

ARTÍCULO ORIGINAL

Distribución y producción total de materia seca en guayabo (*Psidium guajava* L. cv. Palmira ICA-1) bajo estrés salino

Total dry matter production and dry matter partitioning of salt stressed guava plants (*Psidium guajava* L. cv. Palmira ICA-1)

CASIERRA-POSADA, F.¹

¹Ingeniero Agrónomo, PhD., Docente asociado, Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia en Tunja. Apartado aéreo 661, Tunja – Boyacá / Colombia. Grupo de Investigación Ecofisiología Vegetal. E-mail: fcasierra@tunja.uptc.edu.co

Recibido Agosto 8 de 2006. Aceptado Noviembre 28 de 2006.

RESUMEN

Plantas de guayabo (*Psidium guajava* L. cv. Palmira ICA-1) obtenidas a partir de semilla se expusieron a 0, 20, 40, 60 y 80 mM de NaCl (ECe: 1.2, 3.0, 5.4, 7.9 y 10.5 dS·m⁻¹ respectivamente, en extracto de suelo saturado) en invernadero en Tunja / Colombia. Las plantas se desarrollaron en materas con suelo, el cual se salinizó gradualmente, cuatro semanas luego del trasplante. 240 días después de la siembra se evaluó la relación raíz : parte aérea, el área foliar, la producción y distribución de materia seca y el peso específico de las hojas. La salinidad redujo significativamente la

producción total de materia seca, el área foliar y el peso específico de las hojas. La raíz y los órganos aéreos también fueron afectadas por la salinidad, lo cual tuvo impacto sobre la relación raíz : parte aérea. La salinidad por NaCl indujo pocos cambios en la distribución de materia seca. Los resultados sugieren que el cultivar de guayabo Palmira ICA-1 es relativamente tolerante a la salinidad por NaCl.

Palabras clave: Área foliar, relación raíz : parte aérea, peso específico de las hojas, salinidad

ABSTRACT

Seedlings of guava plants (*Psidium guajava* L. cv. Palmira ICA-1) were grown under 0, 20, 40, 60 and 80 mM NaCl (ECe: 1.2, 3.0, 5.4, 7.9 and 10.5 dS·m⁻¹ respectively of a saturated soil extract) in glasshouse in Tunja / Colombia. Plants grew in pots with soil, which was slowly salinized four weeks after planting. Root to shoot ratio, leaf area, dry matter production and partitioning, and specific leaf weight were evaluated under salinity 240 days after sowing. Salinity significantly reduced total dry matter production, leaf

area and specific leaf weight of plants. Root and shoot were also affected by salinity, which had an impact on the root to shoot ratio. NaCl salinity induced little changes in dry matter partitioning. The results suggest that guava cultivar Palmira ICA-1 is relatively tolerant to NaCl salinity.

Key words: leaf area, root : shoot ratio, specific leaf weight , salinity

INTRODUCCIÓN

En Colombia, los suelos susceptibles a la salinización cubren una extensión de 86.592 Km² de los cuales 78.277 Km² están en zonas secas, es decir el 90.39%. Las zonas susceptibles a la salinización abarcan gran parte de la región Caribe, los valles interandinos (ríos Magdalena y Cauca) y los altiplanos donde se desarrolla actualmente y se tiene proyectado ampliar la producción

intensiva del país (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004).

Todos los suelos y aguas de riego contienen sales solubles, muchas de las cuales son indispensables para el crecimiento y el desarrollo normal de la planta, sin embargo, muchos suelos y aguas, particularmente en

áreas semiáridas irrigadas, contienen cantidades excesivas de sales que podrían llegar a ser nocivas para los vegetales. Los estudios del crecimiento y la reducción de la producción debido a la salinidad excesiva son difíciles de extrapolar a las condiciones subtropicales, porque las lluvias de verano reducen la salinidad del suelo lixiviando las sales acumuladas en la zona de la raíz de los árboles (Boman, 1993). La capacidad de las plantas para soportar los efectos del exceso de sales en la zona radicular se denomina "tolerancia a la salinidad", y la gama de concentraciones de sales que pueden tolerar los cultivos varía considerablemente, de acuerdo con las especies (Maas, 1990).

En *Melaleuca cuticularis* y *Casuarina obesa* la tolerancia a la salinidad se asocia con la regulación del Na^+ y del Cl^- foliar, así como de las concentraciones de K^+ (Carter *et al.*, 2006), por tanto, la acumulación de iones tóxicos en tejidos de planta modula los niveles de los metabolitos primarios y secundarios, que se pueden relacionar con la tolerancia de la salinidad (Wahid y Ghazanfar, 2006); sin embargo, cuando la reducción en la producción de fruta en cítricos ocurre sin la acumulación excesiva del Cl^- o de Na^+ y sin ningún síntoma evidente de toxicidad, se indica que el efecto dominante es el estrés osmótico (Dasberg *et al.*, 1991; Cerda *et al.*, 1990). En cítricos, el crecimiento en la zona radicular de los árboles se incrementa, mediante el aumento de la salinidad en el sustrato. La reducción en la producción de fruta se asocia sobre todo a una disminución en el número de frutas por árbol más que a las diferencias en peso por fruta individual (Dasberg *et al.*, 1991; Cerda *et al.*, 1990). A pesar de que la producción de fruta en cítricos disminuye con la salinidad, la producción promedio de fruta, medida durante varios años no mostró ningún efecto estadísticamente significativo de los tratamientos (Cerda *et al.*, 1990).

Normalmente se mencionan cuatro razones para la reducción del crecimiento vegetal bajo condiciones de estrés salino: (1) El estrés osmótico causada por una reducción en la disponibilidad de agua externa, (2) los efectos de la toxicidad de iones específicos causada por procesos metabólicos en la célula, (3) el desequilibrio nutricional causado por los efectos de la toxicidad por iones, y por último, (4) la combinación de algunos de los factores mencionados (Al-Yassin, 2004). Mecanismos importantes de tolerancia implican la exclusión del Na^+ de la corriente de transpiración, el almacenamiento del Na^+ y del Cl^- en las vacuolas de las células de la raíz y de la hoja, y de otros procesos que promuevan el crecimiento rápido a pesar del estrés osmótico (Munns *et al.*, 2006; Viswanathan y Zhu, 2003)

El estrés hídrico y salino desencadenan la función fisiológica de la osmorregulación (Meyer y Boyer, 1981),

la cual implica la acumulación de suficientes cantidades de solutos en las células, que les ayude a disminuir el potencial osmótico. El potencial hídrico de células debe disminuir por debajo del valor del potencial hídrico de la fuente de agua, para poder que las células puedan tomar el agua del sustrato con un mínimo de pérdidas en la turgencia o en el volumen celular (Morgan, 1984). La osmorregulación se ha observado en hojas (Westgate y Boyer, 1981), en ramas y raíces (Yakushiya *et al.*, 1996) y en frutos (Dubey, 1997). El metabolismo de los azúcares se afecta en plantas que crecen bajo condiciones de salinidad (Dubey, 1997). En las hojas de las plantas glicofitas, se incrementa el contenido de azúcares solubles, bajo condiciones de salinidad (Flowers *et al.*, 1997), de estés hídrico (Foyer *et al.*, 1988) y de estrés por bajas temperaturas (Hurry *et al.*, 1995). Los azúcares solubles junto con otros solutos compatibles contribuyen al ajuste osmótico (Flowers *et al.*, 1997) y modulan directa o indirectamente la expresión de los genes implicados en varios procesos metabólicos, en funciones de almacenamiento y en la producción de metabolitos de defensa (Hebers y Sonnenwald, 1988).

En plantas de *Psidium guajava* expuestas a la salinidad por NaCl , se encontró que los niveles del Ca^{2+} son estables en las raíces, pero se reducen en las ramas y en las hojas. El contenido de K^+ se reduce con los niveles crecientes de salinidad, particularmente en hojas. Además, los niveles de Mg^{2+} no se ven afectados en la parte aérea ni en las raíces pero disminuyen en las hojas (Gonçalves *et al.*, 2001). De igual manera, la biomasa total, y en especial el peso fresco de la guayaba, se reduce mediante la salinidad; sin embargo, la maduración de la fruta se acelera (Walker *et al.*, 1997).

En estudios comparativos de diferentes géneros de plantas frutícolas cultivadas bajo condiciones de salinidad, se ha concluido que *Olea europea* es más tolerante a la salinidad que *Psidium guajava*, y a su vez ésta es más tolerante que *Vitis sp.* La tolerancia se determinó con base en la reducción relativa del crecimiento con el aumento de salinidad. Por otro lado, las hojas de *Olea europea* y de *Psidium guajava* se quemaron debido a la acumulación de iones a niveles más altos que las hojas de *Vitis sp.* (Taha *et al.*, 1972a). Sin embargo, los síntomas de toxicidad en *Olea sp.* ocurren a concentraciones absolutas de Cl^- más bajas que en *Vitis sp.* o en *Psidium sp.* (Taha *et al.*, 1972b), lo cual puede indicar que los mecanismos para la restricción del ion en la parte aérea están más desarrollados en *Olea sp.*, pero que los mecanismos para la resistencia a las quemaduras de las hojas no lo estén tanto como en las otras dos especies (Shannon, 1992).

El guayabo (*Psidium guajava* L.) es una mirtácea que crece de manera silvestre en todas las áreas tropicales

y subtropicales del mundo. Es originaria de América tropical (Malo y Campbell, 1994) y está reportada en las crónicas de los españoles y portugueses, desde el siglo XVI (Patiño, 2002). En las regiones más productoras de guayaba se presentan condiciones secas, las cuales son necesarias para la inducción de la brotación en la siguiente temporada de crecimiento (Fondo Nacional de Fomento Hortofrutícola, 2003). La sequía, como factor de estrés presenta en sí limitaciones para el crecimiento de las plantas; además, concentra los solutos disueltos en el suelo, por tanto, se puede ocasionar un potencial osmótico muy bajo en el sustrato que reduciría la toma de agua por las raíces. Es así, como las plantas no necesitarían crecer en suelos salinos, para estar sometidas al afecto negativo del exceso de sales en el sustrato. Estas condiciones, además del exceso de solutos en el agua freática, han originado problemas temporales o permanentes de salinidad.

La mayor producción de guayaba en Colombia en 2003, se encontraba en el departamento de Santander, 48.000 toneladas (38%) de 128.000 toneladas a nivel nacional, seguido por Boyacá (27%), y Tolima (10%). A pesar de que Santander es el mayor productor, ya que cuenta con la mayor área en producción, Boyacá tiene una mayor productividad y una producción similar, con un poco menos de la mitad de el área del primero (Fondo Nacional de Fomento Hortofrutícola, 2003).

El objetivo del presente estudio fue la caracterización de la tolerancia de plantas de guayabo del cultivar Palmira ICA-1, mantenidas bajo condiciones de diferentes niveles de NaCl en el sustrato. Como parámetros de evaluación se tuvieron en cuenta algunas de las variables normalmente utilizadas para cuantificar el crecimiento de plantas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material vegetal utilizado en la determinación del efecto de la salinidad por NaCl sobre la producción y distribución de materia seca en plantas guayabo, consistió en plantas del cultivar Palmira ICA-1, las cuales se obtuvieron a partir de semilla, proporcionadas por el centro de investigación Corpoica-Cimpa en Barbosa (S). El cultivar presenta forma de pera y pulpa roja (Lozano *et al.*, 2002). Las plantas se desarrollaron en materas plásticas con capacidad para 3 Kg. de suelo. Después de que las plántulas desarrollaron cerca de seis hojas se inició la salinización del suelo. Los tratamientos para inducir la salinidad con NaCl fueron 0, 20, 40, 60 y 80 mM·Kg.⁻¹ de suelo seco al aire, los cuales indujeron valores de conductividad eléctrica de 1.9, 3.8, 6.2, 8.6 y 11.5 dS·m⁻¹ (medidos en extracto de saturación de suelo), respectivamente.

Las plantas se expusieron a la salinidad aproximadamente 90 días después de la germinación. La cantidad total de NaCl se aplicó gradualmente al suelo de cada bolsa a lo largo de un periodo cercano a cuatro semanas, según la metodología implementada por Casierra-Posada y García (2005). Durante el ensayo, la humedad del suelo de las materas se mantuvo cercana a la capacidad de campo. La cantidad de agua diaria para regar las materas se calculó con base en el peso de la materia y en la pérdida de agua

con respecto al peso de la misma el día anterior, de manera que el suelo en las materas no llegara al punto de marchitez temporal ni sobrepasara la capacidad de campo.

Las plantas se cosecharon siete meses después de terminar los tratamientos con la sal, momento en el que se determinó: el área foliar mediante un analizador LI-COR® 3000A (LI-COR, USA); la acumulación de fitomasa en hojas, tallos y raíces, mediante el secado de los diferentes órganos a 70°C durante 48 horas; la relación raíz : parte aérea, como el cociente del peso seco de la raíz y de la parte aérea (hojas y tallo); finalmente el peso específico de las hojas expresada como el cociente entre el peso seco de las hojas y el área foliar.

El diseño estadístico usado fue completamente al azar con cuatro replicaciones. Los resultados obtenidos se sometieron a un análisis de varianza clásico para determinar la significancia. La diferencia entre promedios se determinó mediante la prueba de comparación de Tukey. Los análisis estadísticos se realizaron con la versión 11.5 de SPSS®. En los resultados, las figuras se presentan en formato de barras con su respectiva desviación estándar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Área foliar

El área foliar fue severamente afectada por la salinidad. Al respecto hubo diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.05$) de la concentración de NaCl en

el sustrato (figura 1). Los tratamientos con 20; 40; 60 y 80 milimoles de NaCl redujeron el área foliar de las plantas tratadas en valores de 30.1, 37.1, 46.7 y 61.8% respectivamente, en relación con el tratamiento control sin adición de NaCl en el sustrato.

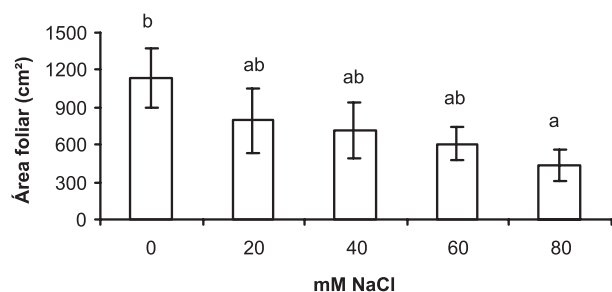


Figura 1: Área foliar en plantas de guayaba (*Psidium guajava* L. cv. Palmira ICA-1) bajo condiciones de estrés salino por NaCl.

Los factores involucrados en el crecimiento de los vegetales deben estar en equilibrio, para que éste no resulte afectado, cuando las plantas se mantienen bajo condiciones de estrés; además, es innegable la importancia del área foliar en el crecimiento, dado que, entre otros, contiene la maquinaria fotosintética y está implicado en el proceso de transpiración. El crecimiento de plantas bajo estrés salino, resulta afectado con la disminución en el área foliar, como se encontró en plantas de *Hibiscus cannabinus*, las cuales mostraron una reducción significativa en la relación de área foliar bajo estrés salino, pero ninguna disminución de la tasa de asimilación neta. Por tanto, el crecimiento en *Hibiscus sp.* bajo estrés salino moderado se ve más afectado por la reducción en el crecimiento y la expansión de la lámina foliar que por la reducción en la capacidad fotosintética (Curtis y Lauchli, 1986). Por otro lado, la expansión de la hoja en especies de *Brassica* es sensible al ácido abscísico (ABA), pero el estrés salino no altera perceptiblemente su sensibilidad al ABA aplicado. La inhibición del crecimiento aumenta de una manera hiperbólica con un aumento en la concentración endógena del ABA (He y Cramer, 1996).

En plantas de *Psidium guajava*, se ha reportado de igual manera, una reducción del área foliar, bajo estrés salino por NaCl (Casierra-Posada *et al.*, 2006). En plantas de guayaba expuestas a 80 mM de NaCl, en el cultivar Cimpa 00196 se redujo el área foliar 39.9% y 54.1% en el cultivar RS 980, en comparación con los controles sin adición de NaCl. Además, se ha reportado que el desarrollo de los primordios foliares es más sensible al estrés salino que la expansión foliar; por otro lado la salinidad puede afectar la expansión de las hojas mediante la reducción de la presión de turgencia y de la extensibilidad de la pared celular (Távora *et al.*, 2001).

Peso seco total

El valor de la variable peso seco total por planta se vio severamente afectado por la salinidad en el sustrato, por tanto, se presentaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre los tratamientos. La

disminución originada por la salinidad sobre el peso seco total de las plantas fue del orden de 16.6, 20.4, 43.1 y 49.4% en comparación con las plantas control, para los tratamientos con 20; 40; 60 y 80 milimoles de NaCl (Figura 2).

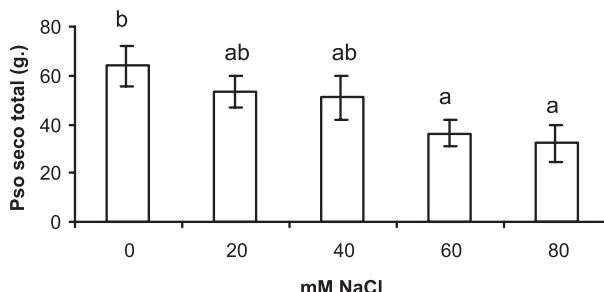


Figura 2: Peso seco total en plantas de guayaba (*Psidium guajava* L. cv. Palmira ICA-1) bajo condiciones de estrés salino por NaCl.

Se ha encontrado que el ácido abscísico (ABA) en plantas bajo condiciones salinas puede desempeñar un papel protagónico en la inhibición del crecimiento. La acumulación de ABA inducida por el estrés salino parece deberse tanto al estrés osmótico como al estrés iónico en las raíces de plantas expuestas a la salinidad (Viswanathan y Zhu, 2003). La fotosíntesis en una especie sensible a la sal (*Brassica carinata*) se redujo con la salinidad, y de igual manera se redujo el crecimiento. Sin embargo, la disminución en la fotosíntesis no parece ser la causa de la reducción del crecimiento, dado que la fotosíntesis no se inhibió por la exposición a corto plazo a la salinidad y la fotosíntesis presentó una correlación escasa con concentraciones endógenas de ABA (He y Cramer, 1996).

Peso específico de las hojas

Los valores de la variable peso específico de las hojas de las plantas expuestas a la salinidad se redujeron en 8.3, 23.3, 27.6 y 27.5% respectivamente, para las plantas expuestas a 20; 40; 60 y 80 milimoles de NaCl en el sustrato (Figura 3). Al respecto hubo diferencia altamente significativa ($P < 0.01$).

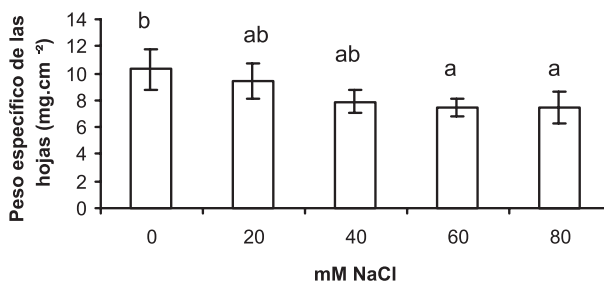


Figura 3: Peso específico de las hojas en plantas de guayaba (*Psidium guajava* L. cv. Palmira ICA-1) bajo condiciones de estrés salino por NaCl.

A pesar de que no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en cuanto al peso específico de las hojas en un ensayo realizado con los cultivares de guayaba RS 980 y CIMPA 00196, se observó un ligero incremento en el peso específico de las hojas proporcional a la concentración de NaCl en el sustrato, en el cultivar RS 980, mientras que en CIMPA 00196 sucedió lo contrario, con el incremento de la salinidad en el sustrato, las hojas fueron menos pesadas (Casierra-Posada *et al.*, 2006). Las modificaciones inducidas por la salinidad en el peso específico de las hojas se han interpretado con base en la acumulación de osmoprotectantes en las hojas, que incrementan su peso específico o como un adelgazamiento de las hojas que lo reducen.

La acumulación de osmorreguladores e iones en las hojas es una respuesta adaptativa de las plantas a altas concentraciones de sal en el medio. A través de este mecanismo, las plantas pueden hacer la regulación osmótica (Casierra-Posada y Rodríguez, 2006). El fenómeno de la osmorregulación se ha observado en hojas (Westgate y Boyer, 1985), frutos (Dubey, 1997), ramas y raíces (Yakushiya *et al.*, 1996), es así como en muchos de las plantas evaluadas en condiciones de salinidad, se ha encontrado una relación directamente proporcional entre el peso específico de las hojas y la concentración de sales en el sustrato (Casierra-Posada y Rodríguez, 2006; Casierra-Posada y Hernández, 2006; Casierra-Posada y García, 2005), por el contrario, en algunos casos se ha encontrado que el peso específico de las hojas se reduce a niveles crecientes de NaCl en el sustrato (Ewe y Sternberg, 2005; Syeed y Khan, 2004), lo que puede indicar que la salinidad induce la formación de hojas delgadas, además, es posible que en condiciones de salinidad, se acumule menor cantidad de asimilados en las hojas, como consecuencia de una tasa reducida de fotosíntesis en respuesta a la acumulación de Na⁺ y Cl⁻ en las hojas, pues se ha encontrado que el aumento en niveles de iones Na⁺ y Cl⁻ en las hojas se debe a la salida pasiva de iones en las membranas para lograr el ajuste osmótico (Syeed y Khan, 2004). Los resultados del presente ensayo, así como los reportados anteriormente en guayabo (Casierra-Posada *et al.*, 2006) indican que la respuesta de las plantas de *Psidium guajava* a la salinidad en lo relacionado con el peso específico de las hojas tiene un fuerte componente varietal, como había sido reportado por otros investigadores (Ewe y Sternberg, 2005; Casierra-Posada y García, 2005; Syeed y Khan, 2004).

Relación raíz : parte aérea

La relación raíz : parte aérea en las plantas tratadas con NaCl en el sustrato, no produjo diferencias significativas, a pesar de lo cual se observa un incremento de 7.5, 11.2, 16.2 y 26.2% respectivamente, en relación con las plantas control, para esta relación

en plantas expuestas a 20; 40; 60 y 80 milimoles de NaCl (Figura 4).

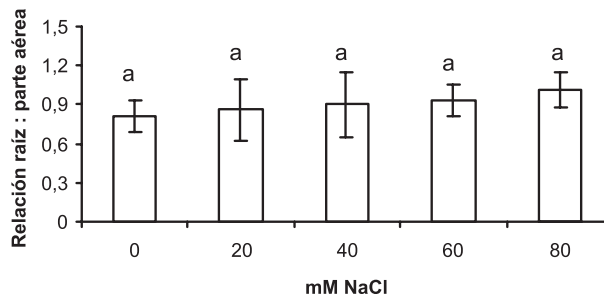


Figura 4: Relación raíz : parte aérea en plantas de guayaba (*Psidium guajava* L. cv. Palmira ICA-1) bajo condiciones de estrés salino por NaCl.

Se ha reportado que en cuanto al valor de la relación raíz : parte aérea en cultivares de *Psidium guajava*, no se presentaron diferencias significativas de acuerdo con los factores concentración de NaCl en el sustrato, ni cultivar, a pesar de lo cual, el cultivar Cimpa 00196 mostró una tendencia al incremento de 13.0 y 16.0% de esta relación, con respecto a los controles, a concentraciones de 60 y 80 mM de NaCl en el sustrato, mientras que el cultivar RS 980 no mostró una tendencia clara, en cuanto a esta variable dependiente (Casierra-Posada *et al.*, 2006).

La relación raíz : brote es un factor dependiente de la distribución de los fotoasimilados, que pueden estar influenciados por los estímulos ambientales como la exposición de la parte aérea al CO₂, entre otros (Rogers *et al.*, 1996). Además, esta relación depende también de la capacidad del vegetal para modificar la distribución de materia seca, de manera que esta alteración le permita tolerar las condiciones adversas en que se desarrolla. En cuanto a esta variable, se ha encontrado que el valor de esta relación se incrementa ligeramente en proporción a la salinidad en el sustrato (Gonçalves *et al.*, 2001; Casierra-Posada y Hernández, 2006), lo que significa que se sacrifica la acumulación de biomasa en los órganos aéreos a favor de su depósito en las raíces, con lo cual, la planta podría explorar un mayor volumen de suelo hasta encontrar horizontes con menor acumulación de sales, como sucedió en el presente ensayo, en donde el valor de la relación en mención se alteró muy poco y mostró una tendencia al incremento.

Distribución de materia seca

En lo relacionado con la asignación de materia seca a las raíces, tallos y hojas, no se presentaron diferencias significativas; a pesar de lo cual, se observó un incremento leve en la materia seca acumulada en las raíces, en el orden de 2.6, 4.4, 8.0 y 10.8% en comparación con los controles, en las plantas tratadas con 20; 40; 60 y 80 milimoles de la sal. De igual manera, el

contenido de materia seca en los tallos se incrementó proporcionalmente con la salinidad en el sustrato, en una cantidad de 8.3, 11.7, 5.6 y 8.5% en comparación con las plantas control, respectivamente, para los tratamientos mencionados. Por el contrario, la salinidad indujo una reducción en la cantidad de materia seca asignada a las hojas, en el orden de 23.6, 36.5, 31.5 y 43.65% con respecto a las plantas no tratadas, respectivamente para los mismos tratamientos ya mencionados (Figura 5).

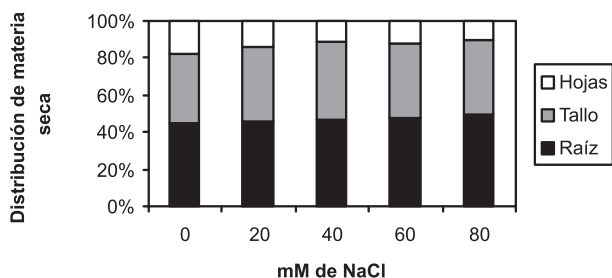


Figura 5: Distribución de materia seca en plantas de guayaba (*Psidium guajava* L. cv. Palmira ICA-1) bajo condiciones de estrés salino por NaCl.

Como se discutió con anterioridad, la salinidad induce modificación del patrón de asignación de fitomasa en los diferentes órganos, con lo cual se altera levemente la relación raíz : parte aérea. Esto sucede básicamente por el desbalance en la cantidad de fitomasa asignada a las hojas y a las raíces. En el presente ensayo, la fitomasa acumulada en hojas se reduce con la salinidad, mientras que en las raíces y tallos sucede lo contrario. Una posible causa de la reducción del crecimiento en *Psidium guajava*, es la disminución de la fotosíntesis en condiciones de salinidad, debida a la reducción en el contenido de clorofilas causado por deficiencia de magnesio (Ali-Dinar *et al.*, 1999), resultante del exceso en la toma y acumulación de Na^+ , cuya concentración incrementa la relación Na/Mg en las hojas (Casierra-Posada *et al.*, 2000a; Casierra-Posada *et al.*, 2000b). A pesar de las ligeras modificaciones en la distribución de fitomasa en los diferentes órganos, se observa un patrón de distribución relativamente estable, lo cual es un índice de que las plantas de este cultivar presentan tolerancia moderada a los niveles de salinidad probados.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece al equipo de investigadores de Corpoica-Cimpa, y en especial al ingeniero Raúl Gómez por su colaboración.

Este estudio fue desarrollado con el apoyo de la

Dirección de Investigaciones (DIN) de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, en el marco del plan de trabajo del grupo de investigación Ecofisiología Vegetal, adscrito al programa de Ingeniería Agronómica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ali- Dinar H.M., Ebert G., Lüdders P. 1999. Growth, chlorophyll content, photosynthesis and water relations in guava (*Psidium guajava* L.) under salinity and different nitrogen supply. *Gartenbauwissenschaft* 64, 54-59.

Al-Yassin A. 2004. Influence of salinity on citrus: a review paper. *J. Cent. Eur. Agric.* 5, 263-271.

Boman B.J. 1993. First-year response of 'Ruby Red' grapefruit on four rootstocks to fertilization and salinity. *P. Fl. St. Hortic. Soc.* 106, 12-18.

Carter J. L., Colmer T. D. Y Veneklaas E. J. 2006. Variable tolerance of wetland tree species to combined salinity and waterlogging is related to regulation of ion uptake and production of organic solutes. *New Phytol.* 169,123-33.

Casierra-Posada F., Ebert G., Lüdders P. 2000a. Efecto de la salinidad por cloruro de sodio sobre el balance de nutrientes en plantas de lulo (*Solanum quitoense*). *Agronomía Colombiana* 17(1-3), 85-90.

Casierra-Posada F., Ebert G.; Lüdders P. 2000b. Acumulación y distribución de iones en tejidos de lulo (*Solanum quitoense*) en condiciones de salinidad por NaCl. En: GIRALDO C., M.J. (ed) Memorias del 3er seminario de frutales de clima frío moderado. Manizales. pp. 76-80.

Casierra-Posada F., García N. 2005. Crecimiento y distribución de materia seca en cultivares de fresa (*Fragaria sp.*) bajo estrés salino. *Agronomía Colombiana* 23(1), 83-89.

Casierra-Posada F., Hernández H. L. 2006. Evapotranspiración y distribución de materia seca en plantas de mora (*Rubus sp.*) bajo estrés salino. *Revista U.D.C.A. Actualidad y Divulgación Científica* 9 (1), 85-95.

Casierra-Posada F., Dotor B. A. y Gonzalez, L. A. 2006. Efecto de la salinidad en la eficiencia en el uso del agua y la producción de materia seca en guayabo. *Acta Agronómica* 55(3), 23-32.

- Casierra-Posada F., Rodríguez S. Y. 2006. Tolerancia de plantas de Feijoa (*Acca sellowiana* (Berg.) Burret) a la salinidad por NaCl. *Agronomía Colombiana* (En prensa)
- Cavalcante L. F., Cavalcante I. H. L., Pereira K. S. N., Oliveira F. A., Gondim S. C. Y Araújo F. A. R. 2005. Germination and initial growth of guava plant plants irrigated with saline water. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 9(4), 515-519.
- Cerda A., Nieves M. y Guillén M. G. 1990. Salt tolerance of lemon trees as affected by rootstock. *Irrig. Sci.* 11, 245-249.
- Curtis P. S. y Lauchli A. 1986. The role of leaf area development and photosynthetic capacity in determining growth of kenaf under moderate salt stress. *Aust. J. Plant Physiol.* 13(4), 553-565.
- Dasberg S., Bielora H., Haimowitz A., y Erner Y. 1991. The effect of saline irrigation water on "Shamouti" orange trees. *Irrig. Sci.* 12, 205-211.
- Dubey R. S. 1997. Photosynthesis in plants under stressful conditions. En: *Handbook of Photosynthesis* (Ed. Pessaraki M). Marcel Dekker, New York, pp. 859-875. 15. Flowers, T.J., P.F., Troke y A.R., Yeo, 1977. The mechanism of salt tolerance in halophytes. *Annu. Rev. Plant Phys.* 28, 89-121.
- Ewe S. M. L., Sternberg L. Da S.L 2005. Growth and gas exchange responses of Brazilian pepper (*Schinus terebinthifolius*) and native South Florida species to salinity. *Trees* 19, 119-128
- Flowers T. J., Troke P. F. Y Yeo A. R. 1977. The mechanism of salt tolerance in halophytes. *Annu. Rev. Plant Phys.* 28: 89-121.
- Fondo Nacional de Fomento Hortofrutícola. 2003. Frutas y hortalizas de Colombia para el mundo [online]. Disponible en internet: http://www.frutasyhortalizas.com.co/portal/Business/product_view.php (Consulta: junio de 2006)
- Foyer C. H., Valadier M. H., Migge A. Y Becker T. W. 1998. Drought induced effects on nitrate reductase activity and mRNA and on the coordination of nitrogen and carbon metabolism in maize leaves. *Plant Physiol.* 117, 283-292.
- Gonçalves F. R., Fernández F. J. A. Y Ferreyra F. F. 2001. Distribuição da matéria seca e composição química das raízes, caule e folhas de goiabeira submetida a estresse salino. *Pesqui. Agropecu. Bras.*, Brasília, 36, 79-88.
- He T. y Cramer G. R. 1996. Abscisic acid concentrations are correlated with leaf area reductions in two salt-stressed rapid-cycling *Brassica* species. *Plant Soil* 179(1), 25 - 33
- Hebers K. y Sonnewald V. 1998. Altered gene expression brought about by inter and pathogen interactions. *J. Plant Res.* 111, 323-328.
- Hurry V. M., Strand A., Tobiaeson M., Gardstrom P. y G. Öquist. 1995. Cold hardening of spring and winter wheat and rape results in differential effects on growth, carbon metabolism and carbohydrate content. *Plant Physiol.* 109, 697-706.
- Lozano J. C., Toro J. C., García R. y Tafur R. 2002. Manual sobre el cultivo del guayabo en Colombia. Litografía Lavalle. Cali / Colombia. pp 71-83
- Maas E. V. 1990. Crop salt-tolerance. En: *Agricultural salinity assessment and management*. Tanji K. K., Ed. Amer. Soc. Civil Eng. Manuals and reports on Engineering. No. 71, ASAC, New York. 262- 304.
- Malo S. E. y Campbell C. W. 1994. La guayaba. Documento HS-4. Departamento de Ciencias Hortícolas, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. 3 p.
- Meyer R. F. y Boyer J. S., 1981. Osmoregulation, solute distribution and growth in soybean seedlings having low water potentials. *Planta* 151, 482-489.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2004. Plan de acción nacional de lucha contra la desertificación y la sequía en Colombia - PAN. MAVDT, Dirección de Ecosistemas. pp. 33. [online]. Disponible en internet en: http://www.minambiente.gov.co/viceministerios/ambiente/dir_ecosistemas/2.%20Ordenacion%20manejo%20y%20restauracion/Zonas%20secas/Plan%20Nacional%20Des/Plan%20de%20Acci%C3%B3n%20Nacional%20de%20Lucha%20Contra%20la%20Desertificaci%C3%B3n.pdf. Consulta: noviembre de 2006.
- Morgan J. M. 1984. Osmoregulation and water stress in higher plants. *Annu. Rev. Plant Phys.* 35, 299-319.
- Munns R., James R. A. y Läuchli A. 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *J. Exp. Bot.* 57, 1025-1043.

- Patiño R. V. M. 2002. Historia y dispersión de los frutales nativos del neotrópico. CIAT-Colombia. pp. 191-198.
- Rogers, H. H.; Prior, S. A.; Runion, G. B. Y Mitchell R. J. 1996. Root to shoot ratio of crops as influenced by CO₂. Plant Soil 187(2), 229-248.
- Shannon M. 1992. The effects of salinity on cellular and biochemical processes associated with salt tolerance in tropical plants. Proceedings Plant Stress in Tropical Environments: 56-63.
- Syed S.; Khan N. A. 2004. Activities of carbonic anhydrase, catalase and ACC oxidase of mung bean (*Vigna radiata*) are differentially affected by salinity stress. Food Agr. Environ. 2(2), 241-249.
- Taha M. W., El-Azab E. y Fadih Z. 1972a. Ionic leaf accumulation in grapes, guava and olive plants as affected by the salinity of irrigation water. Alex. J. Agric. Res. 20, 299-309.
- Taha M. W., El-Azab E. Y Fadih Z. 1972b. Salt tolerance of grape, guava and olive plants. Alex. J. Agric. Res. 20, 123-135.
- Távora F.J.A.F., Ferreira R.G. y Hernández F.F.F. 2001. Crescimento y relações hídricas em plantas de goiabeira submetidas a estresse salino com NaCl. Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal, 23(2), 441-446.
- Viswanathan C. y Zhu J-K. 2003. Plant salt tolerance. En: Plant responses to abiotic stress, Hirt H. y Shinozaki K. editores. Top. Curr. Genet. Vol 4. Springer-Verlag, Berlin. pp. 241-270
- Wahid A. y Ghazanfar A. 2006. Possible involvement of some secondary metabolites in salt tolerance of sugarcane. J. Plant Physiol. 163,723-30.
- Walker R.R., Kriedemann P. E. y Maggs D.H. 1997. Growth, leaf physiology and fruit development in salt-stressed guavas. Aust. J. Agr. Res. 30, 477 – 488.
- Westgate M.E. y Boyer J.S. 1985. Osmotic adjustment and the inhibition of leaf, root, stem and silk growth at lower potentials in maize. Planta 164: 540-549.
- Yakushiji H., Nonami H., Fukuyama T., Ono S. y Hashimoto Y. 1996. Sugar accumulation enhanced by osmoregulation in *Satsuma mandarin* fruit. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 121, 466-472.