

BIOMASA, PROLINA Y PARÁMETROS NITROGENADOS EN PLÁNTULAS DE NOGAL BAJO ESTRÉS HÍDRICO Y FERTILIZACIÓN NITROGENADA

Guadalupe Alejandra de la O-Quezada²; Damaris Leopoldina Ojeda-Barrios¹;
Ofelia Adriana Hernández-Rodríguez¹; Esteban Sánchez-Chávez³; Jaime Martínez-Tellez¹.

¹Facultad de Ciencias Agrotecnológicas. Universidad Autónoma de Chihuahua.
Escorza 900 Col. Centro. C. P. 31000. Chihuahua, Chihuahua. MÉXICO.

A. P. 24. Correo-e: dojeda@uach.mx. (¹Autora para correspondencia)

²Maestría en Ciencias de la Productividad Frutícola. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas.
Universidad Autónoma de Chihuahua. Escorza 900. Col. Centro. C. P. 31000. Chihuahua, Chihuahua. MÉXICO.

A. P. 24. Correo-e: delaoale@hotmail.com

³Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C. Av. 4ta. Sur 3820. Fracc. Vencedores del Desierto.
C. P. 33089. Cd. Delicias, Chihuahua. MÉXICO. Tel. (639) 4748400.

RESUMEN

Se realizó un estudio cuyo objetivo fue medir la respuesta de los procesos fisiológicos bajo las condiciones de estrés hídrico y concentración de nitrógeno (N) en plantas de nogal pecanero [*Carya illinoensis* (Wangenh) C. Koch]. El experimento consistió en la siembra, crecimiento y desarrollo de plantas a partir de semillas de nogal pecanero Western Schley; las cuales fueron sometidas a diferentes manejos: aportación de riego y N, aportación de riego sin N, estrés hídrico y adición de N y finalmente bajo estrés hídrico y ausencia de N. Fueron evaluadas las siguientes variables: altura de planta, diámetro de tronco, concentración de clorofila (unidades SPAD y metanol), número de hojas e índice de área foliar, prolina y biomasa. Los resultados demostraron que, las plántulas con aportación de N y estrés hídrico redujeron la concentración de Nt y N-NO₃⁻ en 21.73 y 61.84 % respectivamente, área foliar y diámetro de tronco en un 53.4 y 36.5 %, respectivamente, incrementándose el contenido de prolina en 39.41 %. Con riego y en ausencia de N se disminuyó el contenido de clorofila en 20 % y la biomasa de tallo en 58.34 %, finalmente el contenido relativo de agua (CRA) de tallo y raíz decreció en 61.54 y 60.17 % respectivamente.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: *Carya illinoensis*, nitratos, clorofila, sequía.

BIOMASS, PROLINE AND NITROGENOUS PARAMETERS IN PECAN SEEDLINGS UNDER WATER STRESS AND NITROGEN FERTILIZATION

ABSTRACT

This study was conducted to measure nitrogen concentration and response to water stress in pecan seedlings [*Carya illinoensis* (Wangenh) C. Koch]. The experiment consisted in observation of growth and development of plants started from Western Schley pecan seeds. Seedlings were subjected to different treatments: irrigation with N supply, irrigation without N, water stress with N supply, and finally, and water stress without N. The following variables were assessed: plant height, trunk diameter, chlorophyll by SPAD and methanol, number of leaves and leaf area index, proline and biomass. The results showed that Western Schley pecan seedlings with N supply and water stress reduced the concentration of Nt and N-NO₃⁻ by 21.73 % and 61.84 % respectively, leaf area and trunk diameter by 53.4 % and 36.5 %, respectively, but increased proline content by 39.41 %. With irrigation and in the absence of N, chlorophyll content decreased by 20 % and stem biomass by 58.34 %. Finally, the relative water content in stem and root decreased 61.54 % and 60.17%, respectively.

ADDITIONAL KEY WORDS: *Carya illinoensis*, nitrates, chlorophyll, drought.

INTRODUCCIÓN

En el año 2008, existía en México, un total de 80,048.25 ha plantadas con nogal pecanero [*Carya illinoensis* (Wangenh.) C. Koch], las cuales produjeron 79,769.55 t de nuez con un valor aproximado de \$2'960,631.60 pesos. El 93 % de las plantaciones están establecidas en el norte del país, siendo el estado de Chihuahua el principal productor, con 48,535 ha, de las cuales 73 % se encuentran en producción y 27 % en desarrollo (SIAP, 2008). La calidad de la nuez obtenida alcanza los estándares internacionales tales como porcentaje de almendra y número de nueces por kilogramo (Medina, 2004).

El crecimiento de las plantas depende en gran medida de un suministro adecuado de N para formar aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos y otros constituyentes celulares necesarios para su desarrollo (Smith *et al.*, 2004; Barker y Pilbean, 2007). El N es el principal nutriente aplicado en huertos en producción y en huertos jóvenes de nogal pecanero (Ojeda-Barrios *et al.*, 2009). El déficit de N tiene repercusiones en aspectos productivos: la fruta es de tamaño menor; llenado pobre y aumenta el porcentaje de frutos con golpe de sol y con nuez seca (Wood, 2002; Ruíz, 2005). El N de reserva en la planta, que se consiguió en la temporada anterior y que está en los sitios de reserva como ramas, yemas y raíces, contribuye a incrementar la producción y calidad de las nueces (Goff, 2001).

Uno de los procesos fisiológicos más sensibles al déficit de agua es el crecimiento celular, de manera que la sequía reduce la expansión y el área foliar (Parra *et al.*, 1999). El nogal es una planta con grandes requerimientos hídricos en sus etapas fenológicas, en los que se requieren láminas de agua que van de 1.0 hasta 1.2 m, dependiendo de las condiciones ambientales y la edad de los árboles (Godoy y Huitrón, 1998). Además de esto, existe una tendencia, en general, a sobreirrigar no sólo las huertas con el riego tradicional de agua rodada, sino también en aquellas donde se han instalado sistemas de riego presurizados, provocando pérdidas de agua y nutrientes (Godoy-Avila *et al.*, 2005).

Las respuestas metabólicas de las plantas a la deshidratación son diversas y complejas, incluyendo la acumulación de sustancias que son constituyentes normales de las células; tal es el caso de la prolina, aminoácido cuya concentración se incrementa notoriamente en condiciones de sequía, en alta o baja temperatura, o por deficiencias nutricionales (Nolte *et al.*, 1997; Parra *et al.*, 1999). La prolina es un aminoácido que se encuentra en pequeñas cantidades en las plantas, cuando éstas crecen en condiciones óptimas; en condiciones de estrés, se ha encontrado que el contenido de prolina aumenta para actuar como un agente osmótico, protegiendo a la planta de la deshidratación. La síntesis de la prolina se realiza a partir del ácido glutámico, tanto en condiciones normales como bajo estrés hídrico. Actualmente se reconocen dos

vías metabólicas, glutamato y ornitina (Parra *et al.*, 1999; Avendaño *et al.*, 2005; Sánchez *et al.*, 2001). El incremento de la prolina se relaciona con la disminución del potencial hídrico en hojas y el contenido relativo de agua (Tajdoost *et al.*, 2007). Se ha sugerido que la prolina es una fuente de carbono (C) y N fácilmente disponible en la rehidratación celular (Brugiére *et al.*, 1999).

Considerando lo anterior, el objetivo de este estudio fue conocer el efecto de la fertilización nitrogenada y el estrés hídrico en algunos procesos fisiológicos, tales como el contenido de prolina, biomasa y la concentración de N en folíolos de nogal pecanero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño del cultivo

Las semillas de nogal pecanero [*Carya illinoensis* (Wangenh.) C. Koch] cv. Western Schley fueron germinadas en arena a partir del 2 de febrero del 2009; posteriormente se mantuvieron bajo condiciones de invernadero por un período de ocho semanas; el 15 de abril de 2009, las plántulas fueron trasplantadas a cielo abierto, en Chihuahua, México.

La localidad se encuentra a 28° 38' latitud norte, 106° 04' longitud oeste, a una altitud de 1,262 m, con 336.5 mm de precipitación anual (SAGARPA, 2008).

Las plántulas se trasladaron posteriormente a macetas individuales de polietileno negras de 30 x 50 cm con 12 kg de arena. Con la tasa de evapotranspiración de referencia (ET_o) con el método de Penman-Monteith (Allen *et al.*, 1998), se estableció la frecuencia y cantidad de los riegos, quedando por aplicar 60 ml cada tercer día para los tratamientos con riego, y los tratamientos sin riego dejaron de regarse por completo después del 20 de junio. La dosis de N fue 0.05 g aplicado de forma total el 20 de junio, como sulfato de amonio (20.5 % N) disuelto en 60 mL de agua. Los tratamientos fueron aplicados a partir del 20 de junio a las plántulas, de la siguiente manera T₁+R+N (60 mL H₂O + N 0.05 g), T₂+R-N (60 mL + N 0.0 g), T₃-R+N (00 mL H₂O + N 0.05 g y T₄-R-N (00 mL H₂O + N 0.0 g), donde +R=riego, -R=no riego, +N=fertilización nitrogenada, -N=sin fertilización nitrogenada. El experimento finalizó el 30 de octubre de 2009.

Variables de respuesta

Diámetro de tronco

Se realizaron dos mediciones, la primera el 30 de junio de 2009 y la segunda el 30 de octubre de 2009. Los datos se obtuvieron midiendo el tronco a 5 cm de la base del suelo.

Altura de plántula

Las plántulas fueron medidas el 30 de junio y el 30 de octubre de 2009,

Área foliar

El área foliar se midió el 30 de octubre de 2009 en el equipo portátil CI-202 (Área Meter, Cid. INC.), se midieron cinco folíolos por repetición y se obtuvo el promedio de las lecturas por tratamiento.

Medición de clorofila

La clorofila se midió por dos métodos durante el estudio:

a) Clorofilómetro Minolta-SPAD-502

El 30 de octubre del 2009, con ayuda del clorofilómetro (Minolta, SPAD), *in situ*, se determinó la intensidad del color verde de las hojas, donde la cantidad de luz captada por la celda es inversamente proporcional a la cantidad de la luz utilizada por la clorofila; la señal es procesada, y la absorbancia es cuantificada en valores dimensionales que van de 0 a 199, por lo que las unidades SPAD serán siempre las mismas de acuerdo con el tono verde de las hojas (Krug *et al.*, 1994).

b) Determinación con metanol

Se recolectaron los folíolos que fueron medidos con el SPAD 502 Minolta para cuantificar la concentración de clorofila total, para lo cual se pesaron 60 mg de folíolo; se colocaron en tubos de ensayo con 5 mL de metanol y se dejaron 24 horas, hasta la decoloración total del material vegetal. El proceso se realizó a temperatura ambiente y en oscuridad. Tras este tiempo, se leyó la absorbancia en 652 nm (Fisher y Hart, 1991).

Determinación de formas nitrogenadas

Con los folíolos recolectados el 30 de junio se midió el contenido de nitrógeno total con la técnica de Micro-Kjendahl de acuerdo a APHA (1992). Se determinaron los N-NO_3^- por el método de ácido fenol-disulfónico y espectrofotometría UV-visible, según la técnica propuesta por Fisher y Hart (1991).

Determinación de prolina

La determinación de la concentración de prolina, se realizó en las muestras obtenidas el 30 de octubre, según el método propuesto por Irygoyen *et al.* (1992). Se tomaron 0.5 g de material fresco, se maceraron con 5 mL de etanol al 96 %, lavando después con etanol al 70 % por dos ocasiones y se centrifugó a 5,500 rpm durante 10 minutos; del sobrenadante anterior se tomó una alícuota a la que se añadieron 2.5 mL de ninhidrina ácida, 2.5 mL de ácido acético glacial y 5 mL de agua destilada; se incubó durante 40 minutos a 100 °C; posteriormente se introdujo en un baño frío y se añadieron 5 mL de benceno agitando vigorosamente; transcurrido éste se leyó la absorbancia a 515 nm.

Biomasa y volumen radical

La producción de biomasa radical y de tallo se determinó como un promedio de cada órgano estudiado

con base en la materia seca. El volumen de raíz se obtuvo mediante el desplazamiento de agua en una probeta graduada.

Contenido relativo de agua (CRA)

Se registró el peso fresco (PF) de la raíz y del tallo de cada planta; luego el peso túrgido (PT) después de mantenerlas por 12 h en agua, seguido por el secado de cada una de ellas en aire caliente hasta obtener un peso constante (PS). El contenido relativo de agua se determinó de acuerdo a Parra *et al.* (1999), mediante la fórmula: $\text{CRA} = (\text{PF} - \text{PS}) / (\text{PT} - \text{PS}) \times 100$.

Análisis estadístico

El esquema experimental fue un diseño completamente aleatorizado con 4 repeticiones, teniendo un árbol como unidad experimental y completando 16 unidades. Todos los datos fueron sometidos a un análisis de varianza. La diferencia entre las medias de los tratamientos fue obtenida utilizando la comparación de medias de DMS al 95 % con la ayuda del programa SAS 2007.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Nitrógeno total (Nt)

La adición de N incrementó 21.73 % los contenidos foliares de Nt en comparación de los tratamientos sin N y sin riego (Cuadro 1). Para nogal pecanero, los valores por debajo de 2.3 % de Nt son considerados deficientes (Smith *et al.*, 2007). Cuando las plantas se regaron y fertilizaron con N mantuvieron el nivel de suficiencia (Cuadro 1) (Medina, 2004). Trabajos anteriores han demostrado que las unidades SPAD de clorofila y el Nt presentan una alta correlación (Reeves *et al.*, 1993), lo cual coincide con este estudio en donde el Nt y las unidades SPAD presentan una correlación elevada ($r = 0.98$).

El contenido de N-NO_3^- en las hojas fue mayor cuando se aplicó N y se regó cada tres días; los valores de N-NO_3^- fueron entre 30.7 y 54.4 % más que en aquellos árboles donde hubo estrés y no se aplicó N (Cuadro 1). Los datos obtenidos para los N-NO_3^- coinciden con los publicados por Kraimer *et al.* (2004), ya que la limitación de este elemento produce una disminución en la absorción radical y una reducción de la translocación de N-NO_3^- hacia las hojas, acumulándose preferentemente en las raíces (Wood, 2002; Acuña-Maldonado *et al.*, 2003; Smith *et al.*, 2004).

Con respecto a los árboles en estrés y sin fertilización, se observó que por debajo de los límites de suficiencia de N y en estrés hídrico, los árboles crecen lentamente, las hojas son pequeñas (Smith *et al.*, 2007).

Pigmentos foliares

La concentración de clorofila mostró un comportamiento similar a la concentración de Nt y N-NO_3^- foliar (Cuadro 1). El tratamiento con riego continuo y fertilización con N fue el que presentó 35.7 % de incremento,

CUADRO 1. Influencia de los tratamientos de N y riego sobre el contenido de Nt, N-NO₃⁻; clorofila, área foliar altura de planta y diámetro de tronco en plántulas de nogal pecanero Western Schley. Chihuahua, Chih.

Tratamientos				Clorofila			Altura de planta (cm)	Diámetro de tronco (cm)
Riego mL	Nitrógeno (g)	Nt (%)	N-NO ₃ ⁻ (mg·kg ⁻¹)	SPAD	Metanol (mg·l ⁻¹)	Área foliar (mm ²)		
60	0.05	2.30 a	824 a	33.40 a	15.58 a	25.09 a	18.0 a	2.08
60	0.00	1.96 b	571 c	26.15 b	12.25 ab	14.82 b	16.2 a	1.41
0	0.05	2.24 a	737 b	30.84 a	13.37 b	11.68 b	15.0 a	1.32
0	0.00	1.80 c	314c	21.48 b	9.80 b	7.41 b	10.0 b	1.73

Las letras indican la diferencia de medias por la prueba DMS al 95 %.

CUADRO 2. Influencia de los tratamientos de N y riego sobre el contenido de prolina, volumen radical, biomasa y CRA en plántulas de nogal pecanero. Chihuahua, Chih.

Tratamientos				Biomasa		Contenido relativo de agua	
Riego mL	Nitrógeno (g)	Prolina (mg·g ⁻¹)	Volumen radical (cm ³)	Tallo (g·planta ⁻¹)	Raíz	Tallo	Raíz
60	0.05	0.95 bc	5.2 ab	0.48 ab	2.29 ab	42.08 a	45.99 a
60	0.00	1.22 ab	4.8 bc	0.36 bc	2.13 bc	37.86 ab	34.90 a
0	0.05	1.568 a	4.0 c	0.22 cd	1.67 c	26.31 b	20.77 a
0	0.00	1.614 a	4.0 c	0.15 d	1.53 c	14.56 c	13.09 b

Las letras indican la diferencia de medias por la prueba DMS al 95 %

en relación al tratamiento sin riego ni fertilización, que obtuvo el valor más bajo. El tratamiento con riego continuo y fertilización incrementó 37.1 % más el contenido de clorofila que el testigo (sin riego ni fertilización). Cabe resaltar que el tratamiento con riego continuo y fertilización fue considerado en concentraciones de suficiencia lo cual coincide con lo reportado por Ojeda-Barrios *et al.* (2009). Se detectó una alta y positiva correlación ($r = 0.95$), entre unidades SPAD y clorofila extraíble.

Altura, área foliar y diámetro

El tratamiento en que las plántulas sin riego y sin N mostraron una reducción en altura de planta y área foliar de 44.4 %, respectivamente en relación a las plantas con riego continuo. El diámetro de tronco no tuvo diferencias entre los tratamientos. De acuerdo con Smith *et al.* (2004), la deficiencia de N ocasiona efectos adversos como la disminución en el crecimiento, contenido de clorofila y área foliar.

Prolina

La acumulación de prolina no tuvo variaciones con una tendencia clara.

Volumen radical, biomasa y contenido relativo de agua (CRA)

Se obtuvo diferencia significativa y niveles más altos en aquellos árboles que se desarrollaron en mejores condiciones (bajo riego y fertilización de N. Los valores de biomasa

tuvieron diferencia significativa en tallo y raíz demostrando que las plantas con riego y fertilización N obtuvieron los valores más altos dado a que la biomasa puede aumentar por los contenidos de N (Sánchez *et al.*, 2001). Lo anterior se atribuye a que uno de los procesos más sensibles al déficit de agua es el crecimiento celular, de manera que la suspensión del riego reduce la expansión foliar, crecimiento del tallo y de las raíces, y cuando el déficit es más severo, se acelera la senescencia de hojas maduras (Godoy-Ávila *et al.*, 2005). Los árboles sin estrés se desarrollan correctamente; por ello, los contenidos de biomasa son más altos que en aquellos tratamientos con estrés.

La suspensión de riego redujo el CRA del tallo y raíz (Cuadro 2).

CONCLUSIONES

Las plántulas de nogal pecanero Western Schley en condiciones de estrés hídrico y sin adición de N redujeron considerablemente el área foliar, diámetro de tronco y la concentración de Nt y N-NO₃⁻; también se presentó un aumento significativo en el contenido de prolina en los folíolos.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada a Guadalupe Alejandra de la O Quezada para realizar estudios de Posgrado.

LITERATURA CITADA

- ACUÑA-MALDONADO, L. E.; SMITH, W. M.; MANESS, O. N.; CHEARY, S. B.; CAROLL, B. L. 2003. Influence of nitrogen application time on nitrogen absorption, partitioning and yield of pecan. *Soc. Hort. Sci.* 128(2): 155-162.
- ALLEN, R.; PEREIRA, L.; RAES, D.; SMITH, M. 1998. Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements. FAO, Irrigation and Drainage. Rome, Italy. pp.56
- APHA, 1992. Stanford Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18th Edition. American Public Health Association, Washington, D.C.
- AVENDAÑO, C. H.; TREJO, C.; LÓPEZ, C.; MOLINA, J. D.; SANTACRUZ, A.; CASTILLO, F. 2005. Comparación de la tolerancia a la sequía de cuatro variedades de maíz (*Zea mays* L.) y su relación con la acumulación de prolina. *Interciencia* 30(9): 560-564.
- BARKER, A. V.; PILBEAN, D. J. 2007. Handbook of Plant Nutrition. New York: Taylor y Francis. pp. 632
- BRUGIÈRE, N.; DUBOIS, F.; LIMAMI, A.M.; LELANDAIS, M.; ROUX, R. S.; SANGWAN, B.; HIREL. 1999. Glutamine synthetase in the phloem plays a major role in controlling proline production. *Plant Cell* 11: 1995–2011.
- FISHER, H. J.; HART, F. L. 1991. Análisis Moderno de los Alimentos, Ed. Acribia, España. pp.504-530, 532-549
- GODOY-AVILA, C.; HUITRÓN-RAMÍREZ, M. V. 1998. Relaciones hídricas de hojas y frutos de nogal pecanero durante el crecimiento y desarrollo de la nuez. *Agrociencia* 32: 331-337.
- GODOY-ÁVILA, C.; XOPIYAXTLE-J, Z.; REYES-JUÁREZ, I.; TORRES-ESTRADA, C. 2005. Comportamiento hídrico de hojas y frutos de nogal pecanero y su relación con la calidad y germinación de frutos. *Terra Latinoamericana* 23: 505-513.
- GOFF, B. 2001. Late Season Fertilization: Exciting New Development, *Pecan South* 32 (12): 10-11
- IRYGOYEN, J. J.; EMIRICH, D. W.; SÁNCHEZ-DÍAZ. 1992. Water stress induced changes in concentration of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. *Physiol. Plant.* 84:55-60.
- KRAIMER, R. A.; LINDEMANN, W. C.; HERRERA, E. A. 2004. Recovery of late-season ¹⁵N-labeled fertilizer applied to pecan. *HortScience* 39: 256-260.
- KRUGH, B. L.; BICHHAM Y 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.
- MEDINA, C. 2004. Normas DRIS preliminares para nogal pecanero. *Terra*. 22:445-450.
- NOLTE, H. D.; HANSON, A. D.; GAGE, D. A. 1997. Proline accumulation and methylation to proline betaine *Citrus*: Implications for genetic engineering of stress resistance. *J.Amer. Soc Hort. Sci.* 122:8-13.
- OJEDA-BARRIOS, D. L.; HERNÁNDEZ-RODRÍGUEZ, O. A.; MARTÍNEZ-TÉLLEZ, J.; NUÑEZ-BARRIOS, A.; PEREA-PORTILLO, E. 2009. Aplicación foliar de quelatos de zinc en nogal pecanero. *Revista Chapingo serie especial Horticultura.* 15(2): 205-210.
- PARRA, R.; RODRÍGUEZ, J. L.; GONZÁLEZ, V. A. 1999. Transpiración, potencial hídrico y prolina en zarzamora bajo déficit hídrico. *Terra Latinoamericana*. 17: 125-130.
- PATIL, S.; PANCHAL; JANARDHAN, K. 1984. Effect of short term moisture stress on free proline and relative water content in different plant parts of maize genotypes. *Indian Journal of Plant Physiol.*, 4:322-327.
- REEVES W. D.; MASK, P. L.; WOOD, C. W.; DELAY, D. P. 1993. Determination of wheat nitrogen status with a handheld chlorophyll meter. Influence of management practice. *J. Plant Nutr.* 16:7781-7796.
- RUÍZ, S. 2005. Fertilización nitrogenada “Diagnostico y Corrección”. *Tierra Adentro, especial de nogales.* 30-35 p.
- SAGARPA, 2008. Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación (SAGARPA). Crecimiento en producción de nuez, favorece exportación a Norteamérica. NUM. 074/06. (www.sagarpa.gob.mx).
- SANCHEZ, E.; LÓPEZ-LEFEBRE, L. R.; CARLOS, G. P.; RIVERO, R. M.; RUIZ, J. M.; ROMERO, L. 2001. Proline metabolism in response to highest nitrogen dosages in green bean plants (*Phaseolus vulgaris* L. cv Strike). *J. Plant Physiol* 158: 593-598.
- SIAP. 2008. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) Fecha de consulta 13 de Agosto de 2008. (<http://www.siap.gob>).
- SMITH, M. W.; CHEARY, B.; CARROLL, B. 1995. Time of nitrogen and potassium on yield, growth and leaf elemental concentration of pecan. *J. Amer.Soc.Hort. Sci.*110:446-450.
- SMITH, M. W.; CHEARY, B.; CARROLL, B. 2004. Response of Pecan to Nitrogen rate and Nitrogen Application Time. *HortScience* 39(6):1412-1415
- SMITH, M. W.; WOOD, B. W.; RAUN, W. R. 2007. Recovery and partitioning of nitrogen from early spring and midsummer applications to pecan trees. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 132: 758-763.

- TAJDOOST, S.; FARBOODNIA, T.; HEIDARI, R. 2007. Salt pretreatment enhance salt tolerance in *Zea mays* L. seedlings. Pakistan Journal of Biological Sciences. 10 (12): 2086-2090.
- WOOD, B. W. 2002. Late Nitrogen fertilization in pecan orchards. A review. Proceedings 36 th. Western Pecan Conference. 47-59 p.