

Efecto de la salinidad en *Aloe vera* y *Opuntia ficus-indica*: plantas CAM de interés comercial

Salinity effect on *Aloe vera* and *Opuntia ficus-indica*: CAM plant of commercial interest

J. Véliz¹, V. Franco-Salazar y M. García

Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre, Escuela de Ciencias. Departamento de Biología y Postgrado en Biología Aplicada. Laboratorio de Fisiología Vegetal. Apartado Postal 245, Cumaná 6101, Venezuela.

Resumen

Se estudió el efecto del NaCl en *Aloe vera* y *Opuntia ficus-indica* cultivadas hidropónicamente. Para ello, las plantas se cultivaron a concentraciones de NaCl de 0; 50; 100; 150 mol m⁻³ y se determinó la variación temporal (0, 30, 60 y 75 días) del volumen de órganos aéreos y el contenido de Na⁺, K⁺ y Cl⁻ al final del experimento. En ambas especies el volumen disminuyó con el aumento de la salinidad, siendo más afectada *A. vera*. Los contenidos de Na⁺ y Cl⁻ se incrementaron (>10 y > 50%, respectivamente) a partir de 50 mol.m⁻³ y el contenido de K⁺ sólo se redujo (>45%) en *A. vera*. Los resultados demostraron que *O. ficus-indica* tiene mecanismos más efectivos que *A. vera* para aliviar los efectos del estrés salino.

Palabras clave: salinidad, *Aloe*, *Opuntia*, volumen, iones.

Abstract

The effect of NaCl on *Aloe vera* and *Opuntia ficus-indica* cultured hydroponically was studied. Plants were cultivated at NaCl concentrations of 0; 50; 100; and 150 mol m⁻³ to determine temporal changes (0, 30, 60, and 75 days) in the volume of aerial organs and Na⁺, K⁺ y Cl⁻ content at the end of the experiment. Both species showed a reduction in volume with respect to salinity but the effect on *A. vera* was more marked. Content of Na⁺ and Cl⁻ increased (>10 and >50%, respectively) in plants cultured at salinities \geq 50 mol.m⁻³ and the K⁺ content only decreased (>45%), in *A. vera*. Results showed that *O. ficus-indica* has more effective mechanisms than *A. vera* to ameliorate salinity stress.

Introducción

La productividad vegetal puede verse afectada por los altos niveles de sales de sodio, calcio y magnesio que pueden presentar los suelos, producto de la misma falta de agua y del mal drenaje. Tales salinidades afectan los potenciales hídricos del suelo, pH y actividad microbiana, pudiéndose observar que el crecimiento (entre otros parámetros) de glicófitas disminuye cuando el contenido de sal del suelo excede aproximadamente el 0,1 % (1).

Existen plantas cultivables que pueden ser económicamente rentables para las zonas costeras áridas y semiáridas venezolanas, ya que poseen adaptaciones a la sequía, tales como el metabolismo ácido de Crasulácea (CAM) y alta eficiencia en el uso del agua; además de propagarse vegetativamente y poseer alta produc-

tividad cuando se emplean prácticas agronómicas apropiadas. Sin embargo, estas plantas también pueden verse afectada por la salinidad: en el caso particular de *O. ficus-indica*, concentraciones bajas de NaCl redujeron el crecimiento y se restringió la acumulación de Na⁺ en los cladodios cuando se incrementó la salinidad (5).

Teniendo en cuenta la alta productividad y rentabilidad de *Aloe vera* y *Opuntia ficus-indica*, es necesario realizar estudios detallados sobre la influencia de la salinidad en su fisiología para un mejor manejo en tales ambientes. El objetivo de este trabajo fue estudiar, hidropónicamente, el efecto del cloruro de sodio (NaCl) sobre el volumen de órganos aéreos y la acumulación de Na⁺, K⁺ y Cl⁻.

Materiales y métodos

Para el ensayo de tolerancia a la salinidad se seleccionaron hijuelos de *Aloe vera* y cladodios de *Opuntia ficus-indica*. Las plantas se preaclimataron cultivándolas en envases que contenían 2 litros de solución nutritiva Hoaglands, con aireación continua. Se aplicaron 4 tratamientos: 0; 50; 100; 150 mol.m⁻³ de NaCl partiendo de una concentración 50 mol.m⁻³ de NaCl que se incrementó cada dos días hasta alcanzar 150 mol.m⁻³ de NaCl. El diseño estadístico del ensayo fue de bloques al azar con 5 repeticiones. La duración del experimento fue de 75 días después del establecimiento de las concentraciones salinas finales.

Durante el experimento (0, 30, 60 y 75 días) se determinó el volumen total de hojas de *A. vera* mediante la fórmula $V = (L/12) \cdot \pi \cdot E \cdot A$ y de cladodios de *O. ficus-indica* mediante la fórmula $V = (\pi \cdot L \cdot E \cdot A)/6$; donde L es la longitud, E el espesor y A el ancho. Al final del experimento las plantas se cosecharon y la parte aérea se usó para la determinación de Na⁺, K⁺ y Cl⁻ mediante la metodología de Chapman y Pratt (2). Los datos se analizaron mediante el paquete estadístico STATGRAPHICS plus 4,1 (7) con prueba *a posteriori* Student-Newman-Keuls (SNK), a un nivel de significancia $\alpha=0,05$.

Resultados y discusión

Durante el experimento, para ambas especies el volumen de órganos aéreos disminuyó ($P < 0,05$) con el aumento de la salinidad. En *O. ficus-indica* los máximos se alcanzaron a los 75 días en todos los tratamientos y el incremento del volumen fue progresivo, excepto para los 30 días, a la mayor salinidad, donde hubo un ligero descenso; sin embargo, en *A. vera* el aumento del volumen de órganos aéreos solo fue progresivo a los 0 y 50 mol.m⁻³ de NaCl con máximos a los 75 días, pero el volumen de las plantas tratadas con 100 y 150 mol.m⁻³ de NaCl fue menor a los 30, 60 y 75 días que al inicio (figura 1).

El contenido de Na⁺ en ambas plantas se incremento ($P < 0,05$) con el aumento de la salinidad, con máximos a 100 y 150 mol.m⁻³ de NaCl, para *Aloe vera*; mientras que, para *O. ficus-indica* el máximo se alcanzó a 150 mol.m⁻³ de NaCl. El contenido de K⁺ fue mayor en las plantas de *A. vera* cultivadas en ausencia de NaCl, pero en los tratamientos salinos este parámetro se redujo casi en un 50 %. En *O. ficus-indica* no se observaron diferencias significativas de este ión. En ambas especies, el contenido de Cl⁻ fue mayor en los tratamientos salinos cuando se comparó con el no salino (figura 2).

La salinidad y el tiempo tuvieron efectos significativos sobre el volumen de los órganos aéreos de las dos plantas estudiadas (figura 1). Aún cuando el CAM es una adaptación al estrés hídrico más no a la salinidad (4) se observó, en general, que bajo

estrés salino las plantas estudiadas respondieron de manera similar a un estrés por sequía. Al nivel más bajo (50 mol.m⁻³ de NaCl) ambas especies presentaron comportamientos parecidos, pero a niveles altos de sal ocurrieron diversas respuestas, observándose que *O. ficus-indica* tiene mejores estrategias para aumentar el volumen.

Los resultados indican que *O. ficus-indica*, bajo estrés por NaCl, posee mecanismos efectivos para mantener una concentración invariable de Cl⁻ y niveles apropiados de iones esenciales como K⁺, pero permite la entrada de Na⁺ en la medida que aumenta la salinidad. *A. vera* mostró una tendencia similar en cuanto a los mecanismos que mantienen los niveles Cl⁻ invariables, pero a diferencia de *O. ficus-indica*, los mecanismo que restringen la entrada del Na⁺ funcionaron a partir de 100 mol.m⁻³ de NaCl y hubo restricción en la absorción de iones esenciales (K⁺) bajo el estrés impuesto. Es probable que la restricción en la absorción de K⁺ se deba a que hubo competencia de dicho ion (al nivel de los sistemas proteicos transportadores de K⁺) con el Na⁺ (6). La entrada de iones tóxicos (Na⁺ y Cl⁻) posiblemente sea la causa de la marcada disminución del volumen en *A. vera*, pues al entrar altos niveles de esos iones a la planta imposibilitan las funciones celulares, entre ellas el mantenimiento de la turgencia; sin embargo, en *O. ficus-indica* la tendencia al aumento del volumen en todas las salinidades indican que las funciones celulares fue-

ron atenuadas por el mantenimiento en los niveles de K^+ o por la acumulación de metabolitos orgánicos (3). Estos resultados demuestran que *O. ficus-indica* tiene mecanismos más

efectivos que *A. vera* para aliviar los efectos del estrés salino, lo que podría posibilitar su manejo, con técnicas apropiadas, en las zonas áridas y semiáridas venezolanas.

Salinidad ♦ 0 ● 50 ■ 100 + 150 mol.m⁻³

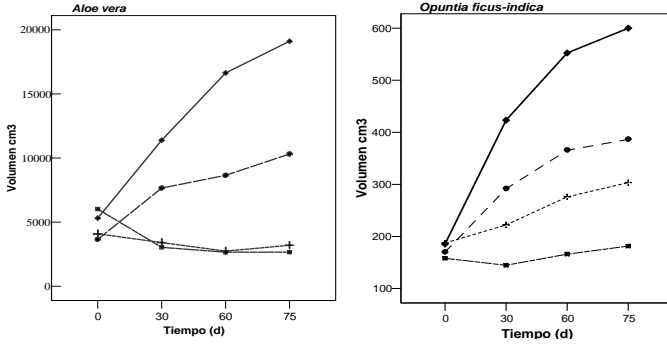


Figura 1. Variación temporal del volumen de órganos aéreos en plantas de *Aloe vera* y *Opuntia ficus-indica* cultivadas a distintas concentraciones de NaCl (mol.m⁻³).

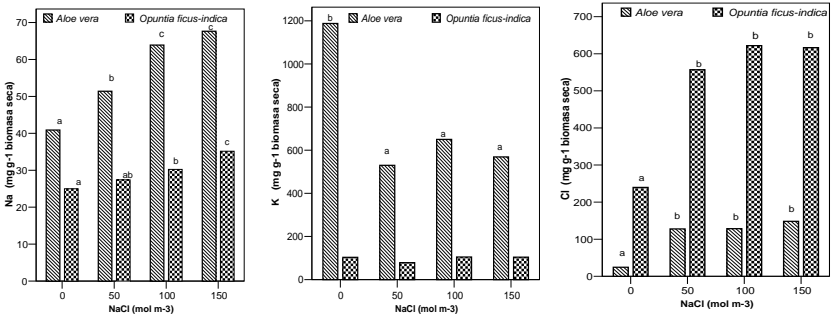


Figura 2. Efecto de la salinidad sobre el contenido de Na⁺, K⁺ y Cl⁻ en *Aloe vera* y *Opuntia ficus-indica*. Las letras indican una diferencia (P<0,05) debido al tratamiento, según SNK.

Conclusiones

La salinidad afectó negativamente el volumen de los órganos aéreos de *A. vera* y *O. ficus-indica*, aun-

que en esta última este parámetro se incrementó aún a la salinidad más alta. En ambas plantas se incrementó

el contenido de los iones Na^+ y Cl^- . El contenido de K^+ disminuyó en *A. vera* pero no en *O. ficus indica*. Estos resultados demuestran que *O. ficus-in-*

dica tiene mecanismos más efectivos que *A. vera* para aliviar los efectos del estrés salino.

Literatura citada

1. Agboola, D. 1998. Effect of saline solutions and salt stress on seed germination of some tropical forest tree species. *Rev. Biol. Trop.* 46 (4): 1109-1115.
2. Chapman, H.P. y P.F. Pratt. 1973. Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas. Ed. Trillas. México. 195 pp.
3. Franco-Salazar, V. y J.A. Véliz. 2007. Respuestas de la tuna [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.] al NaCl. *Interciencia.* 32 (2): 125-130.
4. Lüttge, U. 2004. Ecophysiology of crassulacean acid metabolism (CAM). *Ann. Bot.* 93: 629-652.
5. Nerd, A., A. Karadi y Y. Mizrahi. 1991. Salt tolerance of prickly pear cactus (*Opuntia ficus-indica*). *Plant Soil.* 137: 201-207.
6. Niu, X., R. Bressan, P. Hasegawa y J. Pardo. 1995. Ion homeostasis in NaCl stress environments. *Plant Physiol.* 109: 735-742.
7. Statical Graphics Corp. 1994-1999. Stat Graphics plus for windows 4,1.