

EFFECTO DEL ESTRÉS POR NaCl EN EL CRECIMIENTO Y LAS RELACIONES HÍDRICAS EN PLANTAS DE TOMATE (*SOLANUM LYCOPERSICUM* L.) DURANTE EL PERÍODO VEGETATIVO.

Morales, Guevara Donaldo¹. , Rodríguez Hernández, Pedro¹. , Dell'Amico Rodríguez, José¹. , Torrecillas Melendreras, Arturo² y Sánchez-Blanco, María de Jesús ².

1 Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), La Habana, Cuba.

2 Departamento de Riego y Salinidad, Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (CEBAS), Murcia, España.

e-mail: dmorales@inca.edu.cu

Introducción

La salinidad es un estrés abiótico complejo que simultáneamente presenta componentes osmóticos e iónicos (1). Por ello, una concentración elevada de sales en el medio radical afecta negativamente el desarrollo de la planta, debido fundamentalmente a los efectos hiperosmóticos e hiperiónicos del estrés (2).

El estrés salino altera las relaciones hídricas de las plantas a través del estrés osmótico e hídrico, en respuesta a esto, las plantas desarrollan el ajuste osmótico y el déficit hídrico mantiene una suficiente turgencia para permitir el crecimiento, transporte, acumulación y compartimentación de los iones inorgánicos y los solutos orgánicos en las células de las plantas superiores (3).

El estudio de la tolerancia a la salinidad es en extremo complicado y el intento de solucionar o al menos mitigar los efectos perjudiciales de las sales, incluye el estudio de cómo éstas afectan los procesos fisiológicos, bioquímicos y moleculares del metabolismo de las plantas, así como de los diferentes mecanismos que las plantas ponen en marcha para defenderse del estrés (4).

Lo anteriormente expuesto, conllevó a la realización de este trabajo cuyo objetivo principal estuvo dirigido a determinar el efecto que la salinidad provocada por el NaCl ejerce en el crecimiento, la conductancia estomática, la transpiración, la conductividad hidráulica de las raíces y los potenciales hídrico, osmótico, de presión y osmótico a máxima saturación en plantas del cultivar cubano de tomate Amalia durante el período vegetativo.

2. Materiales y métodos.

2.1 Material vegetal y tratamientos

Las plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L. Cv. *Amalia*) crecieron en macetas de 0.5 l con arena de sílice lavada colocadas en bandejas las que se introdujeron en una cámara de crecimiento con un fotoperíodo de 13 h, una radiación fotosintéticamente activa de 380 μ mol m⁻² s⁻¹, una temperatura día /noche de 25/18 °C y una humedad relativa día /noche de % 60/70 %.

Todas las bandejas fueron mantenidas en una solución nutritiva de Hoagland a partir de las dos semanas posteriores a la siembra, cuando las plantas emitieron la octava hoja se sometieron a los siguientes tratamientos: control en el que a la solución nutritiva no se le adicionó NaCl y tres tratamientos salinos en los que la solución nutritiva contó con 50, 100 y 200 mM de NaCl durante 264 horas. Una vez transcurrido este período, todas las plantas se colocaron por un lapso de tiempo similar en solución nutritiva sin cloruro de sodio con el objetivo de evaluar su posible recuperación.

El diseño utilizado fue el de bloques completamente aleatorizados con cuatro repeticiones.

2.2 Mediciones

Las masas secas de raíces, tallos y hojas fueron medidas al comienzo y al final del período experimental.

La conductancia foliar en la superficie abaxial de la hoja (g_l), el potencial (ψ_l) antes del amanecer, el potencial osmótico (ψ_s), el potencial de presión (ψ_p), el potencial osmótico a plena turgencia y la conductividad hidráulica de la raíz fueron medidos a las 24, 48, 120 y 264 horas durante el período experimental y cuando finalizó el período de recuperación.

La conductancia foliar (g_l) se midió con un porómetro de estado estacionario (LI-COR, Inc., Lincoln NE, USA). El potencial hídrico foliar (ψ_l) fue medido con una cámara de presión (Soil Moisture Equipment Co, Santa Barbara, CA).

Las hojas utilizadas para medir el ψ_l se congelaron en nitrógeno líquido, después se descongelaron y se les determinó el potencial osmótico (ψ_s) con el empleo de un osmómetro de presión de vapor (Wescor Inc. Logan, UT). El potencial de presión (ψ_p) se estimó por la diferencia entre el ψ_l y el ψ_s .

El potencial osmótico a pleno turgor fue medido de la misma forma que el potencial osmótico, pero en este caso las hojas fueron saturadas en agua destilada durante 24 horas, antes de ser congeladas.

Para medir la conductividad hidráulica de las raíces, las plantas fueron cortadas al nivel del cuello de la raíz, extraídas de las macetas y lavado cuidadosamente su sistema radical. Posteriormente se colocaron en un recipiente con solución nutritiva de Hoagland e introducidas en la cámara de presión quedando hacia el exterior una parte del tallo en el que se ajustó un pequeño tramo de manguera tipo capilar. A partir de ese momento se comenzó a incrementar la presión dentro de la cámara hasta que se obtuvo un flujo constante, a partir de entonces esta se fue incrementando a una tasa de 0.4 MPa min^{-1} hasta alcanzar una presión final de 1 MPa. A cada planta se les extrajeron tres exudados, midiéndose el volumen extraído cada 3 min. La conductividad hidráulica de la raíz se calculó usando la fórmula:

$$L_p = J / (P \times L),$$

Donde L_p es expresada en $\text{mg m}^{-1} \text{ s}^{-1} \text{ MPa}^{-1}$, P es la presión hidrostática aplicada (MPa), L es el largo de la raíz (m) y J es la tasa de flujo de agua a través de todo el sistema radical (mg s^{-1}).

Las tasas relativas de crecimiento de la raíz, el tallo y de las hojas y de la planta (RGR) fueron estimados usando la fórmula:

$$RGR = (\ln Md_2 - \ln Md_1) \Delta t$$

Donde RGR está expresado $g\ g\ d^{-1}$, $\ln Md_1$ y $\ln Md_2$ son el logaritmo neperiano de la masa seca (g) al comienzo y al finalizar el período experimental y Δt es el tiempo (días) transcurridos entre el comienzo y el final del estudio.

Resultados y discusión

La Tasa Relativa de Crecimiento, al finalizar los períodos de estrés y recuperación (figura 1), presentó un decrecimiento significativo al aumentar la concentración salina en el medio, aunque las mayores diferencias se encontraron entre el tratamiento salino más elevado y los restantes. Se pudo observar, además, que en el caso de la raíz aún cuando los valores obtenidos distan unos de otros, sobre todo entre los dos tratamientos extremos, los que contaron con niveles salinos intermedios entre el Control y el de salinidad más elevada, las diferencias no fueron estadísticamente significativas respecto al control, pero si lo fueron con el tratamiento más salinizado, comportamiento que puede deberse al deterioro que se produce en el sistema radical de las plantas expuestas a la sal, originando una gran heterogeneidad en las mismas y, por consiguiente, un elevado Error standart que hace que no se detecten esas diferencias desde el punto de vista matemático.

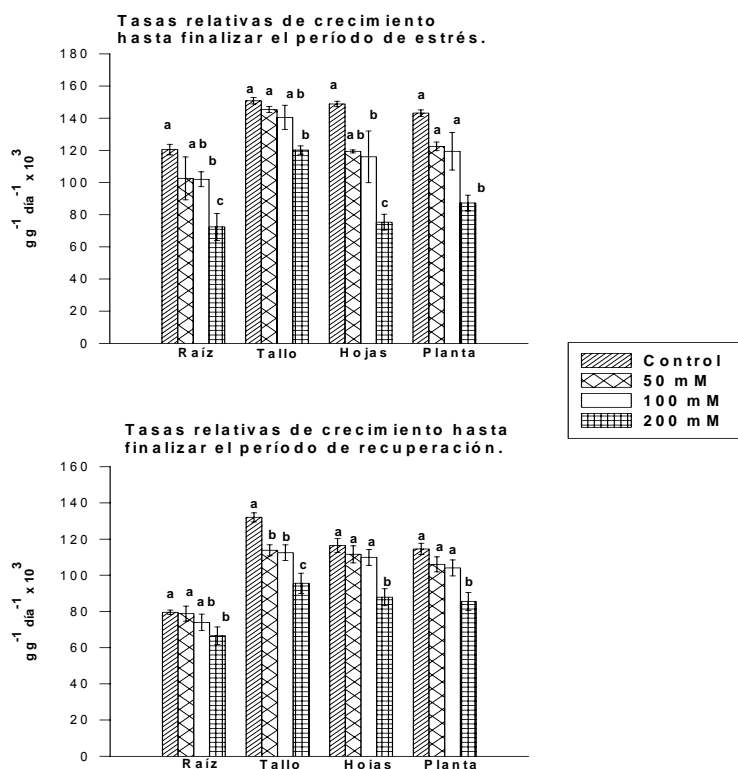
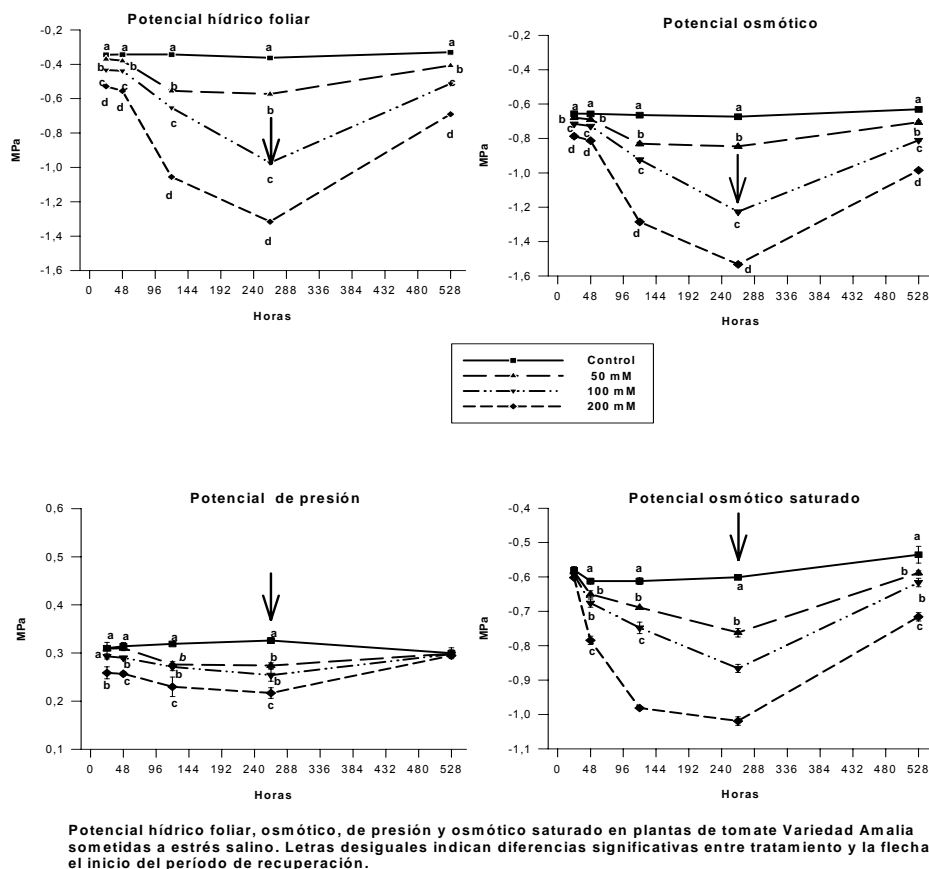


Figura 1. Tasas relativas de crecimiento de raíz, tallo, hojas y total en plantas de tomate sometidas a estrés salino.

Por otra parte, al valorar esta variable al concluir el período de recuperación, se encontró que sólo el tallo no logró equiparar los valores de los dos tratamientos intermedios con los del control, mientras que el tratamiento con mayor contenido salino en el medio, no logró

equiparar sus valores con los demás tratamientos. De igual forma, el tallo fue el órgano en el que las afectaciones por la salinidad no fueron reversibles.



Como se aprecia en la figura 2, el potencial hídrico foliar y el osmótico se diferenciaron entre los distintos tratamientos empleados desde las 24 horas de aplicados y, aunque al concluir el período de recuperación mostraron tendencia a incrementarse, no lograron recuperarse.

En el caso del potencial de presión, se observó que la turgencia a las 24 horas de aplicados los tratamientos sólo descendió significativamente en la variante con mayor contenido de NaCl y estos mismos tratamientos presentaron valores semejantes al concluir la fase de recuperación. Se destaca, así mismo, el hecho de que esta variable haya presentado un comportamiento similar en los niveles de 50 y 100 mM de NaCl en la solución durante casi todo el período experimental.

Es interesante señalar como el potencial osmótico saturado al cabo de las 24 horas de aplicado el estrés no mostró diferencias entre los tratamientos corroborando, de esta forma, los resultados anteriores en los que se encontró que al cabo de este tiempo, aún las plantas no han realizado ajuste osmótico, mecanismo que si se pudo apreciar desde las 48 horas y que se mantuvo durante el período en que las plantas estuvieron sometidas al estrés. Una vez que se suspendieron los tratamientos salinos, la turgencia se incrementó hasta alcanzar niveles muy semejantes en todas las variantes experimentales, como resultado de los aumentos de los potenciales hídrico y osmótico al disminuir el gradiente de potencial entre el medio y la planta.

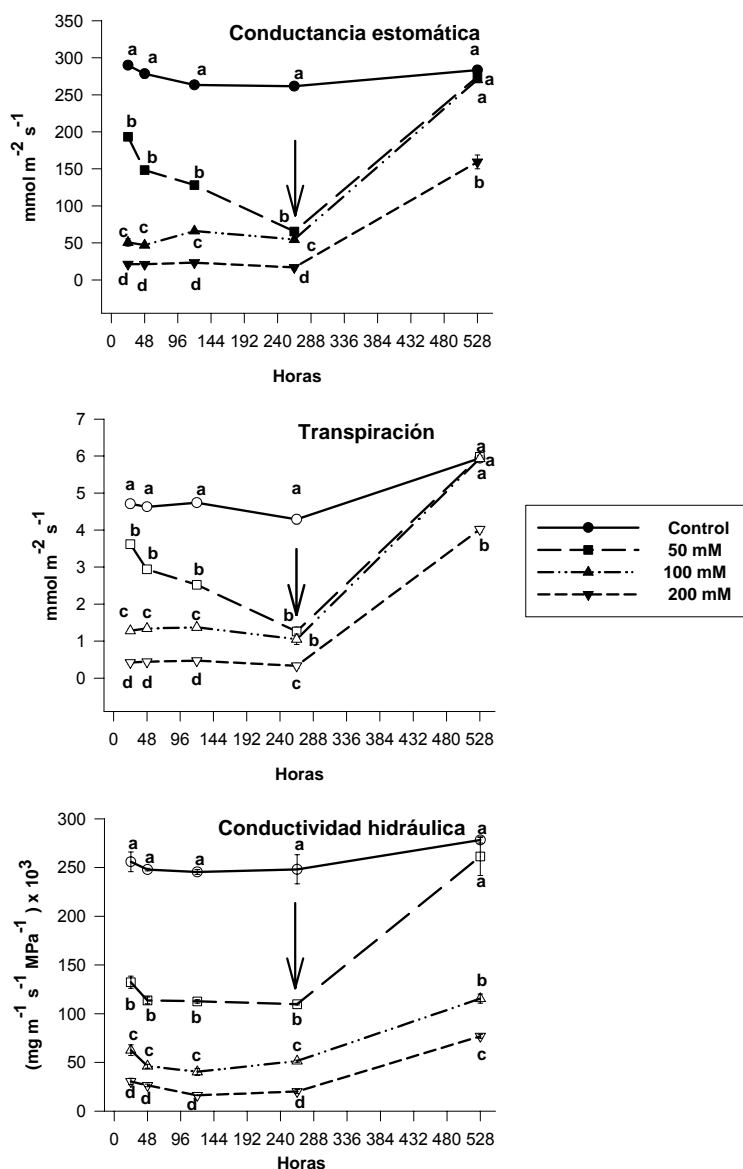


Fig. 3 Conductancia Estomática, Transpiración y Conductividad Hidráulica en plantas de tomate Variedad Amalia sometidas a estrés salino. La flecha el inicio del periodo de recuperación.

Al analizar el comportamiento de la conductancia estomática, la transpiración y la conductividad hidráulica de las raíces (figura 3), se encontró que estas variables se vieron afectadas negativamente por la salinidad en el medio desde las 24 horas de aplicados los tratamientos y mantuvieron ese comportamiento durante todo el periodo de estrés. Sin embargo, mostraron recuperación en las dos primeras variables a los niveles de 50 y 100 mM de NaCl, mientras que en el caso de la conductividad hidráulica sólo se recuperó el tratamiento menos salino, siendo en este caso la respuesta de las restantes variantes poco tendentes a la recuperación, lo que pudiera indicar que ya a 100 mM se producen cambios estructurales en los tejidos conductores que llegan a hacerse irreversibles.