DOSIS ÓPTIMA DE ZINC APLICADO AL SUELO EN NOGAL PECANERO

Folleto técnico No. 8

Cd. Delicias, Chihuahua **Febrero 2022**

DOSIS ÓPTIMA DE ZINC APLICADO AL SUELO EN NOGAL PECANERO

Socorro Héctor Tarango Rivero
Dr. Investigador en nogal pecanero

Ana Luisa Olivas Tarango
M.C. Investigadora en microbiología de suelo

1. Introducción

El nogal pecanero *Carya illinoinensis* es el frutal caducifolio más importante de México, con 146,239 ha plantadas; en el estado de Chihuahua hay establecidas 89,188 ha (SIAP 2021). La mayoría de las nogaleras están en suelos calcáreos, donde el pH alcalino disminuye la disponibilidad de zinc (Zn) para este árbol (Sparks 2005). Por ello, este nutrimento se aplica al follaje, una tecnología no sostenible, costosa en términos de insumos y de equipo, de compactación del suelo y de consumo de combustible (Fenn et al. 1990, Herrera 2008).

El aporte de Zn al suelo con Carboxy-Zn es eficaz en nogaleras adultas, con riego por aspersión y goteo (Tarango y Olivas 2018, 2021). No obstante, no se contaba con un criterio técnicamente objetivo para definir la dosis óptima para diferentes edades y tamaños de árboles. Por ello se realizó este trabajo, que definió la dosis óptima por centímetro de diámetro de tronco, una herramienta para tratar con Carboxy-Zn nogales de cualquier edad y/o tamaño, y sobre todo en producción.

2. Antecedentes

El Zn es un elemento clave para la nutrición de los nogales y su absorción depende del grado de micorrización de su raíz (Sparks 2004, Tarango et al. 2004). Esto sugiere que la dificultad del nogal para abastecerse de zinc no sólo es un problema de indisponibilidad química del nutrimento en el suelo, sino también de ineficiencia en la absorción del elemento por la raíz (Smith y Storey 1976, Sparks 2004). El aporte edáfico de Zn en nogaleras con suelo alcalino mediante sulfato de zinc y coadyuvantes para acidificar el suelo ha resultado muy inconsistente y costoso (Smith et al. 1979, Fenn et al. 1990).

En suelos calcáreos la deficiencia de Zn en los nogales es un problema común, y resulta de una interacción entre la química del nutrimento en el suelo y la fisiología del nogal (Núñez 2009). Se ha demostrado que el aporte edáfico de Zn quelado con ácidos carboxílicos es eficaz en nogales en producción, cuyo crecimiento y fructificación son iguales que con Zn aplicado al follaje. En esta tecnología la clave es la concentración del

producto en la mitad del área de goteo de los árboles, el no laboreo y el fomento de la ectomicorrización (Tarango y Olivas 2018).

3. Materiales y métodos

El trabajo se realizó en 2019-21 en la huerta Los Encinos, en Rosales, Chihuahua. Se utilizaron árboles de 14-16 años de edad, de la variedad Western injertada sobre patrón criollo proveniente de semilla. La huerta está plantada a 9x9 m en marco real, tiene riego por microaspersión (emisores de 90 LPH) y la irrigación es semanalmente. El suelo es migajón arcillo arenoso y calcáreo. Se escogieron cinco nogales (repeticiones) por tratamiento, según un diseño experimental completamente aleatorizado (foto 1). Se evaluaron los siguientes tratamientos:

1= Testigo sin zinc
2= 70 g Carboxy-Zn por árbol
3= 140 g Carboxy-Zn por árbol
4= 280 g Carboxy-Zn por árbol
5= 420 g Carboxy-Zn por árbol
6= 560 g Carboxy-Zn por árbol

Todos los tratamientos se fertilizaron al suelo con la fórmula 45-05-10 g NPK por cada centímetro de diámetro de tronco, divididos en siete aplicaciones según la fenología del nogal (Tarango 2012) y aportados vía riego. Se usaron las fuentes urea, ácido fosfórico y sulfato de potasio. El Carboxy-Zn se aplicó al inicio de la brotación (finales de marzo-principios de abril), en la mitad del área de goteo, como una banda concentrada sobre la superficie del suelo y de manera manual (foto 2). Los nogales fueron podados en líder central y la huerta se abonó con 10 t/ha de estiércol vacuno. La única labor cultural aplicada al suelo fue el segado periódico de la hierba nativa.

Se midieron las variables: diámetro de tronco, longitud de brote fructífero, área de foliolo terminal (=AFE, área foliar específica), concentración foliar de zinc, rendimiento, tamaño de nuez y porcentaje de almendra. El AFE se estimó con la ecuación $Y=1.56+0.62X$ ($r^2=0.98$), donde Y= área foliar en cm^2 y X= largo por ancho del foliolo en cm (Medina 1993). Los foliolos recolectados para el análisis foliar se lavaron con una solución de ácido acético al 15% y se secaron en un secador solar; la determinación de Zn se hizo en el laboratorio de UNIFRUT.

Foto 1. Parcela experimental en la huerta Los Encinos, con los nogales marcados y seleccionados aleatoriamente para los tratamientos, en plenitud de brotación, fase fenológica para la aplicación de Carboxy-Zn.

Foto 2. Cada dosis de Carboxy-Zn se aplicó de manera concentrada en la mitad del área de goteo de los nogales. La incorporación del producto la hace el agua de riego.

4. Resultados

4.1. Dosis por diámetro de tronco

Con el diámetro de tronco promedio de tres años de estudio se obtuvo la dosis de Carboxy-Zn que corresponde a cada centímetro de diámetro de tronco (cuadro 1). Hay una sustancial diferencia entre dosis, lo que permitiría efectos diferenciales entre tratamientos.

Cuadro 1. Dosis por centímetro de diámetro de tronco según el tratamiento y el diámetro promedio de tronco en nogales Western con aporte de zinc al suelo. Rosales, Chihuahua.

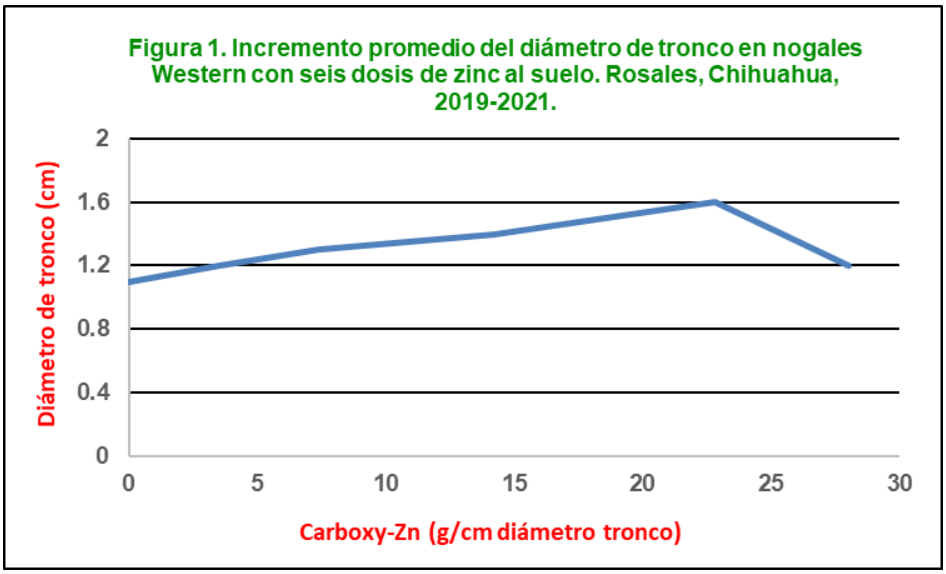
Tratamiento	Diámetro de tronco (cm)	Carboxy-Zn g/cm diámetro
Testigo sin Zn	18.3	---
70 g Carboxy-Zn/árbol	19.8	3.5
140 g Carboxy-Zn/árbol	18.8	7.4
280 g Carboxy-Zn/árbol	19.6	14.2
420 g Carboxy-Zn/árbol	18.4	22.8
560 g Carboxy-Zn/árbol	20.0	28.0

4.2. Diámetro de tronco

El diámetro de tronco es el mejor estimador del tamaño total de un nogal pecanero (Koch y Hunter 1957). En la figura 1 se muestra que los árboles con Zn al suelo exhiben mayor crecimiento de tronco que los árboles testigo. La respuesta no es lineal, el tratamiento con la dosis más alta de Carboxy-Zn tiende a disminuir el crecimiento secundario. Dicha respuesta sugiere que hay una dosis óptima y que dosis mayores tienen efectos negativos en el crecimiento del nogal.

4.3. Crecimiento de brote

El vigor del brote fructífero mínimo óptimo para nogales Western adultos es 15 cm (Mc Eachern 1985). Esta es una variable clave para productividad, dado que a mayor vigor de brote más flores son formadas, más frutos amarrados, mejor llenado de almendra y más carbohidratos se producen para reservas (Sparks y Heath 1972, Sparks 1986). Esta variable depende fuertemente del aporte de zinc (Storey 1985), por eso el testigo tuvo la menor longitud de brote, particularmente a partir del tercer año, conforme se agotan las reservas del nutrimento en el árbol (cuadro 2).



Cuadro 2. Longitud de brote fructífero (cm) de nogales Western con seis tratamientos de aporte de zinc al suelo, en tres años. Rosales, Chihuahua.

Tratamiento	Año			Promedio
	2019	2020	2021	
Testigo sin Zn	15.4	16.8	13.4	15.2
70 g Carboxy-Zn/árbol	16.8	20.6	17.1	18.1
140 g Carboxy-Zn/árbol	16.6	21.1	20.1	19.2
280 g Carboxy-Zn/árbol	18.0	20.9	18.9	19.2
420 g Carboxy-Zn/árbol	18.2	19.8	16.9	18.3
560 g Carboxy-Zn/árbol	16.2	20.8	16.2	17.7

Los tratamientos que dan el mayor vigor de brote son 140 y 280 g Carboxy-Zn por árbol, que corresponden a nogales con 18.8 y 19.6 cm de diámetro de tronco, en promedio de tres años. De ello resulta que la dosis óptima económica (DOE) de Carboxy-Zn para esta variable es 7.4 g/cm diámetro de tronco; más zinc que ése disminuye el crecimiento del brote (cuadro 2), posiblemente porque desbalancea otros micronutrimentos (Sparks 1976, Smith 1991).

4.4. Área foliar

El área foliar específica (AFE) es una variable muy sensible en estudios de nutrición, poda y riego en nogal pecanero, y tiene una relación directa con la producción de nueces (Tarango 2017). En este estudio se midió el área del foliolo terminal. En los tres años de evaluación el AFE siempre fue menor en los nogales sin aporte de zinc, sobre todo al tercer año, cuando la reserva del nutrimento decae fuerte en el árbol. Para esta variable la DOE de Carboxy-Zn es 7.4 g/cm diámetro de tronco; más zinc que ése no mejora el AFE y la dosis más alta reduce el AFE (cuadro 3).

Cuadro 3. Área de foliolo terminal (cm^2) de nogales Western con seis tratamientos de aporte de zinc al suelo, en tres años. Rosales, Chihuahua.

Tratamiento	Año			Promedio
	2019	2020	2021	
Testigo sin Zn	30.2	31.5	24.9	28.8
70 g Carboxy-Zn/árbol	31.4	36.1	32.3	33.2
140 g Carboxy-Zn/árbol	29.8	35.6	30.8	32.0
280 g Carboxy-Zn/árbol	28.4	35.2	30.5	31.3
420 g Carboxy-Zn/árbol	31.5	35.2	31.5	32.7
560 g Carboxy-Zn/árbol	29.8	32.7	27.5	30.0

El AFE mínima adecuada para nogales Western en producción es 28 cm^2 (Kilby 1985), la cual alcanzan todos los tratamientos, incluso el testigo sin zinc. En parte esto se debe a que los árboles tratados son jóvenes en producción con poda de líder central, pero sobre todo a la eficiente provisión de zinc con el Carboxy-Zn, aunado a una adecuada micorrización de las raíces. Se observó visualmente que los nogales nutridos con Carboxy-Zn al suelo exhibieron una excelente condición foliar, incluso en la variedad Wichita, la cual es muy demandante de este nutrimento (foto 3).

4.5. Estado nutrimental

Particularmente en suelos calcáreos, el aporte de zinc se refleja en su concentración foliar y en el crecimiento de brotes y hojas (Sparks 1976, Kilby 1985). En promedio, la concentración foliar de zinc con Carboxy-Zn varió de 25 a 34 mg/kg (cuadro 4), baja según los estándares aceptados de 50 a 100 mg/kg -cuando el zinc se aplica al follaje- (Sparks 1989, Walworth et al. 2008). Al respecto, trabajos con aporte edáfico de Zn han mostrado que una concentración foliar de 20-58 mg/kg es suficiente para que los nogales crezcan y produzcan bien, además de que las hojas no exhiben síntomas de deficiencia

(Núñez 2009, Tarango y Olivas 2021). Por su parte, Sherman (2018) propone como nuevos estándares para regiones semiáridas (en hojas lavadas antes del análisis) 30-50 mg/kg.

Foto 3. El aporte de zinc vía Carboxy-Zn permitió un crecimiento y una condición foliar normales en nogales jóvenes en producción, incluso en la variedad Wichita que es altamente susceptible a la deficiencia de este nutrimento.

Lo anterior es importante, pues desde hace décadas se plantea que mucho del zinc considerado suficiente es en realidad parte del depósito residual sobre la superficie foliar, más que Zn metabólico (Smith y Storey 1976). Además, se ha demostrado que la absorción de Zn por la hoja del nogal es muy baja, del total aportado por una solución asperjada sólo se absorbe el 1% por los foliolos jóvenes (abril y mayo) y un 0.2% por los maduros (Storey 1979, 1985).

El tratamiento de Carboxy-Zn que logra la DOE en esta variable es 7.4 g/cm de diámetro de tronco (cuadro 4). Mayor dosis que ésa no necesariamente aumenta la concentración del nutrimento en el follaje.

Cuadro 4. Concentración foliar de zinc (mg/kg) de nogales Western con seis tratamientos de aporte de zinc al suelo, en tres años. Rosales, Chihuahua.

Tratamiento	Año			Promedio
	2019	2020	2021	
Testigo sin Zn	21.0	35.2	40.4	32.2
70 g Carboxy-Zn/árbol	17.4	29.0	30.2	25.5
140 g Carboxy-Zn/árbol	19.8	40.8	40.4	33.6
280 g Carboxy-Zn/árbol	24.6	35.6	42.8	34.3
420 g Carboxy-Zn/árbol	14.6	28.8	40.6	28.0
560 g Carboxy-Zn/árbol	21.6	34.2	41.2	32.3

En los nogales sin aporte de zinc la concentración foliar del nutrimento aparece similar o más alta que en los tratamientos con Carboxy-Zn (cuadro 4), lo que puede deberse a un efecto de concentración por menor desempeño vegetativo y productivo. También, durante el presente estudio el piso de la huerta siempre mantuvo una cobertura de plantas arvenses, lo cual favorece la micorrización de los nogales en condiciones de no aplicación de zinc y la absorción del nutrimento del suelo (Tarango y Olivas 2018).

4.6. Producción

El rendimiento de nogales adultos es dependiente de las reservas nutricionales del año previo, aunque el aporte nutrimental del año en curso también afecta la fructificación (Smith 1991, Wood 1991). En el caso del zinc, su aporte aumenta la producción únicamente cuando los nogales tienen una carencia sustancial del nutrimento (Sparks 1989).

En el cuadro 5 se observa que el rendimiento es muy similar entre tratamientos en tres años de evaluación. El testigo sin zinc sostiene altos rendimientos los primeros dos años y es hasta el tercero cuando la producción empieza a decaer, el mismo comportamiento que las variables vegetativas. Esto sugiere que el no laboreo, el aporte de materia orgánica y la micorrización de los nogales permite que los árboles se abastescan de zinc del suelo por dos años, en ausencia de aplicaciones foliares del nutrimento (Tarango y Olivas 2018).

La DOE de Carboxy-Zn para esta variable clave también es 7.4 g/cm de diámetro de tronco. Esto es, tanto el crecimiento como el estado nutrimental y la fructificación de los nogales tuvieron a la misma dosis como la mejor, lo cual evidencia robustez de los

resultados. Dosis más altas de zinc disminuyen el rendimiento, lo que sugiere que este nutrimento afecta tanto el crecimiento vegetativo como la fructificación.

Cuadro 5. Rendimiento de nuez (kg/cm de diámetro de tronco) de nogales Western con seis tratamientos de aporte de zinc al suelo, en tres años. Rosales, Chihuahua.

Tratamiento	Año			Promedio
	2019	2020	2021	
Testigo sin Zn	0.501	0.708	0.439	0.549
70 g Carboxy-Zn/árbol	0.561	0.668	0.499	0.576
140 g Carboxy-Zn/árbol	0.531	0.694	0.573	0.599
280 g Carboxy-Zn/árbol	0.553	0.656	0.577	0.595
420 g Carboxy-Zn/árbol	0.447	0.636	0.542	0.541
560 g Carboxy-Zn/árbol	0.442	0.620	0.540	0.534

4.7. Calidad

Generalmente hay una relación directa entre vigor de brote y área foliar y calidad de nuez, e inversa con el rendimiento (Worley et al. 1995, Tarango 2017). En los tres años de estudio el tamaño de la nuez en todos los tratamientos supera el estándar de 6.5 g/nuez para la variedad Western (Herrera 2008). Las distintas dosis de Carboxy-Zn dan un tamaño de nuez muy similar (cuadro 6), por lo que la DOE puede asignarse a los 7.4 g/cm de diámetro de tronco que resultó de las variables de crecimiento y producción. La provisión de zinc al suelo permite el mayor tamaño de nuez en distintos genotipos de nogal pecanero (Tarango y Olivas 2018, 2021).

Cuadro 6. Tamaño de nuez (g) de nogales Western con seis tratamientos de aporte de zinc al suelo, en tres años. Rosales, Chihuahua.

Tratamiento	Año			Promedio
	2019	2020	2021	
Testigo sin Zn	6.7	7.8	7.5	7.3
70 g Carboxy-Zn/árbol	7.2	7.7	7.8	7.5
140 g Carboxy-Zn/árbol	6.8	7.7	7.6	7.3
280 g Carboxy-Zn/árbol	7.1	7.5	8.0	7.5
420 g Carboxy-Zn/árbol	7.4	7.8	8.1	7.7
560 g Carboxy-Zn/árbol	7.2	7.7	7.4	7.4

Igualmente, el porcentaje de almendra resultó muy similar entre tratamientos, incluido el testigo (cuadro 7), y todos superan el estándar de 56% de almendra para la variedad Western (Herrera 2008). No se observa una tendencia con relación a la dosis, por lo que la DOE de 7.4 g/cm de diámetro de tronco es aplicable a esta variable, lo que también indica que mucho zinc no aumenta la formación de almendra.

Cuadro 7. Porcentaje de almendra en la nuez de nogales Western con seis tratamientos de aporte de zinc al suelo, en tres años. Rosales, Chihuahua.

Tratamiento	Año			Promedio
	2019	2020	2021	
Testigo sin Zn	59.5	58.8	59.9	59.4
70 g Carboxy-Zn/árbol	60.3	55.7	59.0	58.3
140 g Carboxy-Zn/árbol	60.0	59.6	59.7	59.7
280 g Carboxy-Zn/árbol	59.5	57.3	59.8	58.8
420 g Carboxy-Zn/árbol	59.2	58.0	58.9	58.7
560 g Carboxy-Zn/árbol	60.1	58.3	59.6	59.3

5. Conclusiones

1. El aporte de Carboxy-Zn al suelo permite que el nogal pecanero en producción crezca y fructifique adecuadamente.

2. La dosis óptima económica de Carboxy-Zn para que los nogales exhiban el mejor crecimiento, estado nutrimental y rendimiento es 7.4 g/cm de diámetro de tronco (medido a 50 cm de altura), aplicada anualmente en plenitud de brotación.

3. El crecimiento y la producción de nueces disminuyen tanto con dosis bajas como altas de zinc aportado al suelo. Esto es, sí hay una dosis óptima del nutrimento.

4. La tecnología de Carboxy-Zn es eficaz para el nogal pecanero, acompañada de un manejo integrado del cultivo, particularmente el no laboreo del suelo.

6. Recomendaciones

Dadas las diferencias fisicoquímicas de los suelos entre huertas, la calidad del agua de riego y variaciones en la aplicación, se recomienda que la dosis agronómica (de campo) de Carboxy-Zn sea de 10 g/cm de diámetro de tronco.

Para huertas con riego por aspersión o microaspersión la dosis total de Carboxy-Zn se aplica en la fase de plenitud de brotación (principios de abril), como una banda concentrada en la mitad del área de goteo (foto 4).

Para huertas con riego por goteo la dosis total de Carboxy-Zn se divide en cinco aplicaciones, de 2 g/cm de diámetro de tronco: 1 y 15 de abril, 1 y 15 de mayo y 1 de junio.

Foto 4. En el suelo el zinc de mueve de una zona de mayor concentración a una de menor en 45%, el agua lo transporta en 30% y la raíz lo intercepta en 25% (Walworth 2015). Por tanto, es correcta la aplicación del Carboxy-Zn en banda en la mitad del área de goteo de los nogales.

Cuando se aporta zinc al suelo el único laboreo que se puede hacer es segado de la hierba, para cuidar las raicillas y las micorrizas superficiales, que son fundamentales para que esta tecnología sea eficaz.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Raymundo Soto Villegas por permitir el establecimiento de este trabajo de investigación en su huerta y apoyar con las labores culturales del mismo. A Innovak Global por la aportación de Carboxy-Zn. Al Sistema Producto Nuez del Estado de Chihuahua por el apoyo para la conducción de este estudio durante tres años.

7. Literatura citada

Fenn, L.B.; H.K. Malstrom; T. Riley and G.L. Horst. 1990. Acidification of calcareous soils improves absorption of pecan trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115(5):741-744.

Herrera A., E. 2008. Manejo de huertas de nogal. México. Universidad Autónoma de Chihuahua. 263 p.

Kilby, M.W. 1985. Zinc nutrition of pecan trees in Arizona. Proc. Nineteenth West. Pecan Conf. CES-New Mexico State University. P.9-19.

Koch, E.J. and J.H. Hunter. 1957. The use of experimental design and covariance techniques for increasing precision of pecan experiments. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 69:170-175.

McEachern, R.G. 1985. Pecan fertilization. In: Texas pecan orchard management handbook. TAES-Texas A&M University. P.90-91.

Medina M., M.C. 1993. Estimación de área foliar con medidas lineales y peso seco de la hoja en nogal pecanero. En: Memorias. V Congreso Nacional de Horticultura. México. SOMECH. P.132.

Núñez M., H. 2009. Nutritional studies on pecans [*Carya illinoinensis* L. (Wangenh.) C. Koch] growing in irrigated alkaline soils. Ph.D. thesis. The University of Arizona. 209 p.

Sherman, J. 2018. Fertilization in pecan orchards. 52th Western Pecan Conf. Proc. CES-New Mexico State University.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2021. Avances de siembras y cosechas 2021. www.siap.gob.mx

Smith, M.W. and J.B. Storey. 1976. The influence of washing procedures on surface removal and leaching of certain elements from pecan *Carya illinoensis* leaflets. HortScience 11:50-52.

Smith, M.W. and 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.

Smith, M.W. 1991. Pecan nutrition. In: Pecan husbandry: Challenges and opportunities. First Nat. Pecan Work. Proc. ARS-USDA. P.152-157.

Smith, M.W.; J.B. Storey and P.N. Westfall. 1979. The influence of two methods of foliar application of zinc and adjuvant solutions on leaflet zinc concentration in pecan trees. HortScience 14(6):718-719.

Sparks, D. 1976. Zinc nutrition and the pecan-A. review. Pecan South 3(2):304-309.

Sparks, D. 1986. Pecan. In: Handbook of fruit set and development. CRC Press. P.323-337.

Sparks, D. 1989. Pecan nutrition. Twenty-third West. Pecan Conf. CES-New Mexico State University. P.55-96.

Sparks, D. 2004. A letter from L.D. Romberg. Pecan South 36(12):14-20.

Sparks, D. 2005. Ecology of pecan. Part I. Site requeriments, distribution, tree growth and adaptation to river bottom land. Pecan South 38(8):26-34.

Sparks, D. and J.H. Heath. 1972. Pistillate flower and fruit drop of pecan as a function of time and shoot length. HortScience 7(4):402-403.

Storey, J.B. 1979. Desarrollo de NZn para alimentación foliar. En: Manejo de huertas de nogal. Esc. Sup. Fruticultura-UACH.

Storey, J.B. 1985. Zinc nutrition. In: Texas Pecan Orchard Management Handbook. TAES-Texas A&M University. P.92-99.

Tarango R., S.H. 2012. Manejo del nogal pecanero con base en su fenología. Folleto técnico No. 24. 3ª. edición. México. CEDEL-INIFAP. 39 p.

Tarango R., S.H. 2017. Poda del nogal pecanero en producción. Folleto técnico No. 4. México. COMENUEZ-SPNECH. 80 p.

Tarango R., S.H.; B.C. Macías L.; A. Alarcón y J. Pérez M. 2004. Colonización micorrízica, crecimiento y concentración foliar de nutrimentos en nogal pecanero y pistachero. Agric. Téc. Méx. 30(2):191-203.

Tarango R., S.H. y A.L. Olivas T. 2018. Micorrizas y nutrición con zinc en nogal pecanero. Folleto técnico No. 5. México. COMENUEZ-SPNECH. 40 p.

Tarango R., S.H. y A.L. Olivas T. 2021. Crecimiento y producción del nogal pecanero con aporte edáfico de zinc en riego por goteo. Folleto técnico no. 7. México. COMENUEZ-SPNECH. 14 p.

Walworth, J.; A. Pond; H. Núñez and M. Kilby. 2008. Nutrient balance for pecans. In: Reunión técnica internacional de nogal pecanero. Memoria 2008. CECH-INIFAP. México. P.26-35.

Wood, B.W. 1991. Alternate bearing of pecan. In: B.W. Wood and J.A. Payne (eds.). Pecan husbandry: Challenges and opportunities. First Nat. Pecan Work. Proc. ARS-USDA. P.180-190.

Worley, R.E.; J.W. Daniel; J.D. Dutcher; K.A. Harrison and B.G. Mullinix. 1995. A long-term comparison of broadcast application versus drip fertigation of nitrogen for mature pecan tres. HortTechnology 5(1):43-47.