

EFECTO DE NIVELES DE NaCl SOBRE FOTOSÍNTESIS Y CONDUCTANCIA ESTOMÁTICA EN NOGAL PECANERO (*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch)

EFFECT OF NaCl LEVELS ON THE PHOTOSYNTHESIS AND STOMATAL CLOSURE OF PECAN TREE (*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch)

F. S. Sandoval Reyes*¹, J. G. Arreola Ávila¹, Á. Lagarda Murrieta², R. Trejo Calzada¹, O. Esquivel Arriaga¹ y G. Garcia Herrera¹.

¹Universidad Autónoma Chapingo-URUZA. Carr. Gómez Palacio-Jiménez. CP. 35230. Bermejillo, Dgo.

² Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna. Periférico Raúl López Sánchez- Carr. Sante Fé. CP 27000. Torreón, Coah.

*Correspondencia: fssandoval@hotmail.com, fssandovalreyes@gmail.com

RESUMEN. En las zonas áridas y semiáridas uno de los factores que limitan la producción de nogal es la baja disponibilidad de agua. Aunado a este problema esta su baja calidad causado por la salinidad. En el manejo de las huertas se observa incremento en las concentraciones de estos iones (carbonatos, bicarbonatos, cloruros y sodio). El conocimiento de los efectos del NaCl sobre la fotosíntesis y la conductancia estomática es importante para poder identificar cuáles son los niveles de tolerancia de los nogales al NaCl. Por lo que el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la fotosíntesis y la conductancia estomatal en plantas de nogal pecanero sometidas a diferentes concentraciones de NaCl. El estudio se realizó en el invernadero de investigación de la URUZA-UACH, (25° 53'38.93 N y 103° 36' 01.09 O a 1115 m.s.n.m.) en la que se instalaron 60 macetas con plantas de nogal. Se estableció un diseño completamente al azar con diferentes gradientes de NaCl (0, 750, 1000 y 1250ppm). Se realizaron 10 evaluaciones durante 6 semanas con un analizador de gases infrarrojo, IRGA-6400, LI_COR Inc. Se cuantificó fotosíntesis ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) y conductancia estomática ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Altura de planta, diámetro de tallo y número de hojas fueron también incluidas. La actividad fotosintética dentro de los mismos tratamientos fue variable, la cual pudo ser debido a las diferentes capacidades de respuesta ya que las plantas provenían de semillas. La fotosíntesis disminuyó significativamente ($P < 0.05$), en las plantas tratadas con 1000 ppm de NaCl. Situación similar se observó cuando se evaluó conductancia estomática. No se observaron efectos de los tratamientos sobre altura, de planta, diámetro de tallo y número de hojas. La respuesta en fotosíntesis y conductancia estomática en las etapas iniciales de crecimiento, pueden constituir una herramienta importante en la selección de plantas potencialmente resistentes a la salinidad, reduciendo el tiempo para obtener materiales con estas características, cuyo proceso es tardado en árboles caducifolios.

Palabras clave: Fotosíntesis, Conductancia estomática, altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas.

SUMMARY. In arid and semi-arid lands one of the factors that limits pecan trees production is the low water availability. Regardless its low quality caused by salinity. In pecan orchards management has been observed increment of ions (carbonates, bicarbonates, chlorides and sodium). The effects knowledge of NaCl on photosynthesis and stomata conductance are important to identify tolerance levels of pecans to NaCl. The aim of this study was to evaluate the photosynthesis and stoma conductance on pecan seedlings subjected to different concentrations of NaCl. This study was carried out in an experimental greenhouse of the URUZA-UACH, (25° North Latitude and 103° West Longitude and 1,115m) where 60 gavels with pecan seedless were settled. A complete random design with different NaCl treatments (0, 750, 1000 and 1250 ppm) was established. The study included 10 evaluations with an infrared gas analyzer device (IRGA-6400, Li-COR Inc.) of photosynthesis ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) and stoma conductance ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Plant high, trunk diameter and number of leaves plant were also recorded. Photosynthetic activity within treatments varied due possibly to different response capacities because pecans seedlings. Photosynthesis decreased significantly ($P < 0.05$) in seedlings treated with 1000 ppm NaCl, similar situation was observed when stoma conductance was evaluated. No Treatment effects on seedling high, trunk diameter,

and leaf number were observed. Photosynthesis and stoma conductance response in initial stages of seedlings development, should be an important tool to select seedlings with potential tolerance to salinity, reducing consequently the time period for obtaining materials with this characteristic, such process takes a long time in deciduous trees.

Key words: Photosynthesis, Stomata conductance, seedling high, trunk diameter, leaf number.

INTRODUCCIÓN

Las huertas de nogal pecanero en el norte de México se desarrollan bajo un clima de tipo semidesértico. Bajo este tipo de clima es la limitada disponibilidad de agua que resulta en parte de la baja recarga pluvial, así como del incremento en la salinidad en el agua obtenida del subsuelo, limitan considerablemente su productividad. En la Comarca Lagunera existe un porcentaje considerable de huertas de nogal que se desarrollan sobre suelos con baja fertilidad, observándose en una proporción considerable la presencia de sales incluyendo el sodio a las cuales el nogal es susceptible. Con el fin de incrementar la eficiencia en el uso del agua, la fertirrigación ha mostrado un incremento considerable en el manejo de las huertas de nogal. Con el riego presurizado la eficiencia en el uso del agua se incrementa. Sin embargo esta tecnología trae como consecuencia un incremento en la concentración de sales, debido a su escaso lavado. Se ha observado que el desarrollo y la producción del nogal son considerablemente reducidos por la presencia de sales (Miyamoto, 1985).

En la Comarca Lagunera el 28 por ciento de la superficie ocupada con nogal pecanero, presenta problemas de salinidad y/o sodicidad. Lo anterior significa que los suelos con H_2SO_4 presentaron problemas de salinidad con valores de conductividad eléctrica (CE) mayor o igual a 4.0 dS m⁻¹ y/o valores de por ciento de sodio intercambiable (PSI) de 13 por ciento o más. Suelos con PSI mayores de siete son considerados por algunos autores como "suelos ligeramente sódicos" y pueden afectar el crecimiento y rendimiento de cultivos sensibles (Figueroa, 2006).

El nogal es una planta C3 con respecto a la fijación de CO₂, esta condición la califica como una planta con baja eficiencia fotosintética, de tal manera que las plantas que pertenecen a este grupo, no son muy eficientes en la utilización de la luz del sol, el CO₂ de la atmósfera y el agua, para transformarlos a través de procesos bioquímicos al interior del aparato fotosintético de las hojas, en carbohidratos (Arreola, 1990).

Portainjertos

La mayoría de los árboles frutales están constituidos por dos componentes genéticos: el portainjerto, que se adapta a las condiciones del suelo, y la variedad, que se adapta a las condiciones del clima. El

comportamiento del árbol resulta de la reacción de la raíz y de la copa a cada ambiente y de la influencia recíproca patrón-variedad. En esta combinación el patrón suele tener un efecto más notable; directamente influye sobre el vigor, precocidad, requerimientos de frío, comportamiento fenológico, productividad y calidad de fruto; de manera indirecta influye en la resistencia a factores adversos del suelo (Calderón, 1985).

Para la producción de portainjertos debe obtenerse la semilla de variedades o selecciones de plantas cuyas semillas promueven un vigor uniforme de las plántulas, ya que esta condición permitirá injertar la variedad después de dos años de crecimiento en la mayoría de los árboles. Las selecciones que anteriormente se han estudiado en la región son: Frutoso, Bala, Conchos, Una punta, Larga Conchos, Western Conchos, Dos Puntas, y Riverside, encontrándose que todas poseen buena uniformidad, pero las que mejor desarrollo tienen son: Bala Conchos y Frutoso.

Worley *et al.* (1972) observaron una aparente capacidad diferencial de los patrones de nogal en una huerta para absorber nutrimentos. Wadsworth demostró que existe una amplia variación en la capacidad de cada planta de nogal pecanero proveniente de semilla para absorber zinc del suelo.

Por su parte, Hanna encontró que ocurre lo mismo en la absorción o exclusión de los iones cloruro (citado por Brison 1987). La absorción de sodio también varía según el portainjerto (Miyamoto *et al.* 1985).

La variabilidad genética de los patrones puede ser una razón principal para la falta de uniformidad en huertas de nogal, la cual explica el porqué de la inconsistencia para encontrar claramente diferencias en rendimiento y crecimiento en respuesta a tratamientos aplicados (Madden y Malstrom, 1975).

Salinidad

Los suelos con altos contenidos de sales contienen, frecuentemente, cantidades muy elevadas de Na o de cloruros o de sulfatos de Ca y Mg. El origen de éstas es la solubilización de los minerales, la intrusión marina, el aporte de fertilizantes y, sobre todo, la aportación a través de las aguas de riego. La escases de lluvias, las temperaturas elevadas, los vientos secos, humedades relativas bajas, un riego inadecuado y, sobre todo,

deficiencias en el drenaje, contribuyen a la acumulación de sales en el suelo (Castro, 1990).

El efecto negativo que el estrés salino tiene sobre el crecimiento y desarrollo vegetal se debe a dos factores: el osmótico y el iónico. El factor osmótico deriva de la dificultad que entraña para las plantas compensar los valores tan negativos que puede alcanzar el potencial hídrico del suelo salino. Los espacios capilares del suelo contienen agua con solutos disueltos y, por lo tanto, su potencial hídrico es negativo, con valores que sitúan entre -1 y -5 bares. En esta condición, la planta puede absorber agua fácilmente, ya que las células de la raíz consiguen alcanzar potenciales inferiores. Cuando la concentración de solutos en el agua de los suelos salinos se incrementa, el potencial hídrico se reduce y las plantas experimentan dificultades para absorber agua. El factor iónico de la salinidad radica en la toxicidad iónica. Los iones que más problemas inducen son el cloruro y el sodio, aunque otros como el nitrato, sulfato, o el amonio también son tóxicos. Su acumulación en las hojas reduce la tasa fotosintética, induce la pérdida de pigmentos y provoca la senescencia y abscisión (Azcón, 2008).

El sodio provoca una separación de las partículas de arcilla en el suelo, por lo que los suelos sódicos tienen una estructura suelta, como de talco, y la permeabilidad al agua se reduce considerablemente. El calcio y magnesio tienen un efecto contrario al sodio, es decir, favorecen la agregación de las partículas de arcilla, lo que se refleja en una mejor estructura y mayor permeabilidad (Azcón, 2008).

El agua es salina cuando el constituyente principal es cloruro y la concentración es mayor de lo usual. La salinidad se puede expresar como el número de miligramos de sal por kilogramos de muestra; por ello se expresa en ppm. La medida de la salinidad supone que la muestra contiene una mezcla estándar de sal y de agua de mar. Los métodos estándar la definen como los sólidos totales en el agua cuando todos los carbonatos han sido convertidos en óxidos, todos los bromuros y yoduros han sido reemplazados por una cantidad equivalente de cloruros y toda la materia orgánica ha sido oxidada. Numéricamente es menor que los sólidos disueltos, o residuo filtrable.

Resultados obtenidos en investigaciones realizadas indican que en las huertas de nogal de la Comarca Lagunera, el rendimiento de nuez en Kg por árbol, se puede reducir con los siguientes valores de salinidad: a) CE en agua: 1.0 - 2.5 dS m⁻¹; b) CE en suelo: >2.0 dS m⁻¹ y c) PSI en suelo: = 3.0 por ciento. En el Distrito de Riego 017 se localizan áreas (83,937 ha) con salinidad del agua de CE = 2.5 dS m⁻¹, donde se estima que este cultivo puede reducir su rendimiento

hasta un 76 por ciento y se deben conducir prácticas de prevención y control de los problemas de salinidad y sodicidad de los suelos (Santamaría, 2009).

Toxicidad y estrés

Cuando algunos elementos se encuentran en exceso provocan desordenes fisiológicos en el árbol, o accidentes mucho más graves; primero lesiones, después marchitez y finalmente la muerte de la planta (Castro, 1990). Los suelos salinos se caracterizan por la presencia de cloruro de calcio, cloruro de magnesio, sulfato de sodio y sulfato de magnesio; mientras que los alcalinos contienen cantidades considerables de carbonatos de calcio, asociados o no a las sales precedentes.

Bajo condiciones externas óptimas, las plantas presentan un estado fisiológico adecuado. En cuanto se presenta el estrés, las plantas reaccionan deteniendo sus funciones fisiológicas básicas y reduciendo su vigor (Figura 1). Esta reacción o **fase de alarma** está asociada con la activación de los mecanismos de que dispone para hacer frente al estrés. En la **fase de resistencia**, los cambios que se producen permiten a la planta alcanzar un nuevo estado fisiológico óptimo para las actuales condiciones, estado que se corresponde con el grado máximo de resistencia que puede alcanzar. En la **fase de agotamiento** las funciones de la planta disminuyen si el estrés es constante. La última **fase** se denomina **de regeneración**, en este punto las funciones de la planta pueden regenerarse y ésta puede alcanzar un nuevo estado fisiológico óptimo para las condiciones presentes (Azcón, 2008).

Conductancia estomática

Los estomas proporcionan a las plantas un mecanismo fundamental para adaptarse a un ambiente continuamente cambiante, permitiendo el intercambio físico activo entre las partes aéreas de la planta y la atmósfera. Puesto que el papel más notable de los estomas es la regulación de la pérdida de agua (transpiración) y la absorción de CO₂ (asimilación fotosintética del carbono).

Se ha sugerido que el mecanismo que acopla la conductancia estomática a la fotosíntesis es la sensibilidad de los estomas al CO₂, en particular al CO₂ del interior de la hoja, capaz de modificar la respuesta del estoma al déficit de presión de agua.

En efecto, cuando un estoma responde fuertemente al CO₂ interno, tiende a abrirse hasta una conductancia capaz de mantener a éste dentro de los niveles adecuados, independientemente de cual sea el déficit de presión de agua (Agustí, 2005).

Fotosíntesis

La planta verde representa el más eficiente convertidor de energía conocido, transformando la energía solar en energía química (Whittingham, 1974). Sin embargo esta eficiencia se puede ver limitada, como consecuencia de presiones de otro tipo como lo son: estrés edáfico, estrés climático y estrés hídrico, en este último podemos resaltar gran estrés que sufre la planta cuando el agua de riego tiene altas concentraciones salinas.

El nogal se caracteriza por ser un árbol con baja eficiencia fotosintética, es decir requiere valores considerables de radiación ($1\ 500\ \mu\text{E m}^{-2}\text{s}^{-1}$) para lograr una adecuada actividad fotosintética (Andersen, 1994).

Fase fotoquímica

En esta fase los cloroplastos cargados de clorofila captan la energía luminosa para formar ATP con liberación de oxígeno y aceptor de hidrógeno. Esquemáticamente se representaría como:

Agua + Clorofila + Energía solar \rightarrow ATP + Oxígeno + Aceptor de hidrógeno

Fase biosintética

En esta fase el hidrógeno almacenado en el aceptor de hidrógeno se libera y reacciona con el dióxido de carbono (CO_2) que toma la planta del ambiente para producir glucosa ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$). Se esquematiza la fase biosintética como sigue:

Aceptor de hidrógeno + CO_2 + ATP + Enzimas \rightarrow Sustancia orgánica (Glucosa).

Medición de la fotosíntesis (Analizador de Gases Infrarrojo)

El LI-COR 6400 (LI-6400) utiliza principios del intercambio del gas para medir los índices de la fotosíntesis de plantas. Las tasas netas de la fotosíntesis se expresan como índices de la absorción del CO_2 ($\mu\text{mol CO}_2\ \text{m}^{-2}\ \text{s}^{-1}$). El intercambio del gas en el LI-COR 6400 se mide en un diseño del modo abierto. Los modelos de LICOR anterior (6200, 6000) fueron basados en un diseño cerrado. (Sánchez, 2006).

En el modo cerrado, el aire se mantiene en el compartimiento sin la renovación hasta que la fotosíntesis de la hoja reduce los niveles originales del CO_2 a un valor del prefijo. En el modo abierto, por el contrario, una circulación de aire se mueve con una atmósfera controlada rodeando una hoja de la planta,

incluida en un compartimiento. Así, el nivel del CO_2 del aire se mantiene constante (Sánchez, 2006).

Funcionamiento

El LI-6400 tiene un diseño de sistema abierto. En la primera etapa, las concentraciones del CO_2 y de H_2O del aire entrantes son modificadas por un depurador del CO_2 (magnesio $(\text{ClO}_4)_2$) y un desecante colocado en la consola. El flujo de aire que incorpora el compartimiento puede ser seco o húmedo. El control de la humedad del aire es crítico puesto que los estomas responden marcado a la humedad (Sánchez, 2006).

Hay dos alternativas para alcanzar las concentraciones deseadas del CO_2 . Una no reduciendo los niveles del CO_2 en el aire entrante hasta que alcanzan los valores seleccionados. La otra, usando el sistema opcional del inyector del CO_2 . Con la última alternativa, el índice del CO_2 inyectado se puede fijar en función de la demanda de la hoja (el método nulo-balance) o ajustar para guardar una concentración constante del CO_2 en el compartimiento (Sánchez, 2006).

Después de ser condicionado, el aire se bombea adentro y el flujo es regulado. Restrictores de flujo posteriores reparten la corriente del aire, asignando el 75% del flujo a la muestra (compartimiento de la hoja) y el 25% restante a la referencia. Los analizadores IR duales supervisan el CO_2 y H_2O de las dos corrientes del aire y, por diferencia, calculan el balance del CO_2 y de H_2O (Sánchez, 2006).

MATERIALES Y METODOS

Localización de la investigación

El estudio se llevó a cabo en el invernadero de experimentación de la Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, ($25^\circ\ 53'38.93\ \text{N}$ y $103^\circ\ 36'\ 01.09\ \text{O}$ a 1115 m.s.n.m.) en la que se establecieron 60 macetas de modo aleatorio con plántulas de nogal.

Material Vegetal

Para obtener las plántulas, las nueces fueron sembradas y germinadas en caja para semillero en el invernadero de la Unidad. Fueron regadas tres veces por semana con agua destilada, con el fin de evitar la deposición de sales, después de tres meses las plántulas alcanzaron una altura de 15 cm fueron colocadas en macetas. Estas fueron llenadas con arena de río, pesadas tratando de poner 7 kg en cada maceta. Una vez llenas se regaron con agua destilada, para efectuar el trasplante en condición húmeda, posteriormente fueron regadas con

agua con los diferentes gradientes de salinidad para cada tratamiento. Para preparar las soluciones se utilizó Cloruro de sodio al 99.8% de pureza, el cual fue pesado según el tratamiento en el laboratorio de Agua-Suelo-Planta de URUZA y posteriormente se depositó el NaCl en tambos con 150 litros de agua la cual se utilizó para los riegos que se realizaron cada tercer día, depositando ½ litro de agua por macetas.

Los tratamientos fueron aplicados por un periodo de 6 semanas. Con los siguientes tratamientos. Tratamiento 1 0 ppm, tratamiento 2 750 ppm, tratamiento 3 1000 ppm y tratamiento 4 1250 ppm de NaCl.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar de 3 tratamientos con NaCl en diferentes gradientes, se incluye un cuarto tratamiento correspondiente al testigo sin NaCl, usando agua destilada.

VARIABLES EVALUADAS

Las variables que se evaluaron con el medidor de fotosíntesis portátil LICOR LI-6400 fueron las siguientes:

1. Tasa fotosintética ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
2. Conductancia ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)

Los datos almacenados en la memoria del IRGA fueron exportados a una hoja de cálculo de Excel y se estimaron media y desviación estándar de cada una de las variables.

3. Altura de la planta
4. Diámetro del tallo
5. Número de hojas

Las mediciones se llevaron a cabo en diez fechas distintas (8, 19, 21, 23, 24, 27, 30 de Noviembre y 2, 4 y 8 de diciembre), generalmente al medio día a partir de las 12:00 a.m.

Análisis de datos

Con la finalidad de detectar diferencias estadísticas significativas en resultados obtenidos por efecto de los tratamientos, los datos se sometieron a análisis de varianza. Se utilizó el paquete estadístico SAS System for Windows 9.0. La comparación de medias de las variables evaluadas se efectuó mediante la prueba de tukey ($p < 0.05$). Para generar las figuras correspondientes a fotosíntesis y conductancia

estomática los datos se procesaron en el programa Excel® 2003 donde se calculó el valor medio y la error estándar de cada una de las variables.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fotosíntesis

Las concentraciones de NaCl a 750 y 1000 ppm no causaron efectos significativos en la disminución de la fotosíntesis respecto al testigo. No obstante se observa una tendencia hacia la disminución de esta variable bajo la concentración de 1000 ppm. Cuando las plantas fueron sometidas a 1250 ppm de NaCl la disminución fotosintética fue significativa, la tasa fotosintética de plantas sometidas a este tratamiento fue dos veces menor a las plantas que recibieron 1000 ppm y casi tres veces menor a las plantas sometidas a 750 ppm incluyendo el testigo. Se observó que el tratamiento de 750 ppm no causó efectos negativos en fotosíntesis al compararla con el testigo por lo que se indica que a pesar de que esta especie sea susceptible a la salinidad este nivel de salinidad no le afecta en esta variable de tipo fisiológico. Bajo estas condiciones de invernadero podemos precisar que las plantas de nogal sometidas a 1000 ppm disminuyeron su capacidad fotosintética en una unidad, en comparación al testigo. La respuesta en fotosíntesis durante las etapas iniciales de desarrollo de las plantas sometidas a 1000 ppm de NaCl, es un indicador importante a considerar en el establecimiento de nuevas plantaciones de nogal, ya que el impacto negativo que ejerce este gradiente de salinidad sobre la actividad fotosintética, repercute consecuentemente en la productividad de los árboles, a pesar de que los síntomas visuales no se manifiesten.

En la dinámica fotosintética como resultado del efecto de los tratamientos de riego con NaCl, se observó que esta actividad mostró una tendencia hacia el incremento en las primeras evaluaciones la cual disminuyó considerablemente en la tercera fecha. No obstante este comportamiento, se observó una tendencia general hacia la disminución fotosintética en las etapas subsecuentes después del cuarto muestreo.

La respuesta de las plantas a los tratamientos de salinidad fue similar, aunque la manifestación varió de acuerdo al gradiente de salinidad. Es decir, se observaron valores menores de fotosíntesis conforme la

concentración de NaCl incrementó. No obstante de presentarse este comportamiento similar entre tratamientos, valores negativos fueron observados en las plantas sometidas a 1250 ppm. Este comportamiento pudo ser debido a que la fotosíntesis alcanzó valores de cero o cercanos a cero, mientras que la actividad respiratoria mantuvo valores normales, alcanzando por consecuencia un punto de compensación negativo. La disminución en la tasa fotosintética en las plantas testigo a partir del cuarto muestreo fue debido al cambio de pigmentación de las hojas, como resultado del acortamiento del fotoperiodo el cual induce en los caducifolios hacia una predisposición a la dormancia. La respuesta estratégica de las plantas para hacer frente a al estrés climático o edáfico tiene varias fases (Azcon, 2008), la magnitud de esta respuesta está relacionada con la genética del material, la cual influyó en parte en los diferentes valores encontrados en las plantas dentro de cada tratamiento.

Conductancia estomática

Los tratamientos con Na Cl a 750 y 1250 pm fueron estadísticamente similares al testigo. Las plantas sometidas a 1000 ppm manifestaron la mayor conductancia estomática. No obstante lo anterior, en plantas sometidas a 1250 ppm de NaCl, la conductancia estomática disminuyó significativamente. Este comportamiento puede estar ligado, en parte, a algún tipo de estrategia considerable en alguna de las plantas pertenecientes a este tratamiento para evitar la pérdida de agua. Dicha estrategia puede estar relacionada con los diferentes fases que suceden en las plantas bajo condiciones de estrés externo, como lo menciona (Azcon, 2008). El nivel de conductancia estomática de las plantas que fueron sometidas a riego con 1000 ppm de NaCl fue dos veces mayor a la que presento el tratamiento que se rego con 1250 ppm y 30 % mayor al rango de apertura estomática presentada en el tratamiento regado con 750 ppm.

En la dinámica de conductancia estomática como resultado del efecto de los tratamientos de riego con NaCl, se observa que esta actividad muestra una tendencia hacia el incremento en las primeras evaluaciones la cual disminuye considerablemente en la tercera fecha. No obstante este comportamiento, se observó una tendencia general hacia la disminución fotosintética en las etapas posteriores al quinto muestreo.

La tendencia en conductancia estomática a través del tiempo entre tratamientos fue diferente. Se observó una mayor variación de esta variable en las plantas sometidas a 1250 pm. Esta variación puede ser el resultado de las diferentes capacidades relacionadas con la genética de los materiales, para tolerar esta concentración de salinidad. La respuesta estratégica de las plantas a este gradiente de salinidad, el cual presenta diferentes fases (Azcon, 2008), puede estar relacionada con la mayor variación de esta variable observada. En el testigo la tendencia hacia la disminución de la conductancia estomática con el incremento del tiempo, fue muy similar a la observada en fotosíntesis. Esto fue debido principalmente, a la disminución en la intensidad de la radiación y disminución del fotoperiodo, conforme avanzó el ciclo estacional. Las observaciones sobre la disminución en fotosíntesis y conductancia estomática, durante las primeras etapas de desarrollo de la planta son dignas de considerarse ya que pueden ser indicadores de resistencia potencial a condiciones de salinidad. Estos resultados pueden constituir una herramienta valiosa en programas de relacionados con evaluaciones y selección de nogales resistentes a este tipo de estrés y reducir considerablemente el periodo para definir plántulas con esas características.

Diámetro, Numero de hojas y Altura Final

El diámetro de las plantas no fue afectado por los tratamientos de salinidad, lo anterior indica que durante el tiempo en el cual se evaluó esta variable no fue suficiente para que se manifestaran efectos negativos. Situación similar ocurrió al evaluarse el número de hojas y la altura de la planta. Esta manifestación indica que el efecto de cualquier estrés edáfico en este caso causado por salinidad puede manifestarse inicialmente en la actividad fisiológica de la planta, como lo menciona Castro(1990), indicando que cuando algunos elementos se encuentran en exceso provocan inicialmente desordenes fisiológicos, los cuales son seguidos por desordenes físicos que se detectan visualmente.

Otra posible falta de respuesta negativa de los tratamientos sobre estas variables puede ser debida a que las concentraciones de NaCl utilizadas en el presente estudio no fueron lo suficientemente dañinas para observarlas durante este tiempo de evaluación; a pesar de que esta especie es susceptible a la salinidad

ya que se reporta una reducción en crecimiento del 25% cuando las plantas de nogal se someten a 40 mmol/l (2332 ppm) (Miyamoto, 1985), esto para una huerta adulta.

Cabe mencionar que las hojas de algunas plántulas se manifestaron daños visuales durante las últimas etapas de evaluación. Es decir 6 semanas después de iniciadas las evaluaciones.

CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las cuales se llevó a cabo el presente estudio se concluye que:

- ✓ El estrés causado por las concentraciones de salinidad, redujo la Fotosíntesis y Conductancia estomática.
- ✓ La pronta respuesta de estas variables a las condiciones de salinidad, permite descartar o seleccionar plantas potencialmente resistentes a condiciones de salinidad. Reduciendo el tiempo para identificar materiales caducifolios potencialmente resistentes
- ✓ La tasa fotosíntesis y conductancia estomática disminuyen a partir de 1000 ppm en plántulas de nogal pecanero.
- ✓ Las concentraciones evaluadas durante el periodo de este estudio no afectaron Diámetro, Altura y Numero de hojas

LITERATURA CITADA

- Arreola, A. J. 1990. Propagación clonal usando estacas de raíz y tallo en nogal pecanero. Informe de Investigación. CIFAP-INIFAP. Región Lagunera.
- Azcón, B. J. y Talcon, M. 2008. Fundamentos de fisiología vegetal. Mc Graw Hill. España.
- Calderón A., E. 1985. Fruticultura general. 3ª. ed. Limusa. México.
- Figueroa, V. U. Baca, C. G. Martínez, G. A. 2006. Acumulación de Cl, Na, Ca, K y Mg en variedades y portainjertos de pistache *Pistacia* spp. Sometidos a diferentes condiciones de salinidad. Agrociencia.
- Ferguson, L. 1990. The pistachio tree. In: Pistachio production. A pomology shortcourse. University of California.
- Hanna, J.D. 1987. Pecan rootstock. In: R.C. Rom (ed.). Rootstocks for fruit crops. John Wiley & Sons.
- Madden G. D. y H. L. Malstrom. 1975. Pecan and Hickories. In. Advances in fruit breeding. Janick y Moore. Eds. Purdue Univ. Press. West Lafayette, Indiana.
- Miyamoto, S.; G.R. Gobran and K. Piela. 1985. Salt effects on seedling growth and ion uptake of tree pecan rootstock cultivar. Agron. J.
- Santamaria, C, E. Inzunza, I. M.A. y Sánchez, C. I. 2009. Análisis estadístico con aplicaciones en agronomía. CENID-RASPA.
- Sánchez, A. 2006. "Sistemas de la medida de la fotosíntesis del campo". Universidad de Nuevo México. http://translate.google.com/translate?hl=es&sl=en&u=http://weather.nmsu.edu/Teaching_Material/soil698/Student_Material/Photosynthesis/6400.html&sa=X&oi=translate&resnum=3&ct=result&prev=search%3Fq%3DLI-COR%2B6400%2B%26hl%3Des%26sa%3DG (Recuperado Octubre 2008).
- Worley, R.E.; S.A. Harmon and R.L. Carter. 1972. Effect of zinc sources and methods of application on yield and leaf mineral concentration of pecan (*Carya illinoensis* Koch). J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97.