

FERTILIZACION EXTRAEDAFICA COMO UNA ALTERNATIVA PARA PROPORCIONAR ZINC AL CULTIVO DEL NOGAL EN LA COMARCA LAGUNERA*

Alejandro Moreno Resendez¹

Eduardo A. Narro Farías²

Luis Fernando Flores Lui³

Rommel de la Garza Garza⁴

RESUMEN

En los meses de febrero a agosto de 1983, se desarrolló un experimento en las huertas de nogal de riego por goteo y colección de variedades, del Campo Agrícola Experimental de La Laguna, con el objetivo principal de encontrar una alternativa para proporcionar zinc al nogal; para esto, se compararon 4 metodologías que consistían en: uso de un sistema radical extraedáfico, aspersión foliar, incorporación al suelo y el manejo tradicional de fertilización, que tiene este frutal en la Comarca Lagunera.

Para la realización de este experimento, en febrero de ese año se plantaron 9 nogales de 2 años de injertados (5 Western y 4 Wichita), en macetas de 40 lt previamente llenas con arena de desierto como material inerte, en mayo, estos árboles se injertaron por aproximación, con árboles en producción previamente seleccionados, de 3 a 5 años, que ya presentaban síntomas visuales de deficiencia de zinc (amarillamiento, entrenudos cortos, y hojas arrosetadas).

1 M.C. Maestro-Investigador del Depto. de Suelos, Unidad Laguna, UAAAN

2 Ph.D. y 4 MC, Maestros Investigadores del Depto de Suelos, Div. Ingeniería, UAAAN.

3 Ph.D. Coordinador del PRONAPA CIAN-INIA-SARH.

* Trabajo de tesis presentado para obtener el grado de M.C. de 1.

Las macetas se regaron cada tercer día, a partir del 21 de julio hasta el 20 de agosto, con soluciones nutritivas, cuyas concentraciones de N, P, K, Ca, Mg, S, se mantuvieron constantes, mientras que el zinc tuvo 3 concentraciones (0.121, 0.262 y 0.393 ppm), estos tratamientos se complementaron con la aspersión foliar y la incorporación al suelo de sulfato de zinc (1.25 kg/1000 lt de agua, a saturación, y 10 kg/árbol repartidos en 4 pozos de 30 cm de diámetro y 30 cm de profundidad, en una circunferencia de 1.20 m de diámetro, respectivamente) y el manejo tradicional (300 g de N/cm de diámetro del tronco, 50% en marzo y 50% en mayo, y 3 aspersiones de 2 lt de NZN/ 1 000 lt de agua; brotación, 18 de abril y 20 de mayo), lo que dio origen a 6 tratamientos, cada uno con 3 repeticiones, con lo que resultaron 18 parcelas experimentales, que fueron colocadas en un diseño completamente al azar.

Se encontró que la metodología de injerto por aproximación resultó ser efectiva, ya que el efecto por el uso del sistema radical extraedáfico para zinc, calcio, manganeso y magnesio, provoca un efecto mayor o al menos igual, que los tratamientos de aspersión foliar, incorporación al suelo y manejo tradicional para el nogal.

Se encontró que no existe diferencia en proporcionar zinc, utilizando el sistema radical extraedáfico, el tratamiento T₂ (0.262 ppm de zinc), la aspersión foliar y la incorporación al suelo de sulfato de zinc; también el tratamiento T₂ fue la fuente más efectiva para proporcionar calcio, mientras que para el manganeso no existe diferencia para proporcionarlo, si se utiliza el tratamiento T₁ (0.131 ppm de zinc), el tratamiento T₂ y la metodología tradicional de manejo para el nogal; en cambio para el magnesio, aunque sobresalen el manejo tradicional del nogal, la aspersión y la incorporación al suelo, producen un efecto igual que el tratamiento T₃ (0.393 ppm de zinc).

En el caso de nitrógeno, fósforo, potasio, cobre y hierro, ninguno de los tratamientos utilizados generó alguna respuesta que indicara diferencia en cuanto al uso de ellos, aunque se determinó, por los niveles encontrados de cobre, que el cultivo del nogal también pudiese tener deficiencia de este elemento, bajo las condiciones de suelo de la Comarca Lagunera, mientras que el hierro fue absorbido en cantidad excesiva.

INTRODUCCION

La superficie que el cultivo del nogal ocupa en el Norte de México, representa alrededor del 95% de la total ocupada por este frutal a nivel nacional.

El nogal es una de las especies de mayor importancia económica en la Comarca Lagunera, la cual, al igual que otras zonas productoras de nogal en el Norte del país, posee suelos alcalinos con pH generalmente entre 7.5 y 8.5, y su contenido de carbonatos de calcio varía entre 5 y 22%, características que limitan la asimilación del zinc existente en el suelo, el cual, al reaccionar con los carbonatos de calcio, forma carbonato de zinc, cuya solubilidad es muy baja.

En un muestreo realizado por investigadores del Campo Agrícola Experimental de La Laguna (CAELALA), en 1980, para definir la problemática del cultivo del nogal en esta región, se encontró que el 66% de las huertas en desarrollo y el 27% de las huertas en producción, mostraron deficiencia de zinc en el follaje, con contenidos de este elemento menores a 60 ppm. En 1982, se encontró que el 77.1% de huertas mayores de 6 años, presentaron síntomas de deficiencia para este nutrimento. Las deficiencias reportadas basan en: análisis foliar, observación de síntomas y pruebas de respuesta a aplicaciones de zinc realizadas sobre esta especie.

La disponibilidad de nutrimentos para la planta, depende de su concentración respectiva en los sólidos orgánicos y minerales del suelo y de los factores que afectan su asimilación, debido a que disminuyen su solubilidad o presentan interacciones que reducen el proceso de absorción de los elementos de las plantas.

El Grupo Interdisciplinario de Fruticultura del CAELALA, basado en la problemática reflejada en su Marco de Referencia Regional, se propuso iniciar la exploración de alternativas que permitan a los productores abastecer de zinc al nogal más eficientemente; una de las alternativas propuestas fue la de aplicación de zinc por medios extraedáficos. Para realizar esta aplicación, se requiere la formación de raíces adventicias que, desarrolladas en medios con baja capacidad de intercambio catiónico (CIC) como la arena, reduzcan al mínimo los efectos del suelo que impiden la asimilación de este elemento por la planta.

Los objetivos de este trabajo son los siguientes:

1. Determinar la capacidad de las raíces adventicias desarrolladas por medio de injertos en el nogal, para absorber y transportar el zinc al follaje.
2. Evaluar el efecto de la concentración de zinc en la solución del medio sobre la capacidad de absorción de este elemento por la planta.

3. Comparar la efectividad del método de las raíces adventicias con los de la aplicación foliar, la incorporación al suelo y el manejo tradicional de este cultivo, en cuanto a fertilización se refiere.

Además, se plantearon las siguientes hipótesis:

1. Las raíces adventicias obtenidas por injerto son funcionales y suficientes para satisfacer las necesidades de zinc en el nogal.
2. Aun bajas concentraciones de zinc en la solución de medios con baja CIC, bajos contenidos de materia orgánica y carbonatos de calcio, logran satisfacer los requerimientos de zinc del nogal.

REVISION DE LITERATURA

La nutrición adecuada de las plantas con micronutrientes, según establece Olsen (1983), depende de varios factores diferentes a la capacidad del suelo para proporcionar esos elementos. Los factores importantes de crecimiento incluyen la velocidad de absorción de nutrientes, la distribución de nutrientes a los sitios funcionales y la movilidad de los mismos dentro de la planta; también pueden ocurrir interacciones entre los micronutrientes, así como con algunos macronutrientes. Estas interacciones pueden llevarse a cabo en el suelo y dentro de la planta, debido a que modifican la nutrición de las plantas, deben ser atendidas y consideradas al proporcionar un suplemento de micronutrientes.

Relacionado con lo anterior, Fitts y Hanway (1971) establecieron que, los elementos nutritivos para las plantas se encuentran en varias formas en el suelo y su disponibilidad es afectada no sólo por la forma en la cual se encuentran, sino también por la presencia de otros elementos como hierro y aluminio solubles, en suelos ácidos, y carbonatos de calcio libres en suelos calcáreos, que influyen fuertemente en la disponibilidad de los nutrimentos.

Respecto al zinc, Tisdale y Nelson (1970) reportaron que el contenido de este elemento en la litósfera, ha sido estimado en aproximadamente 80 ppm y que su contenido total en los suelos oscila en 10-300 ppm, aunque estas concentraciones en los suelos no representan, de ninguna manera, la disponibilidad del mismo, ya que su aprovechamiento por las plantas se ve afectado por factores como: pH, contenido de fósforo, presencia de arcillas minerales, capacidad de intercambio catiónico, contenido de carbonatos y concentración de iones en la solución del suelo, entre otros.

Lucas y Knezek (1983) propusieron que, en general, los siguientes factores pueden contribuir a las deficiencias de Zn en las plantas: bajo contenido de zinc en el suelo, áreas de fuerte precipitación pluvial, suelos calcáreos, bajo contenido de materia orgánica en el suelo, alto contenido de fósforo en el suelo y zonas de raíz restringida (suelos compactos, planta en macetas).

Storey (1975 y 1981), en un estudio encontró que el zinc participa en la síntesis de la serina, la cual es precursora del ácido aminotriptofano, que es utilizado en la elaboración de proteínas, y que puede ser convertido en ácido indolacético, conocido comunmente como auxina. Las auxinas son hormonas de crecimiento en la planta, responsables primeramente de la extensión de las hojas y las ramas; lo anterior trae como respuesta que la ausencia de este elemento de la planta, puede provocar síntomas de deficiencia, los cuales son resaltados por varios autores.

Por su parte Domínguez (1978), consignó que los síntomas característicos de la deficiencia de este elemento son: crecimiento reducido, hojas terminales más pequeñas y yemas de escaso vigor, hojas con manchas amarillas y necróticas, en casos graves no se forma la semilla, el crecimiento en las ramas provoca entrenudos cortos. Lo anterior también fue reportado de manera similar por Devlin (1980), así como por Weier *et al.* (1980).

Chapman (1973) señaló que las aspersiones foliares, aplicaciones al suelo, inyecciones al tronco del árbol, y el uso de piezas de zinc o hierro galvanizado clavadas en el tronco y/o bordes de los árboles, han sido utilizadas como tratamientos correctivos para la deficiencia provocada por este elemento, con varios grados de éxito, que dependen del cultivo, suelo y clima. En general, las aspersiones foliares, con sulfato de zinc, han sido las más exitosas al aplicarlas en árboles.

Boehle y Lindsay (1969), citados por Murphy y Walsh (1983), reportaron que la mayoría de los compuestos de Zn que pueden disolverse fácilmente en HCl diluido, son adecuados para la aplicación en el suelo como fuentes de Zn para las plantas. Indicaron también que las aplicaciones de Zn en fertilizantes fluidos, son adaptables al uso de $ZnSO_4$, quelatos de Zn, agentes formadores de complejos de Zn y ZnO finamente molidos; además, que diversos quelatos sintéticos de Zn son rentables en el suelo y adaptables para la aplicación en el mismo. Puntualizaron que el zinc se mueve en forma muy lenta en el suelo; aparentemente, la carencia de movilidad del zinc resulta en una pobre disponibilidad posicional, cuando los materiales se aplican en la superficie. Respecto a las aplicaciones foliares de Zn como tratamientos de emergencia, señalaron que éstas son generalmente llevadas a

cabo cuando se presentan síntomas de deficiencia, siendo suficientes únicamente para la cosecha actual y pueden requerirse aplicaciones repetidas durante un mismo año.

Para las condiciones que imperan en la Comarca Lagunera, y con el Marco de Referencia de Fruticultura del Centro de Investigaciones Agrícolas del Norte (1983), mediante trabajos realizados en el CAELALA, se generó la recomendación para abastecer de zinc al cultivo del nogal por medio de aspersiones foliares, que consiste en 3 aplicaciones (brotación, 18 de abril y 20 de mayo) con cualquiera de los siguientes productos: 2 lt de NZN, 1.25 kg de sulfato de zinc ó 1 kg de nitrato de zinc, disueltos en 1 000 lt de agua (Campo Agrícola Experimental de la Laguna 1980 y 1983).

Ante la gran facilidad con que el zinc es inmovilizado en el suelo, y debido a la problemática que se presenta para proporcionar este elemento al nogal, con este experimento se pretende investigar la posibilidad de desarrollar raíces adventicias en este cultivo, las cuales colocadas en medios con baja capacidad de fijación de zinc, permitan hacerlo más disponible para las plantas.

Uno de los experimentos más relevantes en fertilización extraedáfica, es el trabajo de Nijenshon (1977), quien probó la capacidad absorbente de las raíces adventicias en el cultivo de la vid (*Vitis vinifera*), desarrollándolas, a partir del tronco, en bolsas de polietileno rellenas de perlita. Una vez constatada la emisión de las raíces, realizó ensayos para probar su actividad, con una solución de 150 microcuries de p^{32} y 50 mg de p^{31} de fosfato de monopotasio como portador. Después de 48 horas de la aplicación, mediante el uso de radiografías de hojas de diferentes edades, comprobó que el fósforo fue absorbido por el sistema de raíces adventicias y transportado al tejido foliar.

A la fecha, no existe información en la literatura que muestre que esta metodología para el desarrollo de raíces adventicias haya sido estudiada en el cultivo del nogal, y viendo su efectividad en la vid, este método podría ayudar a corregir las deficiencias de zinc que se presentan en el nogal y generar una alternativa que pudiese ser más efectiva para proporcionar zinc en cantidad suficiente y oportuna para este frutal.

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo durante los meses de febrero a agosto de 1983, en las huertas de nogal de riego por goteo y co-

lección de variedades, del Campo Agrícola Experimental de la Laguna (CAELALA), en Matamoros, Coahuila.

Descripción de tratamientos y diseño experimental

Durante esta investigación se evaluaron 6 tratamientos que incluyen diferentes métodos de proporcionar zinc al nogal. Los tratamientos T₁, T₂ y T₃, consistieron en la aplicación de soluciones nutritivas como riegos cada tercer día, aplicando 2 lt de solución por maceta en sistema radical extraedáfico, del 23 de junio al 10 de agosto de 1983. En las soluciones se mantuvo constante la concentración de N, P, K, Mg y S, mientras que el zinc varió en concentración de 0.131 ppm (T₁) a 0.232 ppm (T₂) y 0.393 ppm (T₃) como se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Concentración de las soluciones nutritivas para los macroelementos y niveles de zinc expresados en ppm, que se utilizaron en las macetas, 1983.

Tratamiento	Elemento								
	N	K	Ca	P	S	Mg	Zn ₁	Zn ₂	Zn ₃
T ₁	224	235	160	62	32	24	0.131	—	—
T ₂	224	235	160	62	32	24	—	0.262	—
T ₃	224	235	160	62	32	24	—	—	0.393

Los materiales utilizados para la preparación de las soluciones madre, que se emplearon en las soluciones utilizadas como tratamientos para el riego de las macetas, son los recomendados por Johnson *et al.* (1957), aclarándose que solamente se utilizaron aquellos materiales que proporcionan los macronutrientes y el zinc, como se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Materiales y cantidades utilizadas para la preparación de las soluciones nutritivas.

Compuesto	Peso molecular	Solución madre	Vol. de solución madre/lt de solución final	Concentración final del elemento en la solución	
	g/mol	g/l	ml	elemento	ppm
KNO ₃	101.10	101.10	6.0	N	224
Ca(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O	236.16	236.16	4.0	K	235
NH ₄ H ₂ PO ₄	115.08	115.08	2.0	Ca	160
MgSO ₄ · 7H ₂ O	246.49	246.49	1.0	P	62
ZnSO ₄ · 7H ₂ O	287.55	0.575	1.0	S	32
				Mg	24
				Zn	0.131

Las características físicas y químicas más importantes de la arena de desierto con que estaban llenas las macetas de 40 lt de capacidad, se presentan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Características físicas y químicas del estrato de suelo 0 - 30 cm, utilizado para el llenado de macetas, donde se colocaron los árboles utilizados en la fertilización extraedáfica.

Arena %o	Limo %o	Arcilla %o	pH		C.E. mmhos/cm	C.I.C. me/100 g	M.O. %o		
93.88	0.36	5.76	7.55		1.0	5.87	0.08		
N %o	P	K	Ca	Mg	Cu ppm	Fe	Mn	Zn	Na me/lt
0.14	47.41	700	3100	90	1.8	17.8	3.5	1.6	3.26

El tratamiento identificado como T₄ consistió en la aspersión de sulfato de zinc al follaje, de acuerdo a la dosis que el CAELALA (1980) recomienda para el cultivo del nogal en la Comarca Lagunera, a razón de 1.25 kg de sulfato de zinc, por cada 1 000 litros de agua; se aplicó cada 10 días cubriendo completamente el follaje, y después de realizar los muestreos de tejido foliar; para la aplicación se utilizó una aspersora de mochila con motor.

El tratamiento identificado como T₅, consistió en incorporar el sulfato de zinc (aprox. 28% de Zn) al suelo, a razón de 10 kg por árbol, los cuales se distribuyeron equitativamente en 4 pozos de 30 cm de diámetro y 30 cm de profundidad, colocados en una circunferencia de 1.20 m de diámetro, alrededor de la base de cada árbol. El tratamiento T₅ fue aplicado una sola vez al inicio del experimento.

Los árboles testigo se identificaron como tratamiento T₆, y no se les aplicó ninguna fertilización adicional ya que todos los árboles habían recibido las aplicaciones de nitrógeno y zinc, del manejo tradicional para este cultivo en la Comarca Lagunera.

Los 6 tratamientos fueron distribuidos en un diseño experimental completamente al azar, con 3 repeticiones. La unidad experimental fue constituida por un árbol.

Procedimiento experimental

En febrero de 1983 se plantaron 5 nogales de la variedad Wester y 4 de la variedad Wichita de 2 años de injertados, en macetas de 40 lt que conte-

nían arena de desierto, cuyas características ya se describieron. Estas macetas se regaron cada tercer día con agua potable de uso común en CAELALA para mantener un adecuado nivel de humedad del suelo.

Mientras se iniciaba la brotación de los árboles de las macetas, se realizaron observaciones de los árboles localizados en los huertos de nogal, que iban a recibir los tratamientos. Todos los árboles incluidos en el experimento fueron tratados a partir de la brotación de 1983, de acuerdo a las recomendaciones de manejo tradicional establecidas por el CAELALA (1980). Estas recomendaciones consisten en la aplicación de 300 g de nitrógeno/cm de diámetro del tronco (50% en marzo y 50% en mayo), además de 3 aspersiones de 2 lt de NZN disueltos en 1 000 lt de agua (brotación, 18 de abril y 20 de mayo).

La selección de árboles para la aplicación de los tratamientos por estudiar se basó en que, a principios de mayo y después de haberse aplicado nitrógeno y zinc, los árboles aún presentaban las siguientes características: clorosis o amarillamiento, entrenudos cortos, yemas de escaso vigor, hojas arrosetadas y tamaño reducido en los brotes, principalmente.

La realización de los injertos, entre los árboles en desarrollo y los árboles que se plantaron en macetas, se efectuó los días 17 y 18 de mayo de 1983, para lo cual se usó el método conocido como aproximación, como se muestra en la Figura 1.

El mencionado procedimiento consiste en realizar un corte diagonal en forma de púa en cada árbol de las macetas y, en los árboles por injertar, un corte de aproximadamente 10 cm de longitud y 2 cm de ancho en la corteza; se coloca la púa bajo la corteza de los árboles para establecer la unión entre el cambium de ambos árboles. Para asegurar el contacto entre los árboles injertados, promover el desarrollo de callo y evitar la deshidratación del tejido de los árboles, se utilizaron como materiales protectores, cera líquida y cinta de plástico, con las cuales se realizó un atado. Un mes después de haber realizado los injertos se procedió a destaparlos para verificar el amarre entre los árboles y se comprobó, mediante la presencia de callos, que el injerto había prosperado.

Evaluación de tratamientos

Con fecha 20 de junio, y previo a la aplicación de los tratamientos, se etiquetaron de 25 a 30 brotes de diferentes partes de cada árbol, que sirvieron como punto de referencia para la toma de las muestras de tejido foliar; lo anterior se realizó con el propósito de que las muestras a tomar provinieran del material vegetal que brotó bajo el efecto de los tratamientos.

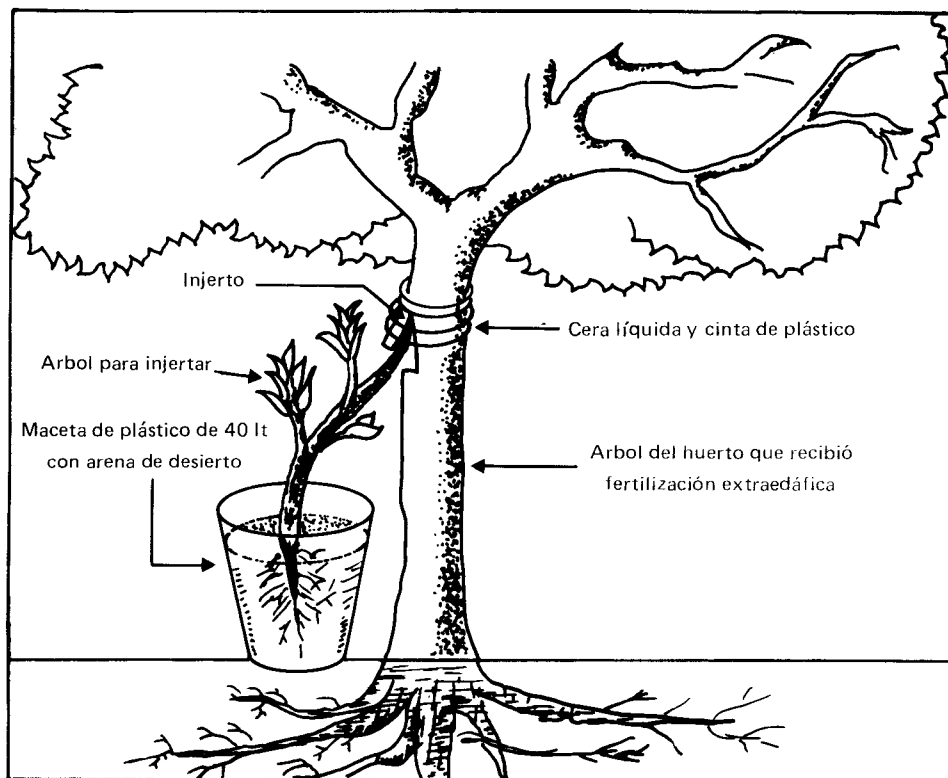


Figura 1. Representación gráfica de la forma en que se realizó el injerto por aproximación entre árboles de maceta y nogales del huerto.

La colocación de etiquetas también se realizó en idéntica forma, aunque en menor cantidad (sólo en 4 brotes) en los árboles de las macetas, debido a que la cantidad de los brotes era menor, para así obtener muestras de follaje de dichos árboles. El propósito de esto fue comprobar que, en caso de existir la absorción de los elementos incorporados por las soluciones nutritivas, se pudiese evaluar su efecto, tanto en los nogales de las macetas como en los que fueron injertados.

Para determinar la concentración de elementos y su comportamiento en el suelo, es decir, si los nutrientes que se incorporaron fueron removidos hacia los árboles por el sistema radicular de los nogales que se encontraban plantados en tales recipientes, se tomaron muestras de suelo de las macetas donde se aplicaron las soluciones nutritivas.

Este muestreo se realizó utilizando una barrena Vehinmeyer, la cual fue introducida a las macetas, procurando evitar perjudicar el sistema radical que se encontraba desarrollado en dichos recipientes.

Para evaluar la disponibilidad de los nutrientes aplicados y su asimilación por los árboles, se tomaron muestras de follaje de acuerdo a la metodología reportada por Smith (1981), que consiste en tomar 2 folíolos de la parte media de una hoja. Esta operación se repitió alrededor del árbol. Se tomaron de 20 a 25 puntos diferentes para tener aproximadamente 50 hojas como muestra representativa de cada árbol en este estudio.

Los muestreos, tanto en follaje como en el suelo, fueron realizados antes de iniciar los tratamientos y posteriormente, con intervalos de 10 días después de haber dado comienzo a éstos.

Los análisis físico-químicos de las muestras de follaje y de suelo, así como los análisis estadísticos de los resultados, se realizaron en el Laboratorio de Suelos, y el Centro de Biometría y Cálculo del propio Campo Experimental, respectivamente.

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos, además del análisis de varianza, se utilizó la prueba de rango múltiple de Duncan para la comparación de medias de tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSION

De los análisis de suelos

En base a los resultados de los análisis del suelo contenido en las macetas de los tratamientos T_1 , T_2 y T_3 , se puede considerar que las características físicas y químicas determinadas se mantuvieron sin variaciones considerables, por lo que la disponibilidad de los nutrimentos para los árboles se afectó de igual manera en los tratamientos mencionados durante el desarrollo del experimento. La variación en la concentración de los elementos de la solución del suelo en las macetas se puede deber a que después de ser aplicados como solución nutritiva, fueron absorbidos por las raíces y pasaron a formar parte del tejido vegetal, o parte de esos elementos fueron inasimilables por antagonismos iónicos como manganeso y hierro contra zinc.

Concentración y disponibilidad de nutrimentos

Los resultados de los análisis realizados para determinar la concentración y disponibilidad de los elementos nutritivos en muestras de follaje y

suelo, indican que la cantidad de nutrimentos varían con el tiempo para los elementos evaluados. Aunque se evaluaron varios elementos, sólo se presentarán los resultados del zinc y su interpretación.

En la Figura 2 y en el Cuadro 4 se presenta el comportamiento del zinc en muestras de tejido foliar y de suelo en 7 fechas de muestreo. De acuerdo a los valores medios de tratamientos, se pueden formar 2 grupos de los 6 tratamientos estudiados: el primero de ellos con T₁, T₃ y T₆, y el segundo con T₂, T₄ y T₅. La diferencia apreciable entre los 2 grupos, es que el primero mantiene en cada media de tratamiento, una concentración de zinc menor a 66 ppm, mientras que el segundo grupo se caracteriza porque cada media de tratamiento mantiene sus valores entre 66 y 202 ppm, los cuales se consideran como el rango intermedio para el zinc en el nogal. En base a esto, se puede establecer que el grupo constituido por los tratamientos T₁, T₃ y T₆, no satisface los requerimientos de zinc por el nogal, mientras que los tratamientos T₂, T₄ y T₅, sí satisfacen tales requerimientos.

En la Figura 2 se puede observar que los tratamientos T₁, T₃ y T₆, generan curvas cuya tendencia es disminuir la concentración de zinc conforme avanza el tiempo, mientras que las curvas de los tratamientos T₂, T₄ y T₅, muestran tendencias a aumentar la concentración de zinc en el follaje conforme transcurre el tiempo, principalmente los 2 últimos, ya que el tratamiento T₂, aunque presenta un comportamiento variable, su tendencia es mantener un nivel medio de aproximadamente 80 ppm. El comportamiento presentado bajo el efecto de los tratamientos T₄ y T₅, pudo haber sido causado por: el caso del tratamiento T₄, que consistió en la aspersión al follaje de sulfato de zinc cada 10 días, las concentraciones que determinaron se debieron al período tan corto que existió entre cada aplicación; mientras que el tratamiento T₅, que consistió en aplicar 10 kg de sulfato de zinc en la base del árbol, probablemente logró saturar de zinc al suelo en la zona de aplicación, y facilitar el proceso de su absorción por el sistema radical. La disminución de la concentración de zinc a través del tiempo que se menciona para los tratamientos T₁, T₃ y T₆, indica que los requerimientos de zinc en los árboles, pueden ser más necesarios y más altos durante el desarrollo del follaje ya que, como función dentro de la planta, se ha determinado que participa en la elaboración de sustancias que estimulan el crecimiento, según Tisdale y Nelson (1970) y Domínguez (1978).

Con respecto a la comparación de medias de tratamiento y mediante la prueba de rango múltiple de Duncan, para el zinc, se puede determinar que no existe diferencia significativa entre los tratamientos: T₁, T₂, T₃ y T₆, T₂ y T₅; y T₄ y T₅, mientras que no existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos T₂, T₄, T₅ y T₆, lo mismo que sucede entre los

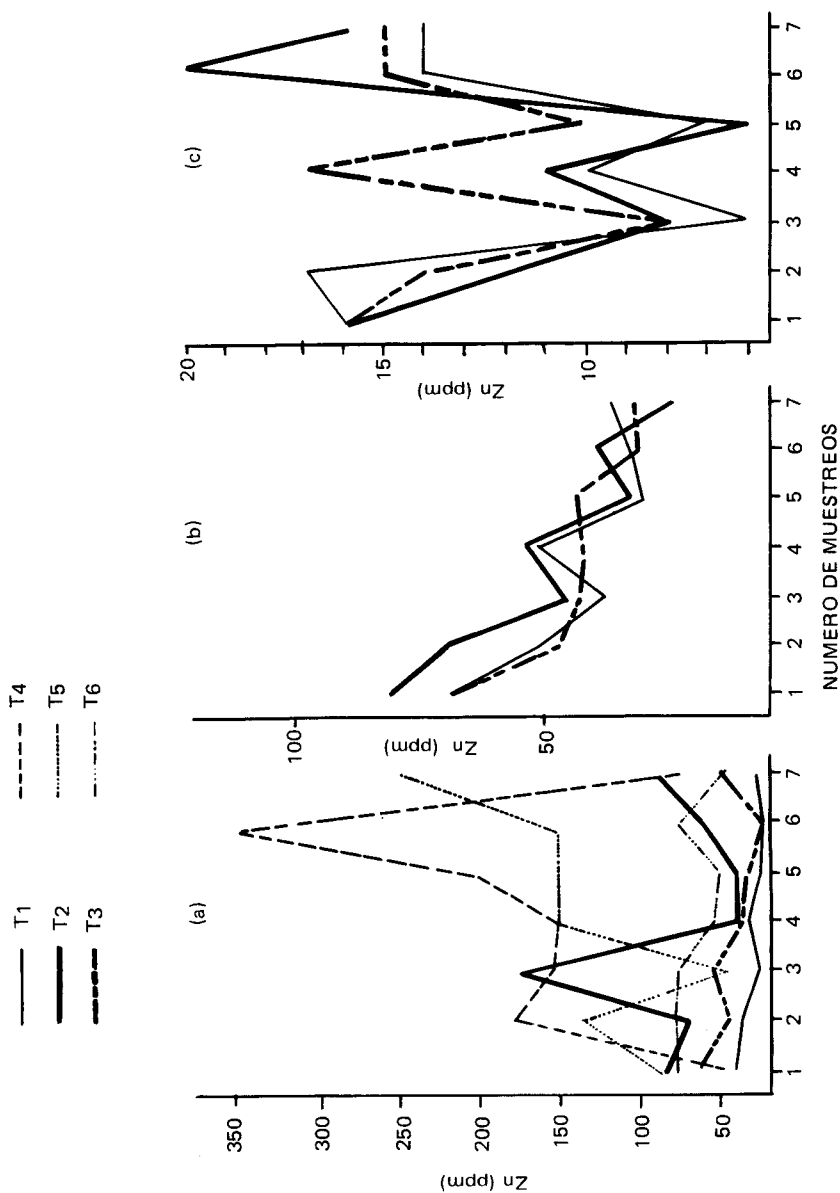


Figura 2. Variación en la concentración de zinc de las muestras de tejido foliar y de suelo obtenidas durante la aplicación de los tratamientos: árbol injertado (a) c árbol de maceta (u), y suelo de maceta (c). 1983.

Cuadro 4. Concentración (en ppm) de zinc en los folíolos de los nogales (árbol injertado y árbol de maceta), en 7 fechas de muestreo bajo el efecto de los tratamientos en 1983.

Árbol injertado	Número de muestreo							x	S	C.V. %
	1	2	3	4	5	6	7			
T ₁	39.5	37.5	26	27.5	21.5	21.0	23.0	26.08	5.61	21.5
T ₂	84	73	174	37.5	38.5	62.0	90.5	79.25	46.27	53.38
T ₃	64	43.5	54.5	34.0	31.0	21.0	41.0	37.5	10.52	28.05
T ₄	42	188.0	160.0	153.0	206.0	353.0	76.0	189.33	83.75	44.23
T ₅	87	135.0	42	154	154	156	239	144.66	57.46	39.18
T ₆	76	76	79	61	49	74	40	63.16	14.57	23.07
Árbol maceta										
T ₁	67.5	51	38	51.5	30.5	33.5	37.0	40.25	8.15	20.24
T ₂	81	69.5	45.5	53.5	33.5	39.5	25.0	44.33	14.40	32.48
T ₃	68.5	46.5	42.5	42.0	43.5	32.0	32.0	39.75	5.66	14.24

tratamientos T_1 , T_3 y T_6 . Por lo que de este análisis se puede establecer que para el nivel 50/o, el efecto de los tratamientos T_4 (aspersión foliar) y T_5 (incorporación al suelo) serían los más recomendables para proporcionar zinc al nogal, sin descartar del todo el tratamiento T_2 (solución nutritiva y sistema radical extraedáfico), ya que no existe diferencia significativa para proporcionar el zinc, si se compara este tratamiento con la aspersión foliar, puesto que los requerimientos de zinc por el nogal se siguen satisfaciendo.

Por otra parte, se determinó que entre los 3 tratamientos con el sistema radical extraedáfico y el manejo tradicional o testigo, no existe diferencia significativa; esta respuesta puede deberse a las bajas concentraciones que se utilizaron para zinc en las soluciones nutritivas. Para el nivel de 10/o de significancia, el efecto de los tratamientos T_2 , T_4 , T_5 y T_6 , no acusó diferencia significativa entre ellos, por lo que para proporcionar zinc al nogal se pudiese recomendar cualesquiera de estos métodos; en cambio, si se utilizan los tratamientos T_1 , T_2 y T_6 , tampoco existiría diferencia significativa entre ellos. Sin embargo, la disponibilidad de zinc mostró no ser la adecuada para satisfacer las necesidades del nogal.

De la Figura 2b, se puede determinar que las concentraciones de zinc en el follaje del árbol de la maceta, tienden a disminuir para los 3 tratamientos con las soluciones nutritivas conforme pasa el tiempo, mientras que del análisis de varianza, se puede concluir que no existe diferencia significativa entre el efecto de los tratamientos.

De la Figura 2c, aunque las curvas presentan variaciones debido a los contenidos de zinc en el suelo, que fluctúan entre 6 y 17 ppm, las medias de los tratamientos se mantienen cerca del nivel más bajo de concentración de zinc, que Tisdale y Nelson (1970) establecieron para los suelos. Al comparar la concentración media de zinc de los tratamientos, se puede apreciar que tal concentración disminuyó conforme pasó el tiempo, lo cual puede ser una señal de que existió el desplazamiento de este elemento desde la solución del suelo hacia el follaje.

Del efecto de tratamientos

De manera general, se puede establecer que para los elementos: zinc, calcio, magnesio, manganeso y potasio, las metodologías empleadas en este trabajo provocan que las concentraciones de estos nutrimentos, dentro del follaje, presentan variación, lo que origina que las pruebas de F provoquen diferencia significativa, al menos para el nivel de 50/o. Además de las pruebas de rango múltiple de Duncan, al realizar la comparación de las medias de tratamientos, se determinó que, para estos elementos, no siempre es el mismo tratamiento el que origina tal diferencia.

En el Cuadro 5, se pueden apreciar las comparaciones entre los efectos de las medias de tratamientos, para: zinc, calcio, magnesio, manganeso y potasio, de donde se pueden establecer los siguientes comentarios.

Para el zinc en el nivel 5⁰o, los tratamientos más adecuados para proporcionar este elemento a los árboles son: la aspersión al follaje de sulfato de zinc (T₄) y la incorporación del mismo producto al suelo (T₅). Cabe la aclaración de que entre la incorporación al suelo, y el uso del sistema radical extraedáfico con el tratamiento (T₂), no se encontró diferencia al proporcionar este elemento a los árboles. También se puede establecer que entre el sistema radical extraedáfico con los 3 tratamientos (T₁, T₂ y T₃), y el tratamiento tradicional (T₆), tampoco existe diferencia significativa al suministrar el zinc, sólo que, el efecto de los tratamientos T₁, T₃ y T₆, se caracteriza porque la concentración de este nutrimento se mantiene por debajo del rango intermedio de 66-202 ppm, que el cultivo de nogal requiere de zinc. Mientras que, para este mismo elemento, en el nivel de diferencia altamente significativa (1⁰o), los tratamientos presentan su comportamiento

Cuadro 5. Comparación de las medias de tratamientos para los elementos que presentaron diferencia significativa en las pruebas F. 1983.

Zinc	$\bar{T}_{1a}, \bar{T}_{2ab}, \bar{T}_{3a}, \bar{T}_{4c}, \bar{T}_{5bc}, \bar{T}_{6a}$	(5 ⁰ o)
	$\bar{T}_{1a'}, \bar{T}_{2ab'}, \bar{T}_{3a'}, \bar{T}_{4c'}, \bar{T}_{5b'c'}, \bar{T}_{6a'b'}$	(1 ⁰ o)
Calcio	$\bar{T}_{1a}, \bar{T}_{2b}, \bar{T}_{3a}, \bar{T}_{4a}, \bar{T}_{5a}, \bar{T}_{6a}$	(5 ⁰ o)
	$\bar{T}_{1a'}, \bar{T}_{2a'}, \bar{T}_{3a'}, \bar{T}_{4a'}, \bar{T}_{5a'}, \bar{T}_{6a'}$	(1 ⁰ o)
Magnesio	$\bar{T}_{1a}, \bar{T}_{2a}, \bar{T}_{3ab}, \bar{T}_{4b}, \bar{T}_{5b}, \bar{T}_{6ab}$	(5 ⁰ o)
	$\bar{T}_{1b}, \bar{T}_{2a}, \bar{T}_{3a}, \bar{T}_{4c}, \bar{T}_{5c}, \bar{T}_{6a}$	(5 ⁰ o)
Manganeso	$\bar{T}_{1b'c'}, \bar{T}_{2a'}, \bar{T}_{3a'}, \bar{T}_{4c'd'}, \bar{T}_{5d'}, \bar{T}_{6a'b'}$	(1 ⁰ o)
Potasio	$\bar{T}_{1b'}, \bar{T}_{2a'}, \bar{T}_{3b'}$	(5 ⁰ o)

T_{1a} ... T_{6d} Medias de tratamientos

1 a 6 número de tratamiento

a, b, c, d indican la igualdad entre las medias de tratamiento

(5⁰o) Diferencia significativa para el nivel 5⁰o

(1⁰o) Diferencia altamente significativa para el nivel 1⁰o

como el descrito anteriormente, excepto que el testigo (T_6), provoca el mismo efecto que los tratamientos T_2 (sistema radicular) y T_5 (incorporación de zinc al suelo).

CONCLUSIONES

De los análisis de los resultados obtenidos, durante el desarrollo de este trabajo y de la discusión e interpretación que de ellos se hace, se pueden generar las siguientes conclusiones:

1. Por los resultados obtenidos de diferencia significativa en la concentración de zinc, es posible considerar que las raíces adventicias obtenidas por injerto son funcionales y suficientes para satisfacer las necesidades de este elemento en el cultivo del nogal.
2. La concentración de zinc en las soluciones nutritivas, aplicadas a medios con baja CIC, M.O. y carbonatos de calcio, que resultó ser más adecuada para suministrar este nutrimento al nogal, fue de 0.262 ppm; valores más bajos o más altos no satisfacen los requerimientos del nogal. Lo anterior, puede ser debido a que las concentraciones de 0.131 y 0.393 ppm de zinc en las soluciones nutritivas, redujeron su disponibilidad para los nogales, bajo el efecto de las características físico-químicas que presentó la arena (aunque se consideró como material inerte) o por la acción antagónica que elementos como: manganeso, hierro, cobre y fósforo, presentan con el zinc por sus propiedades químicas.

BIBLIOGRAFIA

- Chapman, H.D. 1973. Diagnostic criteria for plants and soils analysis. Editado por H.D. Chapman. Riverside Cal. 2a. Impresión. 793 p.
- Devlin, R.M. 1980. Fisiología Vegetal. Barcelona, España. Ediciones Omega, S.A. p. 275.
- Domínguez, V.A. 1978. Abonos minerales. 5a. Ed. Madrid, España. Ministerio de Agricultura. 421 p.
- Fitts, J.W. y J.J. Hanway. 1971. Prescribing soil and crop nutrient needs. *In*: Fertilizer technology and use. Chapter 3:57-79. 2nd. Ed. Soil. Sci. Soc. of America Madison, Wisconsin.

- Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. 1980. Guía técnica del nogalero. SARH-INIA. 132 p.
- Johnson, C.M., P.R. Stout, T.C. Broyer and A.B. Carlton. 1957. Comparative chlorine requirements of different plant species. *Plant and Soil*. 8:337-353.
- Lucas, R.E. y B.D. Knezek. 1983. Condiciones climáticas y del suelo que promueven las deficiencias de micronutrientes en plantas. En: *Micronutrientes en agricultura*. Trad. de la 3a. ed. en inglés por Cristina Vaqueiro Garibay, México, D.F. A.G.T. Editor, S.A. p. 291-315.
- Murphy, L.S. y L.M. Walsh. 1983. Corrección de deficiencias o fertilizantes. En: *Micronutrientes en agricultura*. Trad. de la 3a. ed. en inglés por Cristina Vaqueiro Garibay, México, D.F. A.G.T. Editor, S.A. p. 379-424.
- Nijensohn, L. 1977. Absorción radical extraedáfica. Un nuevo enfoque de la fertilización y su aplicabilidad al riego por goteo. En: *II Seminario latinoamericano sobre riego por goteo*. Estados de: Coahuila, Durango y Aguascalientes, México. INIA, IICA, OEA. p. 1-11.
- Olsen, S.R. 1983. Interacciones de los micronutrientes. En: *Micronutrientes en agricultura*. Trad. de la 3a. ed. en inglés por Cristina Vaqueiro Garibay, México, D.F., A.G.T. Editor, S.A. p. 267-290.
- SARH-INIA. 1983. Resumen del marco de referencia, grupo interdisciplinario de fruticultura. CIAN. INIA. SARH. (mimeografiado).
- Smith, P.F. 1981. Effect of soil placement, rate and source of applied zinc on the concentration of zinc in Valencia orange leaves. *Soil Sci*:209-212.
- Storey, J.B. 1975. El zinc en los nogales. En: *Memorias del IV Ciclo de conferencias internacionales de los productores de la nuez de la República Mexicana en Hermosillo, Sonora*. p. 55-61.
- . 1981. Zinc nutrition. En: *Texas pecan orchard management handbook*. Texas A & M. University. p. 61-64.
- Tisdale, S.L. y W.L. Nelson. 1970. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. España. Montaner y Simon, S.A. 760 p.
- Weir, T.E., C.R. Stocking y M.G. Barbour. 1980. Botánica. México, D.F. Limusa. p. 211.