

APLICACIÓN FOLIAR DE QUELATOS DE ZINC EN NOGAL PECANERO

D. L. Ojeda-Barrios¹; O. A. Hernández-Rodríguez;
J. Martínez-Téllez; A. Núñez-Barrios;
E. Perea-Portillo

Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Universidad Autónoma de Chihuahua.
V. Carranza y Escorza s/n. Centro, Apartado Postal 24. Chihuahua, Chihuahua, C. P. 31000, MÉXICO.
Correo-e: dojeda@uach.mx (¹Autora responsable),
Correo-e: elopecas@hotmail.com

RESUMEN

Se estudio el efecto de la aplicación foliar de quelatos de zinc en árboles de nogal pecanero [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch], de ocho años de edad, sobre la concentración de zinc, contenido de clorofila, índice foliar y calidad de nuez. Estos árboles fueron plantados en un xerosol cálcico de textura franca, pH alcalino y contenidos de materia orgánica y CaCO₃ de 1.09 y 12.84 %, respectivamente, los cuales mostraron deficiencia de zinc. El experimento se desarrolló en 2007 y consistió en: T1) testigo, T2) NZN 100 mg·kg⁻¹ Zn, T3) EDTA-Zn 150 mg·kg⁻¹ Zn, T4) EDTA-Zn 100 mg·kg⁻¹ Zn, T5) EDTA-Zn 50 mg·kg⁻¹ Zn y T6) DTPA-Zn 100 mg·kg⁻¹ Zn, los cuales fueron aplicados a partir de brotación hasta un mes antes de la cosecha, aunque ninguno de los tratamientos mejoró en forma significativa la concentración de zinc en las hojas, el DTPA-Zn obtuvo mejores resultados en un 34.84 % que el resto de los tratamientos. Los valores de clorofila fueron de 39.445 unidades SPAD, que es equivalente a 43 mg·litro⁻¹ de clorofila extractable, que concuerda con valores de deficiencia de Zn de 20 mg·kg⁻¹. Lo mismo sucedió con el índice de área foliar, el cual se redujo en un 30 % en condiciones de deficiencia. Las variables de calidad de nuez no se afectaron por los tratamientos. Los datos presentados son preliminares, por ser el nogal una especie alternante.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: *Carya illinoensis*, suministro foliar, EDTA-Zn, DTPA-Zn.

FOLIAR APPLICATION OF ZINC CHELATES ON PECAN

ABSTRACT

During 2007, a study was carried on pecan trees 8-years age applying Zinc. Orchard soil conditions were to a xerosol calcic, loam texture, alkaline pH and organic matter and CaCO₃ contents of 1.09 and 12.84 % respectively. The experiment consisted on different applications of Zn products supplied from sprung leaf to maturity: Treatments were as followed: T1) Control, T2) NZN 100 mg·kg⁻¹ Zn, T3) EDTA-Zn 150 mg·kg⁻¹ Zn, T4) EDTA-Zn 100 mg·kg⁻¹ Zn, T5) EDTA-Zn 50 mg·kg⁻¹ Zn, T6) DTPA-Zn 100 mg·kg⁻¹ Zn. Although none of the treatments significantly improved the concentration of zinc in the leaves, Zn-DTPA was a 34.84 % better than the other treatments. The values of chlorophyll in this study were 39,445 SPAD units, which is equivalent to 43 mg·litro⁻¹ extractable chlorophyll, consistent with values of Zn deficiency, 20 mg·kg⁻¹. The same applies to the leaf area index which is reduced by 30 % in conditions of deficiency. Results are preliminary due to that pecan trees present alternancy.

ADDITIONAL KEY WORDS: *Carya illinoensis*, foliar nutrition, EDTA-Zn, DTPA-Zn.

INTRODUCCIÓN

El cultivo del nogal [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch] es económicamente estratégico para el estado de Chihuahua, México. Uno de los principales factores a considerar en el manejo de una huerta nogalera es la nutrición mineral (Ojeda *et al.*, 2003), ya que en el norte del país el

nogal pecanero se cultiva en suelos calcáreos y esto propicia que se presente deficiencia de Zinc (Zn).

El Zn es uno de los nutrientes más requeridos por el nogal (Kilby, 1995). Su deficiencia produce clorosis intervenales fáciles de observar, lo que se ha relacionado

con un papel estabilizador de la molécula de clorofila. Las alteraciones más típicas son la disminución del crecimiento de las hojas y el acortamiento en la longitud de los entrenudos (Hu y Sparks, 1991). Esta reducción del tallo se ha relacionado con la falta en la producción de ácido indolacético (AIA), una de las auxinas más importantes, ya que es un promotor de crecimiento (Chávez *et al.*, 2003).

La deficiencia de Zn es común en los suelos calcáreos con un pH de 7.0 a 8.6. El alto contenido de carbonato o pH alcalino en estos suelos limita la disponibilidad de elementos menores, incluyendo al Zn (Fenn *et al.*, 1990). En los suelos alcalinos, el Zn tiene una movilidad limitada debido a que el carbonato de calcio reacciona con el Zn, lo que reduce su disponibilidad (Lagarda *et al.*, 1998).

Medina (1995) estableció que en hojas de nogal pecanero, cultivado en suelos alcalinos de la región norte de México, el nivel de Zn varía entre 57 y 73 mg·kg⁻¹ durante el mes de julio cuando el árbol se encuentra en pleno crecimiento.

La aspersión al follaje de elementos menores en los frutales es un método de suministro más rápido y efectivo que la aplicación al suelo, aunque el efecto de la aspersión foliar sobre la nutrición del árbol es temporal (Marschner, 1995). Sparks (2003) especificó que como el Zn no es translocado en el tejido vegetal, su aplicación foliar debe cubrir todo el árbol.

Una vez absorbidos por la hoja, el N, P, K y Na se mueven libremente en el floema por todas las partes de la planta (incluyendo raíces); el Zn, Cu, Mn y Fe tienen baja movilidad y sólo se extienden a los tejidos circundantes (Smith *et al.*, 2001). Los estándares nutricionales foliares para el área nogalera de Jiménez, Chihuahua, México generados mediante los días después de brotación (DDB) por Meraz (1999) señalaron como baja a la concentración de 21 mg·kg⁻¹, suficiente a 46 mg·kg⁻¹, alto 71 a 214 mg·kg⁻¹ y excesivo 334 mg·kg⁻¹.

Los resultados de investigación de tres años en la Comarca Lagunera en árboles de nogal pecanero Western y Wichita de 10 a 16 años de edad, que recibieron 1, 2, 3 y 5 aspersiones de Zn cada año, mostraron que con sólo dos aplicaciones se logró una concentración foliar de 60 mg·kg⁻¹ (límite de deficiencia) y no se observaron deficiencias significativas con tres y cinco aspersiones. Por lo que al cultivar Western se recomienda aplicar la primera aspersión una semana después de la brotación (brote de 5 a 7 cm) y la segunda tres semanas después (Chávez y Medina, 2003).

En árboles de 22 años de edad, se estudió el efecto de la época de aspersión foliar con Zn sobre la condición nutricional, el crecimiento total del brote y la producción de nueces. El experimento consistió en cinco tratamientos, los cuales incluyeron aspersiones en el otoño, con dos,

tres y cuatro aspersiones adicionales durante la estación de crecimiento a una concentración de 0.03 % de Zn, más un testigo. Al aumentar la concentración de Zn en las hojas el crecimiento fue mayor, pero menor que el intervalo considerado como óptimo. No se encontró respuesta positiva a la longitud total del brote y al número de nueces por brote (Favela *et al.*, 2000).

Existen informes de que los quelatos existentes, EDTA (ácido etilendiaminotetraacético) y DTPA (ácido dietil-étri-aminopentaacético) se utilizan para aplicaciones foliares ya que, complejan adecuadamente Zn y Mn (Abadía *et al.*, 1993; Cadahia *et al.*, 1998). Es recomendable el uso conjunto de quelatos de Zn junto con sales inorgánicas como sulfato, en proporciones iguales (Álvarez *et al.*, 2004 y Fernández *et al.*, 2006).

En la actualidad, la práctica de corrección de la deficiencia de Zn en nogal pecanero, cultivado en suelos alcalinos, consiste en aplicaciones foliares, en el periodo de brotación hasta crecimiento rápido de fruto, generalmente aplicando diferentes productos de Zn, incluyendo sulfato de Zn y quelatos de Zn. Sin embargo, en la actualidad no hay un consenso de que producto es más efectivo para suministrar este micronutriente al árbol. Debido a lo anterior el objetivo del presente estudio fue evaluar la aplicación de quelatos de Zn al follaje, para mantener el nivel óptimo de Zn foliar e incrementar la calidad de fruto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de Estudio

El estudio se llevó a cabo en el ciclo 2007, en el municipio de Aldama, ubicado hacia el Este del Estado de Chihuahua, México, cuyas condiciones climáticas y edafológicas son similares a las principales regiones productoras de nogal pecanero en el norte del país. La localidad se encuentra a 28° 50' latitud norte, 105° 53' longitud oeste, a 1,262 m de altitud, con 336.5 mm de precipitación anual. Es una región árida con una temperatura media anual de 18.6 °C (García, 1973). El suelo del huerto se clasifica como xerosol cálcico (ANÓNIMO, 1990), de textura migajón arcilloso con un pH de 7.25, con una cantidad de materia orgánica de 1.09 % que es medianamente bajo, con una cantidad de CaCO₃ de 12.84 % que se clasifica como medio, además de que se encuentra deficiente de Zn con 0.44 ppm (Chávez y Medina, 2003).

La plantación tenía ocho años de edad y corresponde al cultivar Western Schley injertado sobre patrón criollo. El sistema de plantación utilizado es marco real, a 12x12 m con una densidad de 70 árboles por ha, seleccionando 30 árboles de acuerdo al área seccional del tronco y la concentración de Zn en la hoja. Se consideró que el diámetro del tronco fuera similar, para lo cual se midió con un vernier

de madera graduado de 0 a 60 cm. Esta variable se consideró para conformar los bloques. Para conocer la condición nutrimental se tomaron en julio de 2006, muestras de 20 árboles con síntomas de deficiencia, y el análisis reportó una concentración media de $7.5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, el cual se considera como deficiente en el cultivo de nogal de acuerdo con Meraz (1999).

El arreglo de los seis tratamientos en el campo se hizo mediante el diseño experimental en bloques al azar con cinco repeticiones por tratamiento. La unidad experimental la constituyó un árbol, seleccionado por su deficiencia de Zn de acuerdo al diagnóstico previo arriba mencionado.

En las soluciones asperjadas se empleó $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, grado reactivo, y se agregó nitrógeno en forma de urea como ión transportador. La concentración de la solución fue de $100 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de Zn y 0.1 % de urea más Tween 20, $14 \text{ mg}\cdot\text{litr}^{-1}$ como surfactante. Los quelatos utilizados fueron EDTA-Na, DTPA-Na a los cuales se les agregó $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ grado reactivo para hacer las mezclas y establecer las dosis de 50, 100 y $150 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Zn. Las soluciones se ajustaron con ácido sulfúrico para obtener un pH de 6.5, con el fin de que la solución asperjada tuviera el pH que favorece su absorción foliar (Fernández *et al.*, 2006). Las aspersiones se realizaron con una mochila aspersora de motor de 25 litros. En cada aspersión se cubrió completamente la superficie foliar hasta el punto de rocío. Todas las aspersiones se realizaron en el transcurso de la mañana, entre las 7:00 y 9:00 h.

Manejo del huerto

Los árboles se fertilizaron una sola vez con la fórmula 120-80-80 que se aplicó utilizando como fuente de nitrógeno, fósforo y potasio al sulfato de amonio (20.5 % de N), fosfato diamónico (46 % P_2O_5) y sulfato de potasio (50 % de K_2O), respectivamente. La aplicación se realizó al voleo el 30 de

marzo de 2007, se pasó la rastra inmediatamente después para su incorporación y se regó. El sistema de riego fue por gravedad, con una lámina aproximada de 120 a 140 mm, la frecuencia del riego fue aproximadamente de cada 20 días desde marzo hasta finales de octubre. Las plagas más comunes fueron el pulgón amarillo (*Moniella costales*) y el barrenador del ruezno (*Laspeyresia caryana*), en el caso de las enfermedades fueron la fumagina (*Mycosphaerella caryigena*) y pudrición texana (*Phymatotrichum omnivorum*). Debido a la baja incidencia de las mismas, no se realizó ningún tipo de control.

Establecimiento del estudio

Los tratamientos fueron aplicados a partir de brotación hasta un mes antes de la cosecha. Se realizaron siete aplicaciones foliares de cada tratamiento, cada quince días aproximadamente a partir del 9 de abril hasta el 30 junio (Cuadro 1).

Muestreo foliar

El muestreo de hojas se realizó en la parte media de la rama seleccionada y se tomó el tercer foliolo de la parte media, obteniendo alrededor de 30 folíolos por árbol; en fechas específicas (Cuadro 1).

Las muestras colectadas fueron llevadas y analizadas en el Laboratorio de análisis de suelo, agua y foliares de la Facultad de Ciencias Agrotecnológicas de la Universidad Autónoma de Chihuahua y sometidas a un proceso de lavado, deshidratado, molienda y tamizado por malla 20.

De las muestras foliares ya limpias, secas y molidas, se determinó el contenido de Zn, mediante digestión triácida (HNO_3 , HClO_4 y H_2SO_4 en relación 10:1:0.25) y espectrofotómetro de absorción atómica (Perkin Elmer Analyst 100) (Nogales *et al.*, 2005).

CUADRO 1. Tratamientos, fecha de aspersión foliar de Zn y fecha de muestreo foliar de acuerdo a la etapa fenológica en nogal pecanero.

Tratamiento	Fecha de aspersión	Fecha de muestreo	Etapas Fenológicas
T1 Testigo	1º 9 de abril	1º muestreo (41 DDB) 01/05	Presencia de amentos, brotación al 70 %
T2 NZN $100 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Zn	2º 17 de abril	2º muestreo (49 DDB) 08/05	Termina receptividad de la flor femenina, caída de amentos al 100 %
T3 EDTA-Zn $150 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Zn	3º 3 de mayo	3º muestreo (59 DDB) 18/05	Inicio de amarre de fruto
T4 EDTA-Zn $100 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Zn	4º 19 de mayo	4º muestreo (73 DDB) 01/06	Crecimiento de fruto
T5 EDTA-Zn $50 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Zn	5º 4 de junio	5º muestreo (87 DDB) 15/06	Punta café
T6 DTPA-Zn $100 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Zn	6º 20 de junio	6º muestreo (121 DDB) 19/07	Estadio acuoso en nuez
	7º 30 de junio	7º muestreo (132 DDB) 30/07	Continúa estadio acuoso en nuez
		8º muestreo (148 DDB) 15/08	Estadio gelatinoso, endurecimiento de cáscara
		9º muestreo (194 DDB) 30/09	Inicio de maduración, apertura de ruezno
		10º muestreo (219 DDB) 25/10	Apertura de ruezno

Determinación de clorofila

La clorofila se midió por dos métodos:

Clorofilómetro Minolta-SPAD-502. Con ayuda del clorofilómetro (Minolta SPAD) se tomaron las lecturas de clorofila, y fue en la parte media del árbol, en los crecimientos del año en curso, seleccionando el tercer foliolo de la hoja, cuidando estuviera sana, evitando las venas, sobre todo la central (Krug *et al.*, 1994, Fernández *et al.*, 2006).

Determinación con metanol. Se cuantificó la concentración de clorofila total por medio de extracción con metanol y se expresó en $\text{mg}\cdot\text{litro}^{-1}$ (Fisher, 1991).

Área foliar. Con los mismos folíolos seleccionados para la medición de los contenidos de clorofila se midió el índice de área foliar con un equipo portátil CI-202 Área Meter, Cid, INC (Novoa y Villagrán, 2002).

Variables de calidad

Porcentaje de almendra. 25 nueces recolectadas fueron descascaradas y se obtuvo el porcentaje de almendra (Wood, 2002).

Número de nueces por kilogramo. Se recolectaron 25 nueces por árbol y antes de ser descascaradas se pesaron, se recolectaron 6 kg en total de todos los árboles del experimento (Wood, 2002).

Análisis estadístico

Todos los datos fueron sometidos a un análisis de varianza con el Proc GLM del SAS versión 8.2. La diferencia entre las medias de los tratamientos fueron comparados utilizando la prueba de LSD al 95 % de probabilidad (SAS, 2007).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Concentración foliar de Zinc.

Los árboles de nogal mostraron síntomas de deficiencia

de Zn al principio de la temporada coincidiendo con los valores de concentración de Zn abajo del intervalo de suficiencia en todos los casos (media 8.47), no obstante se pudo observar que el grado de deficiencia en el testigo tendió a ser mayor en un 20 %. Los valores reportados muestran una deficiencia severa en este primer año de evaluación. Al respecto, Meraz (1999) reportó que cantidades menores a $46 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de Zn, el grado de deficiencia es mayor. Resultados similares fueron reportados por Favela *et al.* (2000) quienes mencionaron que la sintomatología visual para la deficiencia de Zn, coincidió con los niveles de concentración de Zn en las hojas ($40 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de Zn). El análisis de los datos mostró que de acuerdo a la fecha de muestreo (Cuadro 2) solamente hubo efectos significativos sobre el contenido foliar de zinc al terminar la receptividad de la flor femenina (49 DDB). Durante la primera etapa de crecimiento este nutrimento es muy demandado, por esta razón se considera que son muy importantes las dos primeras aplicaciones foliares al iniciar la brotación (Chávez *et al.*, 2003). La siguiente etapa de demanda es a los 87 DDB durante punta café del fruto y la última después de 148 DDB donde la demanda de Zn de nuevo es alta ya que se encuentra en la etapa de estado gelatinoso de la nuez. La respuesta a la aplicación de Zn en estas etapas de muestreo está relacionada con lo reportado por Favela *et al.* (2000) quienes mencionaron que la absorción de Zn por las hojas en el cultivo del nogal pecanero está en función de la etapa crítica de crecimiento.

La explicación de por qué en ninguno de los árboles de los seis tratamientos se logró incrementar la concentración de zinc en las hojas a valores de suficiencia que satisfaga los requerimientos de una producción óptima en nogal pecanero está relacionada con la concentración de la solución y el momento de aplicación como lo señalaron Favela *et al.* (2000), en árboles de 22 años de edad; en este estudio el DTPA-Zn incrementó el 34.84 % la concentración de Zn en la etapa de de apertura de ruzno a los 219 DDB (Cuadro 3).

El mejor tratamiento fue el T6 DTPA-Zn $100 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Zn que indujo una media de concentración foliar de Zn fue de $8.9 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$. Los mejores quelatos para Zn son el DTPA y el EDTA aplicados tanto en suelo como foliar (Cadahia, 2005),

CUADRO 2. Efecto de las aspersiones foliares de quelatos de Zn en la concentración de Zn foliar de acuerdo a días después de brotación.

Días después de brotación DDB	Tratamiento						Significancia
	T1 Testigo	T2 NZN $100 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Zn	T3 EDTA-Zn $150 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Zn	T4 EDTA-Zn $100 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Zn	T5 EDTA-Zn $50 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Zn	T6 DTPA-Zn $100 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ Zn	
41	7.5 ± 1.7 a	7.1 ± 1.6 a	7.7 ± 1.4 a	8.4 ± 1.7 a	8.1 ± 1.4 a	9.7 ± 1.4 a	N.S.
49	10.5 ± 5.2 a	8.5 ± 2 d	9.5 ± 2.9 b	7.9 ± 0.7 e	9 ± 2.7 c	6.8 ± 2.1 f	**
87	7.1 ± 1.5 cd	5.7 ± 0.4 d	6.4 ± 0.5 cd	7.7 ± 1.8 cb	9.6 ± 1.3 b	12.1 ± 2.6 a	*
148	7 ± 1.6 c	7.1 ± 1.4 c	8.2 ± 1.6 bc	8.8 ± 1.1 ab	8.1 ± 1.9 cb	9.7 ± 0.4 a	*
219	9.7 ± 1.4 ab	10.5 ± 1.7 ab	9.5 ± 1.8 b	10.1 ± 2.2 ab	9.1 ± 1.6 b	11.5 ± 1.5 ab	N.S

Testigo sin aspersión

Aplicación foliar de...

para este estudio en particular el DTPA-Zn obtuvo los mejores resultados (Cuadro 3), cabe mencionar que los valores de Zn foliar aún con este tratamiento estuvieron debajo de los niveles de suficiencia de acuerdo a Meraz (1999). Sin embargo, los árboles de los demás tratamientos utilizados tanto de EDTA-Zn y NZN tienen valores de concentración de Zn muy similares al T6 DTPA-Zn 100 mg·kg⁻¹ Zn. De acuerdo a lo discutido se considera que se deben realizar algunas adecuaciones para la aspersión de quelatos en el cultivo del nogal pecanero. Al respecto, Álvarez-Fernández *et al.* (2004) mencionaron que es recomendable aplicar DTPA-Zn y EDTA-Zn en mayores concentraciones, en las épocas señaladas en esta investigación, con la finalidad de mantener valores dentro del intervalo de suficiencia de Zn.

Clorofila

Para una mejor interpretación de los resultados de clorofila, se realizó la correlación entre unidades SPAD de lectura y el contenido realizado a través de la metodología de metanol, la cual obtuvo una $R^2 = 0.9032$ que indicó que el contenido de clorofila presente en los folíolos de nogal (Figura 1). Fue 39.445 unidades SPAD, que es equivalente a 43 mg·kg⁻¹ de clorofila extractable, que concuerda con valores de deficiencia de Zn encontrados en el contenido foliar, por debajo de 20 ppm y la sintomatología observada de clorosis en el campo por lo cual se puede concluir que los valores obtenidos de clorofila están relacionados a la concentración foliar de Zn y la sintomatología de deficiencia presentada en campo, de acuerdo con Lombardini (2004).

Índice de área foliar

Al comparar los valores encontrados en este estudio con los de Lombardini (2004), para el área de Texas, EE. UU., se observó que el índice de área foliar se ve reducido en un 30 % cuando existen valores por debajo de 20 ppm de Zn.

Variables de calidad de la nuez

En la comparación de medias para estas variables (número de nueces por kilogramo y porcentaje de almendra), no se encontraron diferencias significativas. De acuerdo con

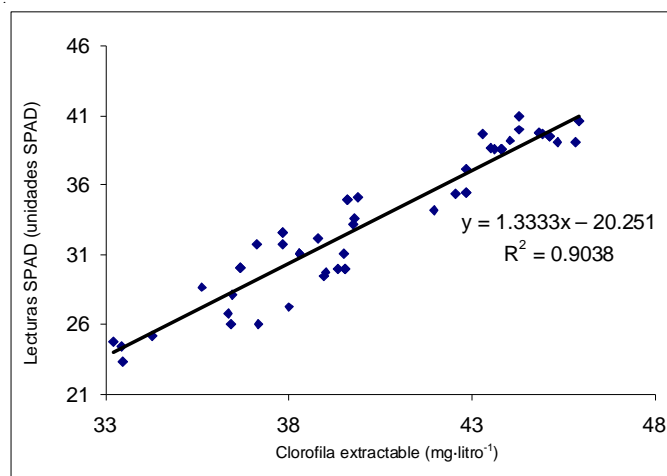


FIGURA 1. Correlación de lecturas de unidades SPAD con clorofila extractable en nogal pecanero.

Wood (2002) la calidad de la nuez está fuertemente relacionada con un buen abastecimiento nutrimental, sin embargo, la aplicación de quelatos de Zn no influyó en la calidad de la almendra. Estos resultados pueden atribuirse al bajo nivel de Zn en el árbol, cuyo contenido nutrimental fue inferior al normal.

CONCLUSIONES

Aunque ninguno de los tratamientos mejoró en forma significativa la concentración de Zn en las hojas, la deficiencia de Zn coincidió con los niveles de este nutrimento encontrado en las hojas, el índice de área foliar y el contenido de clorofila.

La aplicación de DTPA-Zn incrementó en un 34.84 % la concentración de este elemento, aunque no hubo diferencias significativas:

Las variables de calidad, como porcentaje de almendra y número de nueces por gramo no fueron afectados por los tratamientos de Zn, aunque los datos deben considerarse como preeliminarios.

CUADRO 3. Concentración de Zn en las hojas de nogal pecanero en presencia de amentos en brotación al 70 % (41 días después de brotación) y en apertura de ruzno (219 días después de brotación) en la estación de crecimiento.

Tratamiento	Concentración media de Zn mg·kg ⁻¹	41 DDB	219 DDB
T1 Testigo	8.2 a ^z	7.5 a	9.7 a
T2 NZN 100 mg·kg ⁻¹ Zn	8.5 a	7.1 a	10.5 a
T3 EDTA-Zn 150 mg·kg ⁻¹ Zn	8.4 a	7.7 a	9.5 a
T4 EDTA-Zn 100 mg·kg ⁻¹ Zn	8.3 a	8.4 a	10.1 a
T5 EDTA-Zn 50 mg·kg ⁻¹ Zn	8.5 a	8.1 a	9.1 a
T6 DTPA-Zn 100 mg·kg ⁻¹ Zn	8.9 a	7.5 a	11.5 a

Promedio de cinco repeticiones (base peso seco)

^z Medias con la misma letra en columnas no difieren de acuerdo con la prueba de Tukey a una (≤ 0.05).

LITERATURA CITADA

- ABADIA J.; ABADIA, A. 1993. Iron and plants pigments. En: BARTON, L. L.; HEMMIG B. C. (eds.). Iron Chelation in Plants and Soil Microorganisms. Academic Press, New York, USA. pp. 327-343
- ÁLVAREZ-FERNÁNDEZ, A.; GARCÍA-LAVIÑA, P.; FIDALGO, J.; ABADÍA, J.; ABADÍA, A. 2004. Foliar fertilization to control iron chlorosis in pear (*Pyrus communis* L.) trees. Plant Soil 263: 5-15.
- ANÓNIMO. 1990. Mapa mundial de suelos. United Nations Food and Agriculture Organization, FAO/UNESCO/ISRIC. Leyenda revisada. Traducido al español por CARBALLAS, T.; MACÍAS, F.; DÍAS-FERRO, F.; CARBALLAS, M.; FERNÁNDEZ URRUTIA, J. A., Sociedad Española de la Ciencia del Suelo. Madrid, España.
- CADAHÍA, C.; EYMAR, E.; LUCENA, J. J. 1998. Materiales fertilizantes utilizados en fertirrigación. En: Fertirrigación: Cultivos Hortícolas y Ornamentales. CADAHÍA, (edc). Ediciones Mundiprensa. Madrid, España. pp.83-122.
- CADAHIA, C. 2005. Fertirrigacion, Cultivos Hortícolas, Frutales y Ornamentales. 3ª edición. Ediciones Mundi-prensa, España. 681 p.
- CHÁVEZ, G. F. J.; FIGUEROA, V. U.; MEDINA, M. M. C. 2003. Abastecimiento de Micronutrientes en Nogal Pecanero. NOGATEC. Torreón, Coahuila, México. pp. 12-16. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México. D.F. México.
- FAVELA, CH.; CORTÉS, F. J.; ALCÁNTAR, G. G.; ETCHEVERS, B. J.; BACA, C. A.; RODRÍGUEZ, A. J. 2000. Aspersiones foliares de zinc en nogal pecanero en suelos alcalinos. Terra 18: 239-245.
- FENN, L. B.; MALSTROM, H. L. ; RILEY, T.; HORST, G. L. 1990. Acidification of calcareous soil improves zinc-absorption of pecan trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115:741-744.
- FERNÁNDEZ, V.; DEL RÍO, V.; ABADÍA, J.; ABADÍA, A. 2006. Foliar iron fertilization of peach (*Prunus persica* (L.) Batsch.): effects of iron compounds, surfactants and other adjuvants. Plant Soil 289: 239-252.
- FISHER, H. J.; HART F. L. 1991. Análisis Moderno de los Alimentos, Ed. Acibia. Madrid, España.
- GARCÍA, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México. D.F. México.
- HU, H.; SPARKS, D. 1991. Zinc deficiency inhibits chlorophyll synthesis and gas exchange in Stuart Pecan. Hort Science 26(3): 267-268.
- KILBY, N. W. 1995. Zinc nutrition of pecan trees in Arizona. Pecan conference. New México, CES-UN. Est. New México, USA. pp. 9-19.
- KRUGH, B. L.; BICHHAM M.; MILES, D. 1994. The solid-state chlorophyll meter, a novel instrument for rapidly and accurately determining the chlorophyll concentrations in seedling leaves. Maize genetics Cooperation News Letter 68: 25-27.
- LAGARDA, M.; MEDINA, M.; ARREOLA, A. 1998. Productive performance of 14 pecans cultivars in the arid zone of the north of Mexico. Third National Pecan Workshop Proceedings. Pecan Industry: Current Situation and Future Challenges. U.S. D. A. Las Cruces, New México. USA. pp. 55-66.
- LOMBARDINI, L. 2004. Aplicación nitrogenada y oportuna en nogal. Nogatec 2004. Torreón, Coahuila. México. pp. 34-40.
- LUCENA, J. J. 1995. Iron fertirrigation, pp 153-158. En: Abadia, J. ed. Iron Nutrition in Soils and Plants. Academic Press, New York, USA. pp.158-158.
- MARSCHNER, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2ª ed. Academic Press. New York, USA. pp. 206-312.
- MEDINA, M. M. C. 1995. Deficiencia y toxicidad de nutrientes en el nogal. pp. 11-21. Memorias del 3er Simposium Internacional de Nogal. Torreón, Coahuila, México.
- MÉRAZ, H. A. 1999. Generación de estándares nutricionales foliares en nogal pecanero (*Carya illinoensis* (Wannggeh) K. Koch) "Western" mediante Diagnostico Diferencial Integrado (DDI). Tesis Maestría. Universidad Autónoma de Chihuahua, México.
- NOGALES, R.; CIFUENTES, C.; BENÍTEZ, E. 2005. Vermicomposting of winery wastes: A laboratory Study. Journal of Enviromental Science and Health Part B. 40 : 659- 673.
- NOVOA, R.; VILLAGRÁN, N. A. 2002. Evaluación de un instrumento medidor de clorofila en la determinación de niveles de nitrógeno foliar en maíz. Agricultura Técnica. 62(1): 166-171
- OJEDA, D. L.; REYES A.; RAMÍREZ, H.; LAGARDA, A.; CHÁVEZ, F. J.; UVALLE J. X.; RIVERO, R. M.; ROMERO, L. 2003. Uso eficiente de la fertilización nitrogenada en el cultivo del nogal pecanero, *Carya illinoensis* (Wangenh) K. Koch; Granada, España; 120 p.
- SAS INSTITUTE. 2007. SAS/STAT User's Guide. Release 8.2 ed., SAS Institute, Cary, NC, USA.
- SMITH, M. W.; CHEARY, B. S.; LANDGRAF, B. S. 2001. Manganese deficiency in pecan. HortScience 36(6): 1075-1076.
- SPARKS, D. 2003. Revisiting the literatura: Timining fertilizer application for pecan. Pecan South 36(6): 12-15.
- WOOD, B. W. 2002. Late Nitrogen fertilization in pecan orchards. A review. Proceedings 36 th. Western Pecan Conference. Texas USA. pp. 47-59.