

EFECTO DE ALTAS CONCENTRACIONES SALINAS SOBRE LA GERMINACIÓN Y EL CRECIMIENTO DEL TRIGO (*Triticum aestivum*) VARIEDAD CUBA-C-204

L. Argente[✉], L. M. González y R. Plana

ABSTRACT. The effect of different levels of NaCl over seed water absorption, germination, growth and accumulation of total fresh and dry matter was studied in the first wheat seedling stages of Cuba-C-204 variety. Results showed that water uptake is only significantly affected at higher salt concentrations than 25 dS.m⁻¹, showing its tolerance to salinity. Germination, its final percentage and growth indicators as well as accumulation of fresh and dry matter did not show significant damages at less salt concentrations than 25 dS.m⁻¹. Regression analysis proved the regression coefficient was negative and highly significant, then showing that the higher the levels of salinity the lesser the growth. From such regression equations, the levels of electric conductivity that diminish growth and the accumulation of fresh and dry matter by 50 % were determined, observing a major sensitivity in the accumulation of fresh and dry matter and plant height related to root length.

RESUMEN. Se estudió el efecto de diferentes niveles de salinidad (NaCl) sobre la absorción de agua por las semillas, la germinación, el crecimiento y la acumulación de biomasa, en los primeros estadios de las plántulas de la variedad cubana de trigo Cuba-C-204. Los resultados indicaron que la absorción de agua solo se ve afectada significativamente en concentraciones mayores o iguales a 25 dS.m⁻¹, lo que demuestra la tolerancia de este proceso a la salinidad. La germinación, su porcentaje final y las variables del crecimiento y acumulación de biomasa no mostraron afectaciones significativas para niveles menores de 25 dS.m⁻¹. El análisis de regresión pudo evidenciar que el coeficiente de regresión fue negativo y altamente significativo, demostrando que a medida que aumentan las concentraciones salinas disminuye el crecimiento. Partiendo de estas ecuaciones de regresión, se determinaron los niveles teóricos de conductividad eléctrica que disminuyen el crecimiento y la acumulación de biomasa en un 50 %, observándose una mayor sensibilidad en la acumulación de biomasa y la altura de las plántulas en relación con el crecimiento radical.

Key words: water absorption, salinity, *Triticum aestivum*, osmotic stress

Palabras clave: absorción de agua, salinidad, *Triticum aestivum*, estrés osmótico

INTRODUCCIÓN

La salinidad de los suelos es un grave problema que afecta el rendimiento de los cultivos y la sostenibilidad de la agricultura. Cerca del 43 % de la superficie del planeta está afectada por este problema y unos 20 millones de hectáreas se abandonan, debido a los problemas de encharcamiento, sodificación y salinización (1).

En Cuba, la salinidad y sequía han perjudicado cerca del 76 % de las áreas de cultivo y según informes del Ministerio de la Agricultura (2), las provincias orientales cuentan con un elevado índice de tierras afectadas debido a la salinización de los suelos.

Una solución parcial a este problema es la implantación de cultivos y variedades más tolerantes a la salinidad, lo que implica conocer dicha tolerancia de forma precisa y consistente (3, 4).

El trigo es una de las especies más antiguas cultivadas por el hombre y constituye la base de alimentación de más del 96.4 % de la población mundial (5). Actualmente, se realizan importantes esfuerzos en investigaciones, para aumentar su grado de tolerancia a la salinidad, debido a la amplia extensión de su cultivo; pequeños incrementos de la tolerancia, a este tipo de estrés, tendrían una gran trascendencia económica (6).

En general, las sales influyen sobre la germinación de las semillas y el crecimiento de las plántulas en diferentes cultivos, pero se ha observado una gran variabilidad en su respuesta (7), lo que ha motivado el desarrollo de investigaciones para conocer el problema de cómo y en qué etapa del desarrollo hay mayor tolerancia a la salinidad (8, 9). No siempre se le presta mucha atención a este aspecto, al mismo tiempo que los resultados de diferentes autores no son coincidentes (10).

Ms.C. L. Argente, Profesor Instructor de la Universidad de Granma, carretera a Manzanillo, km 17½, Peralejo, Bayamo 85100; Dr.C. L. M. González, Investigador Titular del Instituto de Investigaciones Agropecuarias "Jorge Dimitrov", Gaveta Postal 2140, Bayamo 85100, Granma; Dr.C. R. Plana, Investigador Titular del Departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Planas, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, La Habana, Cuba, CP 32 700.

✉ leandris@udg.co.cu

Por la importancia práctica que tiene garantizar altos porcentajes de germinación y su posterior crecimiento y desarrollo de las plántulas, en el presente artículo se recogen los resultados de un estudio basado en el efecto de diferentes concentraciones de sales sobre la absorción de agua, germinación de las semillas y el crecimiento de las plántulas de la variedad de trigo Cuba-C-204.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en el Laboratorio de Técnicas Nucleares del Instituto de Investigaciones Agropecuarias "Jorge Dimitrov" de Granma. Se tomaron 100 semillas de trigo de la variedad Cuba-C-204, las cuales fueron puestas a embeber en placas Petri con 10 mL de una solución de cloruro de sodio (NaCl), ajustadas a conductividades eléctricas (CE) de 12, 15, 22, 25 y 28 $\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$; como control se utilizó agua destilada con una conductividad eléctrica de $0.02 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$. Se utilizó un arreglo completamente aleatorizado, con tres repeticiones por cada variante experimental. La duración del ensayo (imbibición) fue de 24 horas. Se determinó el contenido de agua absorbida por el método gravimétrico y se expresó en base fresca (10). Un ensayo similar fue montado pero usando papel de filtro en las placas para evaluar, a los siete días posteriores a la germinación, el crecimiento y la acumulación de biomasa fresca (MF) y seca (MS) total de las plántulas. Para la evaluación del crecimiento y la acumulación de biomasa, se utilizaron 25 plántulas de cada repetición.

Los datos obtenidos cumplieron con los supuestos teóricos de normalidad y homogeneidad de varianzas, realizando un análisis de varianzas de clasificación simple y cuando existían diferencias entre las medias se compararon por la prueba de Duncan para $p < 0.01$. Se realizó, además, un análisis de regresión lineal entre los valores de crecimiento, expresados en valores relativos al control, y los niveles de salinidad, y partiendo de estas ecuaciones de regresión, se determinaron los niveles teóricos de salinidad, que disminuyen las variables estudiadas en un 50 %. Se utilizó, para estos análisis, el paquete estadístico STATISTICA, versión 6.0 para Windows 98.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A pesar de que el contenido de agua absorbida por las semillas de trigo disminuyó a medida que aumentó la concentración salina, las diferencias solo fueron significativas para los niveles de 25 y $28 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ (Figura 1); esto confirma lo planteado sobre la tolerancia de este proceso a la salinidad, y que solo es inhibido a altas concentraciones de sales (10). Durante esta etapa, en la semilla operan fundamentalmente procesos físico-químicos, tales como la imbibición del epiblasto que es resistente a la salinidad (7).

Sobre la influencia de la salinidad en la absorción de agua por las semillas de diferentes cultivos han trabajado varios investigadores (9, 11) y han arribado a conclusio-

nes similares, los cuales señalan, además, que tales afectaciones en la absorción de agua por las semillas a altas concentraciones salinas, son atribuidas al alto potencial osmótico que se crea en el medio, lo que provoca un alargamiento en el inicio de la germinación, disminución de la velocidad y del porcentaje final del proceso.

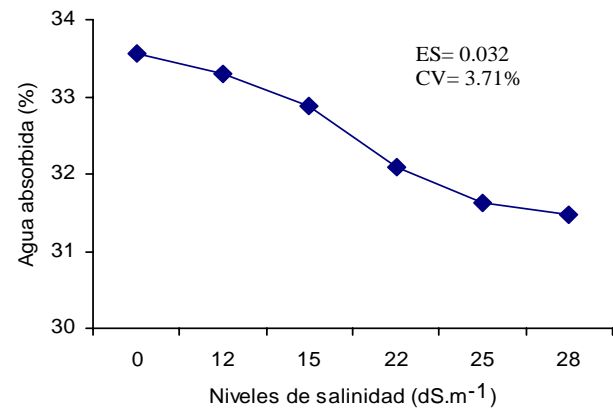


Figura 1. Absorción de agua por las semillas de trigo a diferentes concentraciones salinas

Sin embargo, en este experimento, a pesar de que se observó cierto retraso en la germinación de las semillas, el porcentaje final no mostró afectaciones significativas, lo cual pudiera estar motivado porque las semillas de trigo tienen una cubierta seminal muy blanda y permeable que facilita la entrada de agua y oxígeno, así como la salida de la radícula (12); además, las semillas se caracterizan por tener nulo o residual endospermo y embriones maduros, lo que facilita la germinación (13). Resultados similares fueron observados con los mutantes de trigo BHP-15 Y BHP-31 (14) y con la variedad WL-711 trabajando con concentraciones salinas desde 4 hasta $16 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ (15).

En relación con el crecimiento de las plántulas (Figura 2), se observó un incremento significativo en la inhibición de la altura (AP) y longitud de la raíz (LR) a medida que aumentaron las concentraciones de sales, observándose afectaciones respecto al control del 33 y 35 % respectivamente para niveles de 25 y $28 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$. En este sentido, al evaluar la altura de las plántulas en diferentes cultivares de trigo duro (*Triticum durum*), se encontraron afectaciones del 30 % a $23 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$, similar a lo encontrado en esta variedad para $22 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$ (16).

Por otra parte, se encontró en la variedad WL-711 una reducción del 50 % en la altura de las plántulas, medida a los siete días posteriores a la germinación (15) y de un 20 % en la longitud de la raíz para una solución de $28 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$. Las afectaciones observadas en el crecimiento de las plántulas en estadios tempranos del desarrollo pudieran ser explicadas por una reducción de la absorción de agua en el endospermo, en los ejes embrionarios y una disminución de la traslocación de los carbohidratos hacia estos ejes o por la inhibición de los procesos de división, alargamiento y diferenciación celular asociado al déficit hídrico o al efecto tóxico de los iones salinos.

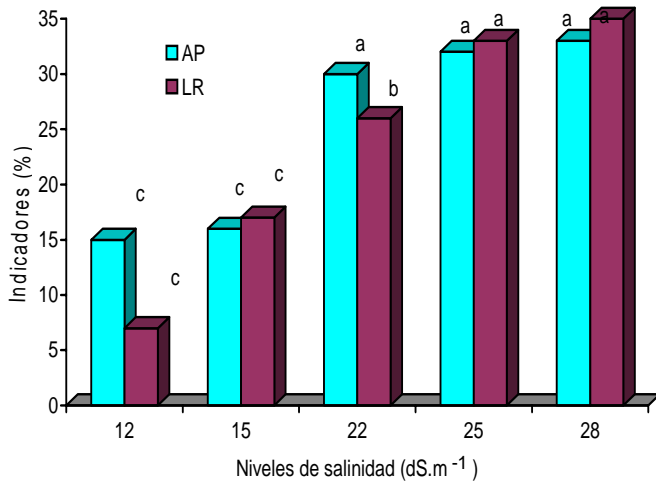


Figura 2. Inhibición del crecimiento de las plántulas de trigo en condiciones salinas

La inhibición de la acumulación de masas fresca y seca total aumentó significativamente (Figura 3) a medida que aumentaron las concentraciones salinas, observándose afectaciones del 41 y 43 %, respectivamente, para la solución de 28 dS.m⁻¹. Al respecto, se señalaron afectaciones del 43 y el 48 % en la acumulación de masas fresca y seca de la variedad WL-711, cultivada en solución salina con conductividad eléctrica de 16 dS.m⁻¹, a los siete días posteriores a la germinación (15). Se señaló, además, que el efecto adverso de la salinidad sobre el crecimiento y la acumulación de biomasa puede atenuarse con la aplicación exógena de hormonas del crecimiento.

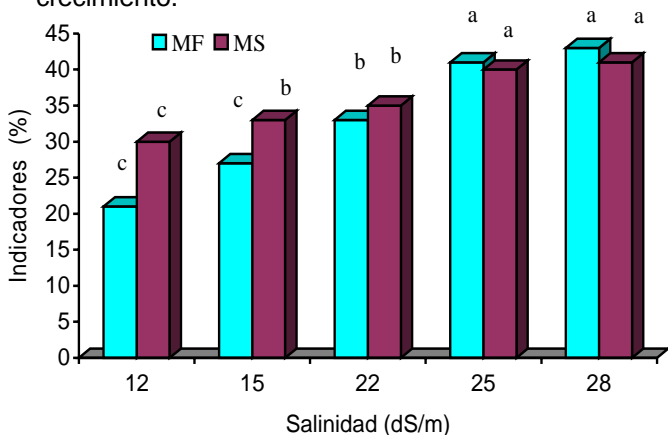


Figura 3. Inhibición de la acumulación de biomasa de las plántulas de trigo en condiciones salinas

A partir de los análisis de regresión lineal entre los indicadores evaluados y los niveles de salinidad (Tabla I), se observó que el coeficiente de correlación en todos los casos fue negativo y altamente significativo, lo que corrobora que a medida que las concentraciones salinas incrementan, disminuye el crecimiento y la acumulación de masas fresca y seca de las plántulas.

Tabla I. Ecuación de regresión, coeficiente de correlación y determinación, y niveles de salinidad que disminuyen el crecimiento de las plántulas en un 50 %

Indicador	Ecuación de regresión	r	r ²	CE (50%) dS.m ⁻¹
AP	Y=100.38-0.991X	-0.990**	98.01	50
LR	Y=103.08-0.975X	-0.975**	94.09	54
MF	Y=98.40-0.990X	-0.990**	98.01	48
MS	Y=93.450-0.932X	-0.932**	86.49	46

AP: altura de las plántulas LR: longitud de la raíz MF: masa fresca MS: masa seca **diferencias altamente significativas

A partir de las ecuaciones entre los indicadores evaluados y los niveles de salinidad (Tabla I), se determinaron los niveles teóricos de conductividad eléctrica que disminuyen el crecimiento y la acumulación de biomasa en un 50 %, observándose una mayor sensibilidad en la acumulación de biomasa seca y fresca y la altura de las plántulas en relación con el crecimiento radicular, coincidiendo con otros resultados (15, 17, 18), los cuales recomendaron estos indicadores para la selección eficiente de variedades de trigo tolerantes a la salinidad.

REFERENCIAS

- Royo, A. y Aragues, R. Establecimiento de nuevos índices de tolerancia de los cultivos a la salinidad: la cebada como caso de estudio. *Investigación Agraria. Producción y Producción Vegetal*, 2002, vol. 17, no. 3, p. 410-421.
- Cuba. MINAGRI. Informe anual sobre la agricultura. Avances y pérdidas. 2003. Granma, Jueves, 25 diciembre, 2003.
- González, L. M. y Ramírez, R. Los suelos salinos y su utilización en la producción agrícola. *Alimentaria*, 2002, vol. 339, p. 103-107.
- Mesa, D. Obtención de plantas resistentes a la salinidad para los suelos salinos cubanos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 2003, vol. 37, no. 3, p. 217-226.
- FAO. Fooding distribution along the world. Roma. 2003. 186 p. Paper 23.
- Isla, R. y Royo, A. Tolerancia a la salinidad en la tribu Triticeae. *Investigación Agraria, Producción y Protección Vegetal*, 1997, vol. 12, no. 1, 2 y 3, p. 133-145.
- González, L. M. Reflexiones sobre los mecanismos generales de adaptación de las plantas a la salinidad y a otros tipos de estrés. *Alimentaria*, 2002, vol. 339, p. 99-102.
- Chávez, L.; González, L. M. y Ramírez, R. Efecto de la salinidad sobre la absorción de agua por las semillas de *Vigna unguiculata* (L) y su relación con la tolerancia varietal. *Alimentaria*, 2002, vol. 339, p. 99-102.
- González, L. M. y Ramírez, R. La absorción de agua por las semillas de arroz a altas concentraciones salinas, como posible indicador de la tolerancia varietal. *Cultivos Tropicales*, 1999, vol. 20, no. 1, p. 31-34.
- Prazak, R. Salt-tolerance of *Triticum monococum* L., *Triticum dicocum* (s chank) Schubl., *Triticum durum* Desf and *Triticum eastivum* L. Seedlings. *Journal of Applied Genetics*, 2001, vol. 42, no. 3, p. 289-292.

11. Maya, P.; Monzón, A. y Ponce, M. Datos sobre la germinación de especies endémicas Canarias. *Bot. M.*, 1988, vol. 16, p. 677-680.
12. Scott, S. J.; Jones, R. A. y Williams, M. Review of data analysis. Methods for seed germination. *Crop Science*, 1984, vol. 24, p. 1192-1199.
13. Kumar, D. y Yadav, J. S. P. Salt tolerance of mutants from wheat variety HD 1553. *Indian Journal of Agricultural Science*, 1983, vol. 53, no. 12, p. 1009-1015.
14. Singh, G.; Kaur, P. y Sharma, R. Effect of CCC on seed germination and early seedling growth in wheat under saline conditions. *Indian Journal of Agricultural Science. Plant Physiology*. 1985, vol. 28, no. 4, p. 310-317.
15. Royo, A. y Abió, D. Salt tolerance in durum wheat cultivars. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 2003, vol. 1, no. 3, p. 27-35.
16. ArgenteL, L. y González, L. M. Comportamiento de la tolerancia interespecífica a la salinidad en dos especies del género *Triticum*. *Cultivos Tropicales*, 2006, vol. 27, no. 2, p. 51-52.
17. González, L. M. y ArgenteL, L. Efecto de la sequía simulada con PEG-6000 sobre la germinación y el crecimiento de dos variedades de trigo. *Cultivos Tropicales*, 2005, vol. 26 no. 4, p. 49-54.
18. Mano, Y. y Takeda, K. Genetic resources of salt-tolerance at germination and the seedling stage in wheat. *Japanese Journal of Crop Science*, 2001, vol. 70, no. 2, p. 215-220.

Recibido: 25 de enero de 2006

Aceptado: 15 de septiembre de 2006

CURSOS DE POSGRADO

Precio: 350 CUC

Fisiología del estrés

Coordinador: Dr.C. Walfredo Torres de la Noval

Fecha: a solicitud

Duración: 80 horas

SOLICITAR INFORMACIÓN

Dr.C. Walfredo Torres de la Noval
Dirección de Educación, Servicios Informativos
y Relaciones Públicas
Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA)
Gaveta Postal 1, San José de las Lajas,
La Habana, Cuba. CP 32700
Telef: (53) (47) 86-3773
Fax: (53) (47) 86-3867
E.mail: posgrado@inca.edu.cu