

ASPERSIONES FOLIARES DE ZINC EN NOGAL PECANERO EN SUELOS ALCALINOS

Foliar Spray Applications of Zinc on Pecan Trees in Alkaline Soils

Esteban Favela Chávez¹, José I. Cortés Flores², Gabriel Alcántar González²,
Jorge D. Etchevers Barra², Gustavo A. Baca Castillo² y Jorge Rodríguez Alcázar³

RESUMEN

En árboles de nogal pecanero (*Carya illinoensis* W. Koch), de 22 años de edad, se estudió el efecto de la época de aspersión foliar con zinc sobre la condición nutrimental, el crecimiento total del brote y la producción de nueces. Estos árboles, plantados en un Fluvisol dúctil de textura franca, pH alcalino y contenidos de materia orgánica y CaCO₃ de 1.76% y 0.52%, respectivamente, muestran una deficiencia de zinc. El experimento consistió de cinco tratamientos, los cuales incluyeron una aspersión en el otoño, sin o con una, dos, tres o cuatro aspersiones adicionales durante la estación de crecimiento a una concentración de 0.03% de zinc, más un testigo. En un diagnóstico visual se encontraron diferencias significativas en la etapa temprana de la estación de crecimiento. Al aumentar la concentración de zinc en las hojas, mayor que 40 mg kg⁻¹, los síntomas se disminuyeron y *viceversa*. En los tratamientos con las dos primeras aspersiones adicionales, aplicadas al inicio de la estación de crecimiento, la concentración de zinc en las hojas en crecimiento fue mayor, pero menor que el intervalo considerado como óptimo. En los tratamientos con una sola aspersión en el otoño y con una al inicio de la primavera, la concentración de zinc en las hojas fue similar a la del tratamiento testigo. Sin embargo, en los muestreos subsecuentes la diferencia en la concentración de zinc en las hojas entre tratamientos no fue significativa. La longitud total del brote y el número de nueces por brote no se afectaron por los tratamientos.

Palabras clave: Zinc foliar, nutrición, *Carya illinoensis*.

SUMMARY

The effect of application time of zinc foliar sprays on nutrient condition, shoot length and nut production was studied in 22-yr-old pecan trees (*Carya illinoensis* W. Koch). These trees, growing in a Distric fluvisol with a loam texture, alkaline pH, 1.76% organic matter and 0.52% calcium carbonate, are deficient in zinc. The experiment consisted of five treatments of a foliar spray application in the fall; four of them received either 1, 2, 3, or 4 additional spray applications at a 0.03% concentration during the growing period. Visual symptoms were significantly different in the early growth stage. When leaf zinc concentration was increased to more than 40 mg kg⁻¹, the symptoms of zinc deficiency decreased, and *viceversa*. In treatments with the first two additional spray applications at the beginning of the growing season, zinc concentration in growing leaves was higher, but lower than the optimum level. Treatments with two foliar spray applications (one in fall and the other in early spring) were not different from the control. As the growing season advanced, there were no differences among treatments in terms of the degree of zinc deficiency, leaf zinc concentration, shoot length and number of nuts per shoot.

Index words: Zinc foliar sprays, nutrition, *Carya illinoensis*.

INTRODUCCION

El nogal pecanero (*Carya illinoensis* W. Koch) generalmente presenta problemas de deficiencias nutrimentales de elementos menores como zinc, manganeso y hierro. La deficiencia de zinc es común

¹ Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-UL km Carretera Santa Fe y Periférico, 27000 Torreón, Coahuila, México.

² Programa de Edafología. Instituto de Recursos Naturales;

³ Programa de Fruticultura. Instituto de Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Postgraduados, 56230 Montecillo, Edo. de México.

en los suelos calcáreos con un pH que varía 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 zinc. Este elemento se encuentra disponible en un suelo con un pH de 5.0 a 7.0. A pH más alto, el zinc forma compuestos poco solubles como $Zn(OH)_2$, $ZnCO_3$ y $Zn_3(PO_4)_2$ (Kabata y Pendias, 1984). En los suelos alcalinos, el zinc tiene una movilidad limitada debido a que el carbonato de calcio reacciona con el zinc, lo que reduce su disponibilidad (Fassbender y Bornemisza, 1987).

La deficiencia de zinc en el nogal pecanero disminuye la actividad de la anhidrasa carbónica, la síntesis de RNA y de proteínas, además, el zinc es el precursor del triptofano, indispensable para la síntesis de ácido indolacético en las hojas, donde participa en la elongación de los tejidos (McEachern, 1990). Su deficiencia reduce el tamaño de las hojas nuevas, con un aspecto de roseta, debido a la reducción de los entrenudos en los tallos. Al agudizarse la deficiencia, las ramas más afectadas mueren (Rathore, 1991).

O'Barr y Hanson (1978), al relacionar la sintomatología con la concentración de zinc en los folíolos de nogal pecanero, encontraron valores de 20 a 40 $mg\ kg^{-1}$ en los árboles deficientes (hambre oculta) y valores superiores a 60 y 100 $mg\ kg^{-1}$ en árboles normales; en suelos alcalinos, la concentración de zinc en las hojas de árboles con síntomas visuales de deficiencia fue de 20 $mg\ kg^{-1}$. Spark y Payne (1982) establecieron los siguientes grados de deficiencia, con base en el porcentaje de follaje dañado: 1 no deficiente; 2: menos de 1%; 3: menos de 25%; 4: más de 25% pero menos de 50%; y 5: más de 50%. Sin embargo, Pimentel (1978) no encontró diferencias significativas entre estos grados de deficiencia y la concentración de zinc en las hojas en condiciones de campo, haciendo notar que el cv. Wichita presentó la deficiencia más severa de zinc.

En el nogal pecanero, cultivado en suelos alcalinos de la región norte de México, Medina (1995) estableció que el nivel de zinc varía entre 57 y 73 $mg\ kg^{-1}$ en hojas del 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 (Rodríguez, 1989). Aunque el efecto de la aspersión foliar sobre la nutrición del árbol es temporal (Marschner, 1986), esta forma de fertilizar tiene ventajas cuando las bajas temperaturas, al inicio de la estación de crecimiento y

el pH alcalino del suelo, no favorecen la disponibilidad de zinc.

En general, se reconocen tres épocas de aspersión vía foliar. En primer término está la de primavera, al iniciar el período de crecimiento vegetativo. Enseguida la de verano, cuando el árbol está en pleno crecimiento hasta antes de la cosecha. Finalmente, las aplicaciones de otoño y de reposo, las cuales se realizan posteriormente a la cosecha, se consideran como fuente de reservas de elementos requeridos al inicio del siguiente ciclo de crecimiento. Se procura siempre que las hojas se encuentren todavía en buen estado para aprovechar al máximo su capacidad de absorción y el proceso de retranslocación hacia los órganos de reserva (Swietlik y Faust, 1984).

En frutales caducifolios se ha demostrado que los nutrimentos asperjados no solamente son absorbidos por las hojas, sino también por los tallos y las ramas, donde la penetración se efectúa por las cicatrices de las ramas rotas, lenticelas y fisuras longitudinales de la corteza de los árboles en defoliación o en período de reposo, como se ha observado en almendro *Prunus amygdalus*, duraznero *Prunus persica*, ciruelo *Prunus domestica* y nectarino *Prunus persica* var. nectarina (Uriu, 1978; Johnson y Uriu, 1989).

Ryugo (1993) menciona que las aspersiones en otoño con dosis elevadas deben efectuarse antes de la caída de las hojas en frutales caducifolios, donde el zinc se almacena en ramas y espolones, junto con los productos desdoblados de la clorofila y otros compuestos celulares y nutrimentos de las hojas en su etapa de senescencia. El mismo autor considera que el mecanismo de retranslocación permite que las plantas conserven nutrimentos en las ramas para la siguiente estación de crecimiento.

En cuanto a las aspersiones de primavera, Storey *et al.* (1973), para corregir la deficiencia de zinc en suelos calcáreos, iniciaron pruebas con diferentes productos de zinc, asperjados al follaje combinándolos con productos sobre la base de nitrógeno como urán el cual es un producto comercial con 32% de N para estimular o mejorar la absorción. Los resultados indicaron que el urán duplica la absorción de zinc por las hojas del nogal pecanero.

Cuando se aplica nitrato de zinc más urán vía foliar, la cantidad de zinc absorbida por las hojas es el doble respecto a los casos en que se aplica sulfato de zinc. Sin embargo, los tratamientos sobre la base de nitrato de zinc son más caros y, a veces, llegan a

causar toxicidad (Smith y Storey, 1979). Por otra parte, al asperjar zinc al follaje, las hojas jóvenes absorben hasta 1.0% de lo aplicado, mientras que las hojas maduras sólo absorben 0.1%; por eso se recomienda que las aspersiones sean más frecuentes al inicio de la brotación (Storey *et al.*, 1979), a una concentración no mayor que 1100 mg kg⁻¹ para no provocar toxicidad.

En México, 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 zinc cada año, mostraron que con sólo dos aplicaciones se logró una concentración de 60 mg kg⁻¹ (límite de deficiencia) y no se observaron diferencias significativas con tres y cinco aspersiones. Por lo tanto, para el cv. '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, 1992; 1994). En condiciones de invernadero, Favela (1990) incrementó de manera significativa la concentración de zinc en la hoja de nogal pecanero, con tres aspersiones con zinc a una concentración de 0.03, 0.04 y 0.05 %, en el período de crecimiento vegetativo, sin efecto alguno sobre la altura final de las plantas.

En la actualidad, la práctica de corrección de la deficiencia de zinc en el nogal pecanero, cultivado en suelos alcalinos, consiste en aplicar de dos a seis aspersiones con zinc al follaje, en el período de primavera y verano. Ello requiere equipo especializado de elevado costo así como maquinaria y mano de obra adicionales, que incrementan el costo de producción del huerto. Por lo tanto, el presente trabajo estuvo encaminado a estudiar la posibilidad de disminuir el número de aspersiones de zinc al follaje en el cultivo de nogal pecanero y esto se lograría con aspersiones en el período de otoño, manteniendo el nivel óptimo de zinc en el follaje sin que se afectara el rendimiento.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se llevó a cabo en el período de otoño de 1994 y primavera de 1995, en la huerta comunal Los Remedios del municipio de Tasquillo, estado de Hidalgo, cuyas condiciones climáticas y edafológicas son similares a las de las principales regiones productoras de nogal pecanero en el país. La localidad se encuentra a 20°32'53" latitud norte, 99°18'46" longitud oeste, a 1680 msnm, con 477.2 mm

de precipitación anual. Es una región semiárida o semiseca, con una temperatura media anual de 18 °C (García, 1973). El suelo del huerto tiene un pH de 7.5, un contenido de CaCO₃ de 0.52% y 1.76% de materia orgánica, con textura franca, y se clasifica como Fluvisol dústico (FAO/UNESCO/ISRIC, 1990).

La plantación tenía 22 años de edad y corresponde a el cultivar 'Western', injertado sobre un patrón proveniente de semilla probablemente del cv. 'Riverside', originario de Las Cruces, Nuevo México, EUA, y una distancia de 12 x 12 m en marco real (64 árboles ha⁻¹). Los árboles del estudio se seleccionaron en función de vigor y contenido de zinc 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. Este parámetro se consideró como covariable en el análisis de los resultados. Para conocer la condición nutrimental se tomaron previamente muestras de 20 árboles con síntomas de deficiencia, en julio de 1994, y el análisis reportó una concentración media de 32.5 mg kg⁻¹, el cual se considera como deficiente en el cultivo de nogal de acuerdo con Medina (1995).

El arreglo de los seis tratamientos en el campo se hizo mediante el diseño experimental completamente al azar con seis repeticiones por tratamiento. La unidad experimental la constituyó un árbol, seleccionado por su deficiencia de zinc de acuerdo con el diagnóstico previo arriba mencionado (Cuadro 1).

En las soluciones asperjadas se empleó ZnSO₄ · 7H₂O, grado reactivo, y se agregó nitrógeno en forma de urea como ion transportador. La concentración de la solución fue de 0.03% de Zn y 0.1% de urea más un adherente dispersante comercial a dosis de 500 mL por cada 200 L de agua. La dosis de zinc aplicada dio mejores resultados en el cultivo de nogal pecanero, en un estudio previo realizado por Favela (1990). Por cada 200 L de solución se adicionaron 1240 mL de ácido sulfúrico 1N para bajar el pH de 8.0 a 6.5, con el fin de que la solución asperjada tuviera el pH que mejor favorece la absorción vía foliar (Marschner, 1986).

Las aspersiones foliares se realizaron con un equipo de aspersión de alta presión de tracción mecánica. En cada aspersión se cubrió completamente la superficie foliar hasta el punto de rocío. Todas las aspersiones siempre se realizaron en el transcurso de la mañana, entre las 8:00 y 10:00 h.

Cuadro 1. Tratamientos y fechas de aspersión foliar de zinc (0.03%) en el otoño y en el período de crecimiento vegetativo en nogal pecanero.

Tratamientos (períodos de aplicación)	Fechas de aspersión foliar				
	1994	1995			
	22 octubre	01 abril	12 abril	25 mayo	12 julio
1 Testigo [†]	-	-	-	-	-
2 Otoño [‡]	+	-	-	-	-
3 Otoño + 1 Primavera	+	+	-	-	-
4 Otoño + 2 Primavera	+	+	+	-	-
5 Otoño + 3 Primavera	+	+	+	+	-
6 Otoño + 3 Primavera+1 Verano	+	+	+	+	+

[†] Sin aspersión. [‡] Con aspersión.

Manejo del Huerto

Los árboles se fertilizaron una sola vez con la fórmula 120-80-00 que se aplica año con año y se usaron como fuentes de nitrógeno y fósforo a la urea (46% N) y el fosfato diamónico (18% N y 46% P₂O₅), respectivamente. La aplicación se realizó al voleo el 28 de junio de 1995, se pasó la rastra inmediatamente después para su incorporación. Puesto que los árboles crecen fundamentalmente bajo condiciones de temporal, el huerto solamente recibió dos riegos de auxilio, el 6 de abril y 9 de junio. El temporal inició al final del mes de mayo. Las plagas más comunes fueron el pulgón amarillo *Moniella costalis* y el barrenador del ruzno *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 algún tipo de control.

Medición de la Respuesta.

La primera variable registrada fue la sintomatología visual de los árboles, la cual se determinó en dos fechas. La primera, el 25 de mayo de 1995 y la segunda el 15 de septiembre del mismo año. En ambas fechas se tomó en cuenta la apariencia de las hojas y de las ramas de acuerdo con la metodología propuesta por Spark y Payne (1982), la cual consiste en observar grados de deficiencia de acuerdo con la apariencia de hojas en cuanto a color y forma y tamaño de ramas. La longitud total de los brotes fue otra de las variables consideradas. Para ello, se tomaron al azar cuatro brotes vegetativos por árbol y se midieron con una regla al final de septiembre, cuando se detiene

completamente el crecimiento vegetativo. También se cuantificó el número de nueces por brote, para ello se consideraron cuatro brotes fructíferos seleccionados al azar en agosto. La última variable registrada fue el contenido de zinc en tejido foliar en cinco fechas diferentes de aplicación de zinc. El primer muestreo se realizó el 22 de octubre de 1994, previo a la aspersión de zinc en el otoño. El segundo y tercer muestreo se realizaron el 13 y 24 de mayo de 1995, respectivamente, y el cuarto y quinto muestreo el 29 de julio y el 15 de septiembre 1995. En cada fecha de muestreo se colectaron hojas compuestas de la parte media del brote a una altura de 1.50 m, alrededor del árbol hasta completar de ocho a 10 hojas, las cuales se lavaron en primer lugar con agua de la llave, enseguida con HCl al 5%, y se enjuagaron con agua destilada y desionizada; se secaron a 70 °C por 24 h y se molieron en un molino de acero inoxidable con una malla 40.

La determinación analítica del nitrógeno total fue por el método de microkjeldahl (Etchevers, 1985) y del fósforo por el método de fosfovanadomolibdato de amonio y fotocolorimetría. Para los elementos como zinc, hierro y manganeso se empleó la digestión húmeda para la destrucción de la matriz orgánica de la muestra y se cuantificó su concentración por espectrofotometría de absorción atómica.

El análisis estadístico de los resultados se realizó a través del análisis de covarianza, para lo cual se usó el procedimiento GLM del SAS, teniendo como covariable el diámetro inicial del tronco de los árboles en estudio. Asimismo, se corrieron pruebas de comparación de medias ajustadas, para ello se usó como estadístico de prueba una 't' con una probabilidad que varió de 0.01 a 0.05.

RESULTADOS Y DISCUSION

Sintomatología Visual

En la primera observación, realizada el 25 de mayo de 1995, se encontraron diferencias significativas en la apariencia de los árboles (Cuadro 2).

En los Tratamientos 1, 2 y 3 el grado de deficiencia visual fue mayor que en los Tratamientos 4, 5 y 6. Al relacionar estos resultados con la concentración de zinc en las hojas muestreadas en las fechas dos y tres (Cuadro 3), las cuales correspondieron al período cuando se realizó la primera apreciación visual, las hojas de los árboles correspondientes a los tratamientos del primer grupo reportaron una concentración menor que las hojas de los Tratamientos 4, 5 y 6 (Cuadro 3).

Sin embargo, estas diferencias ya no fueron evidentes en la segunda fecha de observación. Ello se debió a que los grados de deficiencia fueron bajos en todos los casos (media de 1.08); no obstante, se puede observar que el grado de deficiencia en el testigo tendió a ser mayor. Aun cuando la concentración de zinc estuvo por abajo del intervalo de suficiencia en todos los tratamientos en la segunda observación, la sintomatología visual no se manifestó de forma intensa, por esta razón se considera que los árboles se encontraban en el umbral de hambre oculta (O'Barr y Hanson, 1978).

Al respecto, Spark y Payne (1982), al relacionar la sintomatología de deficiencia con la concentración de zinc en hojas de nogal pecanero, encontraron que en los árboles con cantidades menores que 46 mg kg^{-1} de zinc, el grado de deficiencia era mayor, lo cual coincide con lo encontrado en este trabajo en la

Cuadro 2. Efecto de las aspersiones foliares de zinc en otoño y estación de crecimiento vegetativo sobre el grado de deficiencia visual de zinc en nogal pecanero.

Tratamiento	Grado de deficiencia [†]	
	25 mayo 1995	15 sept. 1995
1 Testigo	1.70 a [‡]	1.34 a
2 Otoño	1.58 a	1.02 a
3 Otoño + 1 Primavera	1.80 a	1.15 a
4 Otoño + 2 Primavera	1.06 b	1.06 a
5 Otoño + 3 Primavera	1.07 b	0.97 a
6 Otoño + 3 Primavera + 1 Verano	1.09 b	0.98 a

[†] Sintomatología según Spark y Payne (1982).

[‡] Medias con la misma letra en columnas no difieren estadísticamente ($P \leq 0.05$).

primera fecha de apreciación visual. Resultados similares fueron reportados en el cultivo del aguacate por Aguilar *et al.* (1993), quienes mencionan que la sintomatología visual en este cultivo disminuyó al asperjar el follaje con soluciones sobre la base de zinc, las cuales incrementaron la concentración de este elemento en las hojas.

Concentración de Zinc en las Hojas

El análisis de los datos mostró que por fecha de muestreo (Cuadro 3) solamente hubo efectos significativos en la fecha dos, en la cual todos los tratamientos, con excepción del testigo, ya habían recibido la aspersión de otoño en 1994; el Tratamiento 3 ya había recibido una aspersión adicional en la primavera de 1995 y los Tratamientos 4, 5 y 6 dos aspersiones adicionales (Cuadro 3). La concentración de zinc en las hojas en los Tratamientos 4, 5 y 6 fue similar y significativamente mayor que en los Tratamientos 1, 2 y 3, entre los cuales tampoco hubo diferencias significativas. Estos resultados parecían indicar que con una aspersión de zinc en el otoño y dos más en la fase temprana de crecimiento era posible incrementar el nivel de zinc en las hojas y estar en el intervalo de suficiencia de 57 a 73 mg kg^{-1} , correspondiente a hojas muestreadas a mediados de julio para las zonas nogaleras del norte del país (Medina, 1995). Sin embargo, el análisis foliar de las muestras obtenidas en las dos fechas subsecuentes mostraron lo contrario.

La respuesta a la aplicación de Zn en la segunda fecha de muestreo está relacionada con lo que reportaron Storey *et al.* (1979), quienes mencionan que la absorción de zinc por las hojas en el cultivo de nogal pecanero es del orden de 1% de lo asperjado en hojas jóvenes, debido a que la cutícula de la hoja aún no se encuentra suberizada, lo que facilita la penetración y absorción de nutrimentos. Una vez que la cutícula de la hoja se ha suberizado, la absorción del zinc asperjado es solamente de 0.1%.

Chávez y Medina (1992) concluyeron que dos aspersiones foliares de zinc al 0.04%, al inicio de la brotación en árboles de nogal pecanero y sin síntomas visuales de deficiencia de zinc, son suficientes para mantener su concentración foliar de zinc por arriba de lo óptimo. Por lo tanto, estos resultados en la actualidad constituyen la recomendación para los

Cuadro 3. Concentración de zinc en las hojas de nogal pecanero en cinco fechas en respuesta a las aspersiones de zinc al follaje en el otoño y durante la estación de crecimiento de 1995.

Tratamiento	Fechas				
	1994	1995			
	22 octubre	13 mayo	24 mayo	29 julio	15 septiembre
	mg kg ⁻¹ †				
1 Testigo	35.07 a‡	39.41 b	45.86 a	40.23 a	41.23 a
2 Otoño	36.49 a	39.77 b	39.03 a	42.12 a	44.60 a
3 Otoño+1 Primavera	40.61 a	41.50 b	40.42 a	34.73 a	48.60 a
4 Otoño+2 Primavera	36.44 a	52.61 a	45.12 a	48.18 a	45.54 a
5 Otoño+3 Primavera	44.83 a	50.90 a	48.97 a	42.21 a	41.37 a
6 Otoño+3 Primavera+1 Verano	40.20 a	50.12 a	43.24 a	47.15 a	52.63 a

† Promedio de seis repeticiones (Base peso seco).

‡ Medias con la misma letra en columnas no difieren estadísticamente ($P \leq 0.05$).

nogaleros de la Comarca Lagunera (Chávez y Medina, 1994).

De acuerdo con lo reportado por Alexander (1986), la concentración de las aspersiones con zinc en el período de otoño en especies caducifolias puede ser hasta del orden de 1%. Ese valor de concentración debe contrarrestar a la menor capacidad para absorber nutrientes de las hojas próximas a senescer y, de esta forma, lograr una absorción de zinc que satisfaga los requerimientos del árbol en el siguiente año (Marschner, 1986), y entonces prescindir de las aspersiones en primavera.

La explicación de por qué en ninguno de los cinco 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. En el Tratamiento 2, que incluyó solamente la aspersión de otoño, la concentración inicial de zinc en las hojas fue de 36.5 mg kg⁻¹ antes de la aspersión y se incrementó a 42.1 mg kg⁻¹ en las hojas muestreadas en julio del año siguiente (Cuadro 3). De acuerdo con lo discutido, se considera que se deben de realizar algunas adecuaciones para la aspersión en el período de otoño en el cultivo del nogal. Esta debe aplicarse al menos un mes antes de la fecha en que se realizó en este trabajo, ya que el proceso de defoliación inicia a mediados de octubre y, por consiguiente, al asperjar en esta época las hojas se encuentran en la última etapa de la senescencia, tienen menor capacidad de absorción y hay menos oportunidad para la translocación del zinc absorbido a los órganos de reserva. También es recomendable estudiar la efectividad de las aspersiones en el período cuando existe 25% de la apertura del ruzno y finalización de la cosecha, que sería a

principios de diciembre de acuerdo con los trabajos de Uriu (1978), Johnson y Uriu (1989) y Ryugo (1993), en especies frutales caducifolias con hábitos de adaptación en climas similares al del nogal pecanero.

Longitud Total del Brote y Número de Nueces por Brote

La comparación de medias para estas dos variables no reportó diferencias significativas (Cuadro 4).

Estadísticamente no hubo diferencias significativas en ambas variables de crecimiento y fructificación. En longitud de brote la media fue de 11.8 cm la que se considera baja en comparación con árboles normales que es de 20 cm.

Por otro lado, para el número de nueces por brote se considera normal, pero con un tamaño menor que el normal, ya que se cosechan aproximadamente 140 nueces por kilogramo (Arreola y Lagarda, 1994), y en el presente trabajo se contaron 160 nueces por

Cuadro 4. Efecto de las aspersiones foliares de zinc en el otoño y durante la estación de crecimiento vegetativo sobre el crecimiento de brote y número de nueces por brote en el nogal pecanero.

Tratamiento	Longitud total de brote cm	Número de nueces por brote
1 Testigo	14.15 a†	2.88 a
2 Otoño	11.07 a	2.75 a
3 Otoño + 1 Primavera	12.85 a	2.67 a
4 Otoño + 2 Primavera	10.71 a	3.22 a
5 Otoño + 3 Primavera	11.64 a	2.78 a
6 Otoño + 3 Primavera + 1 Verano	10.68 a	3.25 a

† Medias con la misma letra en columnas no difieren estadísticamente ($P \leq 0.05$).

kilogramo. Estos resultados pueden atribuirse al bajo nivel de zinc en el árbol, cuyo contenido del nutrimento fue inferior al normal.

En el caso de longitud total del brote, los resultados coinciden con lo reportado por Favela (1990) y Aguilar *et al.* (1993), quienes no encontraron diferencias significativas en la longitud del brote en árboles de nogal pecanero y en aguacate, ambos tratados con diferentes fuentes de zinc.

CONCLUSIONES

La sintomatología visual para la deficiencia de zinc, al menos en la primera fecha de evaluación, coincidió con los niveles de concentración de zinc en las hojas. A una concentración mayor, el grado de deficiencia fue menor.

Una aspersión foliar de zinc a una concentración de 0.03% en otoño y dos en primavera incrementaron de manera significativa la concentración de este micronutrimento en la primera fase de la estación de crecimiento.

Las variables de crecimiento, como longitud total de brotes y número de nueces por brote no fueron afectadas por los tratamientos con zinc.

LITERATURA CITADA

- Aguilar M., J.J., A. López J., J.I. Cortés F. y E. Castillejos A. 1993. Evaluación preliminar del efecto de la aplicación de zinc al suelo, tronco y follaje en árboles de aguacate (*Persea americana*) cv. Fuerte. pp. 19-27. *In: Memorias CICTAMEX.*
- Alexander, A. 1986. Optimum timing of foliar nutrient sprays. pp. 44-59. *In: A. Alexander (ed.). Special fertilizer.* Martinus Nijhoff, Berlin.
- Arreola, A.J.G. y A. Lagarda M. 1994. Fenología. pp. 49-67. *In: INIFAP-CAELALA. El nogal pecanero. Libro Técnico No. 1.*
- Chávez G., J.F.J. y M.D.C. Medina M. 1992. Aplicaciones foliares de zinc en nogal pecanero. pp. 27-32. *In: INIFAP-CAELALA. Resúmenes 6º Día del Nogalero. Publicación especial N° 45.*
- Chávez G., J.F.J. y M.D.C. Medina M. 1994. Suelos y fertilidad. pp. 69-93. *In: INIFAP-CAELALA. El nogal pecanero. Libro Técnico No. 1.*
- Etchevers B., J.D. 1985. Determinación de nitrógeno en suelos. Serie Cuadernos de Edafología 5. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- FAO/UNESCO/ISRIC. 1990. Mapa mundial de suelos. Leyenda revisada. Trad. T. Carballas, F. Macías, F. Días-Ferro, M. Carballas y J.A. Fernández-Urrutia. Sociedad Española de la Ciencia del Suelo.
- Fassbender, H.W. y E. Bornemisza. 1987. Química de suelos con énfasis en América Latina. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica.
- Favela Ch., E. 1990. Efecto de la aplicación foliar localizada de zinc sobre el crecimiento y la fisiología de plantas de nogal pecanero (*Carya illinoensis* W. Koch). Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Centro de Fruticultura, Montecillo, México.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Johnson, R.S. y K. Uriu. 1989. Mineral nutrition. p. 68. *In: J. LaRue y R.S. Johnson (eds.). Peach, plums and nectarine, growing and handling for fresh market.* University of California.
- Kabata, A. y H. Pendias. 1984. Trace elements in soils and plants. CRC Press Inc., Boca Raton, Florida.
- Marschner, H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, Harcourt Brace Jovanovich, Fla., USA.
- McEachern, G.R. 1990. Zinc deficiency: The silent killer. *Pecan South* 24(6): 20-21.
- Medina M., M.D.C. 1995. Deficiencia y toxicidad de nutrientes en el nogal. pp. 11-21. *In: Memorias del 3er Simposium Internacional Nogalero.* Torreón, Coahuila.
- O'Barr, R.D. y K. Hanson. 1978. Hidden hunger finding and correcting it. *Pecan South* 5(1): 20-24.
- Pimentel G., J.O. 1978. Estudio de la deficiencia de zinc en nogal pecanero (*Carya illinoensis* Koch.) en el municipio de Tasquillo Hidalgo. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Rathore, P.S. 1991. Pecans. pp. 415-473. *In: Temperate fruits.* S.K. Mitra, T.K. Bose y D.S. Rathore (eds.). Horticulture and Allied Publishers, Chakraberia Lane, India.
- Rodríguez, S.F. 1989. Fertilizantes, nutrición vegetal. AGT Editor S.A., México. pp. 117-127.
- Ryugo, K. 1993. Fruticultura, ciencia y arte. Traducción J. Rodríguez Alcázar. AGT (ed.), México, DF.
- Smith, M.W. y J.B. Storey. 1979. Zinc concentration of pecan leaflets and yield as influenced by zinc source and adjuvants. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 104(4): 474-477.
- Spark, D. y J.A. Payne. 1982. Zinc concentration in pecan leaflets associated with zinc deficiency symptoms. *HortScience* 17(4): 670-671.
- Storey, J.B., M.W. Smith, P.N. Westfall, J.D. Hanna, W. Gass y W.C. Anderson. 1973. A new method to increase zinc absorption by pecan leaves. *Pecan Quarterly* 17(2): 10-11.
- Storey, J.B., P.N. Westfall y M.W. Smith. 1979. Why do pecans need zinc? *Pecan Quarterly*. 13(2): 3-9.
- Swietlik, D. y M. Faust. 1984. Foliar nutrition of fruit crops. *Horticultural Reviews* 6: 287-375.
- Uriu, K. 1978. Soil and plant analysis and symptomology for diagnosis of mineral deficiencies and toxicities. p. 95 *In: Pub. 4092. Almond orchard management.* Division of Agricultural Science. University of California.