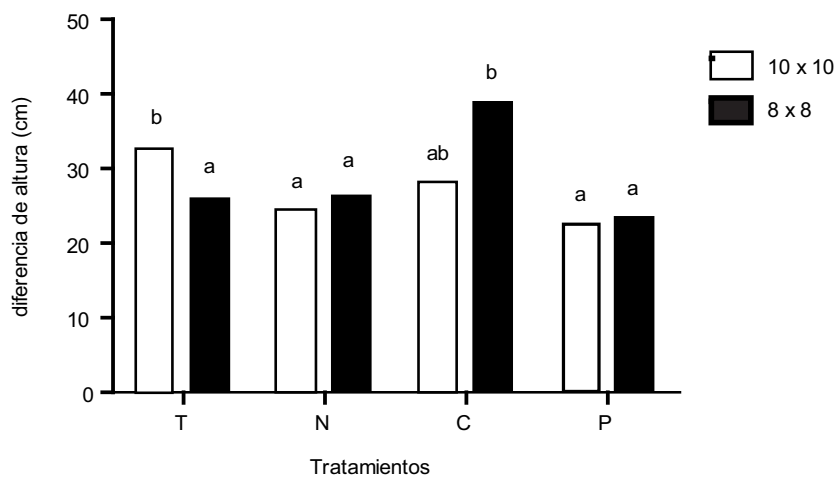


Figura 2. Diferencia de altura de planta según el marco de plantación y la fertilización base (T: control, N: fertilización con nitrógeno, C: fertilización con vermicompost, y P: fertilización con fósforo). Letras distintas indican diferencias significativas ($\alpha=0,05$) dentro de cada marco de plantación según el test de Tukey.

Figure 2. Difference of plant height according to the plantation frames and the fertilization bases (T: control, N: nitrogen, C: vermicompost, and P: phosphorus).

Different letters indicate significant differences among treatments within each plantation frame, according to Tukey's test ($\alpha=0,05$).

con un incremento de competencia entre las plantas, lo que puede hacer variar los resultados obtenidos en el primer año de implantación.

Debido a que el compost ha demostrado un comportamiento interesante en lo que hace a una tendencia en el aumento de los valores de fósforo en suelo y dado además su impacto en la diferencia de altura del cultivo en este trabajo en un solo año de aplicación, sería importante intensificar el estudio de aplicación de abonos orgánicos en el cultivo de pecán, lo que podría conducir a un manejo totalmente orgánico de la plantación, ya que no se utilizan herbicidas para el control de malezas, y, al menos en los primeros años, no existirían adversidades importantes en este cultivo. Los principales beneficios de aplicar compost al suelo en cultivos de pecán son un aumento en los contenidos de materia orgánica y nutrientes, mejoramiento de la capacidad del suelo para retener agua y nutrientes, mejores condiciones físicas para el desarrollo de las raíces, control de enfermedades que causan pudrición de las raíces y un aumento en la actividad microbiana (Valenzuela Solano, 2007). Figueroa Viramontes (2007) alertó sobre la importancia de un adecuado manejo del compost para evitar sobrefertilización, ya que en el nogal pecanero un exceso de nitrógeno puede afectar la fructificación. De acuerdo con Diver & Ames (2000), la aplicación de compost, especialmente en la zona libre de malezas de la taza, en los primeros años de cultivo, es por sí solo suficiente para aumentar el vigor de los árboles, a menos que existan deficiencias marcadas por el análisis de suelos.

CONCLUSIONES

La fertilización fosforada y el compost produjeron incrementos estadísticamente significativos del fósforo extractable del suelo.

El pecán no manifestó una respuesta definida en diámetro del tronco, ni tampoco en volumen del árbol en pie, en el primer año de implantación, con los diferentes tratamientos de fertilización base ni con los marcos de plantación.

La diferencia en la altura durante el primer año de plantación registró diferencias significativas según la fertilización base con compost en el marco de fertilización 8 x 8 m.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo fue financiado por el Proyecto UBACYT G061.

BIBLIOGRAFÍA

- Bouyoucos, GJ. 1927. The hydrometer as a new method for the mechanical analysis of soils. *Soil Sci.* 23: 343-352.
- Bray, RH & LT Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci.* 59: 39-45.
- Bremner, JM & CS Mulvaney. 1982. Nitrogen total. *In: Page AL ed. Methods of soil Analysis. Part 2. 2nd Edition. ASA-SSSA pp. 595-624.*
- Cabello, MJ; SI Torri, & RS Lavado. 2007. Tecnología de la fertilización del cultivo de pecán. *En: RS Lavado & E Frusso (eds.). Producción de pecán en Argentina.*
- Cabello, MJ; E Verdini; S Torri & E Frusso. 2008. Efecto de diferentes sustratos y fertilizantes sobre el crecimiento de plantines de pecán en macetas. *Actas del XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. San Luis. pp: 226.*
- Diver, S & G Ames. 2000. Sustainable Pecan Production. NCAT - National Center for Appropriate Technology. <http://attra.ncat.org/attra-pub/PDF/Pecan.pdf>.
- Figueroa Viramontes, U. 2007. Uso y aportaciones minerales en compostas. Seminario sobre Elaboración y Uso de Compostas en Nogal Pecanero. *INIFAP, Memoria Técnica 25: 14-22.*
- Frusso, E. 2007. Características morfológicas y fenológicas del pecán. *En: RS Lavado & E Frusso. Producción de pecán en Argentina.*
- Frusso, E. & RS Lavado. 2008. Influencia del nitrógeno, fósforo y cinc sobre el crecimiento y el rendimiento de la nuez pecán. *XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. San Luis.*
- Gómez, LA & GA Cruzate. 2007. Aptitud de los suelos argentinos para el Pecán (*Carya illinoensis*). *En: RS Lavado & E Frusso. Producción de pecán en Argentina.*
- INTA. 1989. Mapa de suelos de la provincia de Buenos Aires, escala 1:500.000, Buenos Aires, 522 pp. 11 mapas.
- Kremer, R & R Kussman. 2009. Soil Quality in a Pecan Agroforestry System is Improved with Intercropped Kura Clover. *Proceedings of North American Agroforestry Conference, Columbia, Missouri. p. 373-358.*
- Lagarda, MA. 2005. Evolución de la tecnología de manejo para la producción de nogal pecanero. *SOMECH, Memorias Congreso 2005, Chihuahua, Mexico.*
- Lemus, G. 2004. El cultivo del pecano. Gobierno de Chile. Ministerio de Agricultura. INIA- La Platina. Fundación para la innovación Agraria (FIA). 22 pp.
- Madero, E. 2009. Nuez pecán. Interesante alternativa para el NOA. *Comunicaciones INTA: 51.*
- Madero, E & E Frusso. 2009. La nuez pecán en Argentina. Curso sobre Pecán. INIA Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Las Brujas. Uruguay.
- Nelson, DW & LE Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. *In: Page AL (ed.). Methods of soil analysis. Part 2. ASA-SSSA 9: 539-579.*
- NDA. 2000. Cultivating pecan nuts. National Department of Agriculture, South Africa. Compiled by Directorate Communication, National Department of Agriculture in cooperation with ARC-Institute for Tropical and Subtropical Crops. <http://www.nda.agric.za/docs/pecan/pecan.htm>
- Orona Castillo, I; JJ Espinoza Arellano; G González Cervantes; B Murillo Amador; JL García Hernández & CJ Santamaría. 2006. Aspectos técnicos y socioeconómicos de la producción de nuez (*Carya illinoensis* Koch) en la comarca lagunera, México. *Agricultura Técnica en México 32(3): 295-301.*

- Page, AL. 1982. Methods of soil Analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. 2nd Edition. ASA-SSSA.
- Rhoades, JD. 1982. Soluble salts. In: Page AL, Miller RH and Keendy DR. (eds.) Methods of soil Analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. 2nd Edition. pp. 167-179. ASA-SSSA.
- Santamaría, CJ; MC Medina Morales; M Rivera González & R Faz Contreras. 2002. Algunos factores de suelo, agua y planta que afectan la producción y alternancia del nogal pecanero. *Rev. Fitotec. Mex.* 25: 119-125.
- Sierra, E; E López & S Pérez. 2007. Agroclimatología del pecán (*Carya illinoensis*) en la Argentina. En: RS Lavado & E Frusso (eds.). Producción de pecán en Argentina .
- Smith, MW; BS Cheary & BL.Carroll. 2004. Response of pecan to N rate and N application time. *Hort. Sci.* 39: 1412-1415.
- Soil Survey Staff. 1999. Soil Taxonomy, 2nd Ed. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. USDA - Soil Conservation Service, Agricultural Handbook #436, U.S. Government Printing Office, Washington, DC, 869 p.
- Sparks, D & GD Madden. 1997. Effect of the genotype on the elemental concentration of pecan leaves *Hort Sci* 12: 251-252.
- Statistix Software. 2008. Statistix8* Student CD. Ninth Edition McGraw-Hill/Irwin.
- Torri, S; MJ Cabello & RS Lavado. 2007. Diagnóstico de la calidad de los suelos y su fertilidad para el pecán. En: RS Lavado & E Frusso (eds.). Producción de pecán en Argentina.
- Torri, SI; C.Descalzi & E. Frusso. 2009. Estimación del área foliar en cultivares de pecán (*Carya illinoensis*). *Cien. Inv.Agr.* 36: 53-58.
- Valenzuela Solano, C. 2007. Elaboración de compostas. Seminario sobre Elaboración y Uso de Compostas en Nogal Pecanero. *INIFAP, Memoria Técnica* 25: 5-13.