

Evaluación de la tolerancia a la salinidad en los primeros estadios del crecimiento de 12 variedades de trigo

Evaluation of the tolerance to salinity in the first stadiums of the growth of 12 wheat varieties

L. Argente^{*1}, L. M. González² e I. Fonseca¹.

¹ Universidad de Granma. Carretera a Manzanillo, km 17½, Peralejo. Bayamo 85100.

² Instituto de Investigaciones Agropecuarias "Jorge Dimitrov", Gaveta Postal 2140, Bayamo 85100, Granma, Cuba.

E-mail: leandris@udg.co.cu

RESUMEN. Con el objetivo de analizar la respuesta varietal del cultivo trigo a la salinidad en las etapas iniciales del crecimiento de las plántulas, se montó un experimento con 12 variedades aplicando dos niveles de NaCl en la solución. Las variables evaluadas fueron la absorción de agua por las semillas, la altura de las plantas y longitud de la raíz y la acumulación de biomasa fresca y seca. Mediante un análisis de componentes principales se establecieron los indicadores de mayor contribución a la diferenciación varietal y a través del análisis de Conglomerado jerárquico, el material fue agrupado en tres grupos lo que demuestra la existencia de variabilidad en cuanto a su respuesta al estrés. Cinco mutantes cubanos y su progenitor Cuba C-204 se reunieron en el grupo I, que mostró la mayor respuesta a la salinidad en estadios tempranos del desarrollo del cultivo, los cuales comenzarán a evaluarse sobre la base, de los indicadores del rendimiento y sus componentes.

Palabras clave: Salinidad, estrés salino, tolerancia, trigo.

ABSTRACT. With the objective to analyze the response of 12 wheat varieties to salinity at the early stages of growing was carried an experience using two different levels of NaCl. The variables plants height, root length and fresh and dry matter accumulation were evaluated. Through the Principal Component Analysis the indicators of most contribution to the total variability were established and through the Cluster analysis the varieties were collected in tree groups showing the existence of great variability for its response to saline stress. Five Cuban mutants and its progenitor CubaC-204 were placed in the group I showing the major response at the early stages of growing, wish will start to evaluate under field conditions based on yield components indicators.

Key words: Salinity, salt stress, tolerance, wheat.

INTRODUCCIÓN

Bajo condiciones de salinidad de los suelos el crecimiento de las plantas, su rendimiento y la sostenibilidad de la agricultura, en sentido general, se ven afectados (Royo y Abió, 2002). Una solución parcial a esta situación es el establecimiento de especies y variedades de plantas tolerantes al estrés, lo que implica la necesidad de establecer métodos de evaluación sencillos y precisos, así como involucrar la mayor diversidad de cultivos posible. (Nonhebel, 1997)

El trigo (*Triticum aestivum* L.) constituye la especie más antigua cultivada por el hombre, siendo en la actualidad el cereal de mayor producción del

universo y según informes de la (Royo y Aragües, 2002). es la base de la alimentación de más del 96,4 % de la población mundial por ser un alimento muy rico en energías y vitaminas (González, 2002). Esta planta anual de crecimiento invierno-primaveral está capacitada para crecer y producir en ambientes muy distintos entre sí y su producción constituye una estrategia extraordinaria para la autosuficiencia económica de todos los países del universo.

Existen evidencias de que el trigo es moderadamente tolerante a la salinidad (INTA, 1981), comportamiento que lo convierte en una opción sostenible para el aprovechamiento de las áreas

afectadas por este tipo de estrés, a través de la implementación de las variedades de mayor grado de tolerancia.

Dado que no todas las variedades de las especies vegetales responden de igual forma frente al estrés salino, en dependencia de los caracteres evaluados, el presente trabajo se desarrolló con el objetivo de establecer entre un grupo de indicadores evaluados,

los de mayor importancia para la evaluación de la tolerancia varietal del trigo a la salinidad, a partir de un análisis de componentes principales y seleccionar las variedades de mejor comportamiento para su posterior establecimiento en áreas afectadas y evaluar su grado de tolerancia sobre la base de otros indicadores fisiológicos, bioquímicos, moleculares y agrícolas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el laboratorio de técnicas nucleares del Instituto de Investigaciones agropecuarias “Jorge Dimitrov”. Se evaluaron 12 variedades de trigo, procedentes de Cuba y de México (Tabla 1).

Se tomaron, aleatoriamente, semillas de las variedades a razón de 25 por placa de Petri puestas a embeber en 10 mL de una solución salina de cloruro de sodio (NaCl), ajustadas a conductividades eléctricas (CE) de 25 y 28 dS.m⁻¹, como control se utilizó agua destilada a una conductividad eléctrica (CE) de 0,02 dS.m⁻¹. Las placas fueron dispuestas siguiendo un arreglo experimental completamente aleatorizado. Por cada variante se realizaron tres repeticiones.

A las 24 horas de montado el experimento, se determinó el contenido de agua absorbida (AA) por el método gravimétrico y se expresó en base

fresca (González y Ramírez, 1999). Se montó un ensayo similar pero usando papel de filtro en las placas para evaluar, a los 7 días posteriores a la germinación, las variables del crecimiento (altura de las plantas, AP y longitud de la raíz LR) y la acumulación de biomasa fresca (MF) y seca (MS) de las plántulas. A partir de estos datos se calculó la tolerancia relativa a la salinidad (González, 1996): $ITR (\%) = 100 (ITS/ITC)$, donde ITS e ITC, son los indicadores evaluados en las soluciones salinas y la solución control, respectivamente.

Con el propósito de establecer los indicadores más adecuados para la diferenciación de las variedades se realizó un análisis de componentes principales y para su agrupamiento un análisis de Conglomerados Jerárquico y de Ligamiento Completo sobre la base de una matriz de distancia Euclidiana, utilizando para estos análisis el paquete profesional ESTATISTICA, versión 6.0 para Windows 98.

Tabla 1. Variedades de trigo estudiadas

| Nº | Variedad | Procedencia | Especie |
|----|------------------------|-------------|--------------------|
| 1 | CubaC- 204 | Cuba | <i>T. aestivum</i> |
| 2 | 10 TH ₃₂ | México | <i>T. aestivum</i> |
| 3 | Mexicana ₂₄ | México | <i>T. aestivum</i> |
| 4 | Idyn ₁₈ | México | <i>T. durum</i> |
| 5 | Eduyt ₁₆ | México | <i>T. durum</i> |
| 6 | INIFAT RM -30 | Cuba | <i>T. aestivum</i> |
| 7 | INIFAT RM -26 | Cuba | <i>T. aestivum</i> |
| 8 | INIFAT RM - 29 | Cuba | <i>T. aestivum</i> |
| 9 | INIFAT RM - 31 | Cuba | <i>T. aestivum</i> |
| 10 | INIFAT RM -36 | Cuba | <i>T. aestivum</i> |
| 11 | INIFAT RM - 32 | Cuba | <i>T. aestivum</i> |
| 12 | INIFAT RM - 37 | Cuba | <i>T. aestivum</i> |

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir del análisis de componentes principales se observó que en los dos primeros componentes se acumuló el 55,98 % de la variabilidad total entre las variables evaluadas y que los indicadores absorción de agua a 25 dS.m⁻¹, altura de la planta a 25 dS.m⁻¹, longitud de la raíz a 28 dS.m⁻¹ en el primer componente y acumulación de masa seca a 25 dS.m⁻¹ en el segundo componente fueron las variables de mayor correlación con los ejes principales (Tabla 2) lo cual señala la utilidad que pueden tener las mismas para la evaluación de la repuesta a la salinidad en etapas iniciales del crecimiento en el cultivo del trigo.

Se ha señalado el uso de estos indicadores del crecimiento y la acumulación de biomasa para discriminar genotipos tolerantes al estrés salino en diferentes cultivos. (González, 2000; Mano y Takeda, 2001; Prazak, 2001)

Partiendo de estas variables de mayor correlación con los ejes principales, se realizó un agrupamiento de las variedades mediante el análisis de Conglomerados Jerárquico y de Ligamiento Completo basado en una matriz de distancia Euclidiana, que permitió reunir a los cultivares en tres grupos, indicando la existencia de variabilidad genética para la respuesta al estrés salino (Figura 1),

Tabla 2. Variables componentes principales.

| Variables | Componentes principales | |
|-------------------------------------------|-------------------------|--------------|
| | 1 | 2 |
| Absorción de agua 25 dS.m ⁻¹ | -0,90 | -0,19 |
| Altura de la planta 25 dS.m ⁻¹ | -0,85 | 0,41 |
| Longitud de la raíz 25 dS.m ⁻¹ | -0,69 | 0,49 |
| Masa fresca 25 dS.m ⁻¹ | 0,11 | -0,25 |
| Masa seca 25 dS.m ⁻¹ | -0,52 | -0,73 |
| Absorción de agua 28 dS.m ⁻¹ | 0,42 | 0,36 |
| Altura de la planta 28 dS.m ⁻¹ | -0,29 | -0,50 |
| Longitud de la raíz 28 dS.m ⁻¹ | -0,76 | 0,59 |
| Masa fresca 28 dS.m ⁻¹ | -0,63 | 0,49 |
| Masa seca 28 dS.m ⁻¹ | -0,42 | 0,68 |
| Autovalores | 3,00 | 2,34 |
| Porcentaje de contribución | 34,63 | 21,35 |
| Contribución total | | 55,98 |

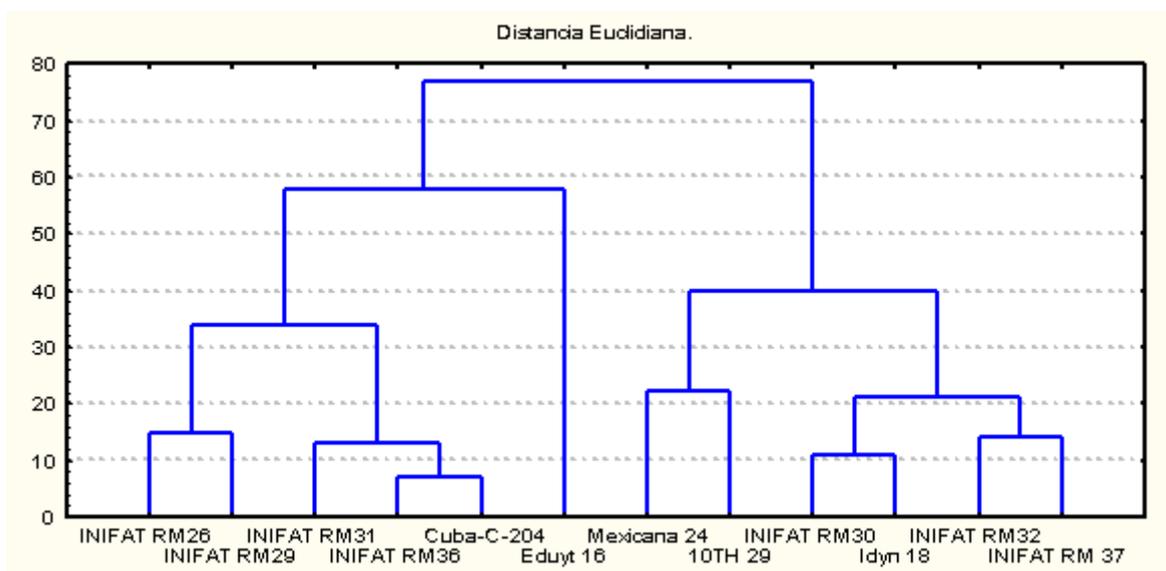


Figura 1. Dendrograma obtenido mediante el análisis de conglomerado

aspecto importante dado que la tolerancia a la salinidad es un carácter de magnitud finita y su mejoramiento presupone la existencia de niveles utilizables en el germoplasma que se conserva en los bancos (González, 2000). Diferencias en la tolerancia varietal del trigo a la salinidad han sido informadas por diversos autores (Mano y Takeda, 2001). Al respecto se evaluaron 1300 variedades de trigo durante la fase de germinación y estadio de plántula y encontraron una alta diversidad genética, lo que permitió seleccionar variedades con alta tolerancia a la salinidad (González, 2002). Estos autores señalaron además que las variedades hexaploides (AABBDD) (*T.aestivum*) fueron más tolerantes que las tetraploides (AABB) y las diploides (AA), señalando que el factor genético que controla la tolerancia a la salinidad puede estar localizado en el genoma D.

El grupo 1 formado por las variedades de trigo harinero IRM-26, IRM-29, IRM-31, RM-36, IRM-37 Cuba-C-204 fue el de mejor respuesta al estrés, con índices de tolerancia superiores al 80 % para las cuatro variables que más contribuyeron a

la variabilidad total, clasificando como tolerante (Tabla 3), sin embargo el valor del índice de absorción de agua a 25 dS.m⁻¹ fue menor que las restantes variables de este grupo, aspecto que deberá estudiarse en lo adelante basado en indicadores como el potencial hídrico de la semillas más que en la cantidad de agua absorbida por el método gravimétrico, dado esto por la importancia que tiene este proceso para lograr una correcta germinación. En tal sentido, se ha planteado que no existe una relación directa entre la respuesta a la salinidad evaluada sobre la base de la absorción de agua de las semillas y el crecimiento de las plántulas (Kumar y Yadav, 2006) y dado que durante la absorción de agua tienen lugar mayormente fenómenos físicos (González, 2002) se acepta que la evaluación de la respuesta varietal a la salinidad, según la cantidad de agua absorbida por las semillas en soluciones salinas respecto al control, no es altamente precisa y solo puede ser utilizada como un indicador de referencia, para simplificar el trabajo en la evaluación inicial de grandes grupos de variedades y/o líneas y discriminar las variedades de mayor susceptibilidad.

Tabla 3. Valores promedios de los índices de tolerancia a la salinidad sobre la base del agua absorbida y los indicadores del crecimiento.

| Grupo | Variedades y/o líneas | Valores promedios de los índices de tolerancia | | | |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | | AA 25dS.m ⁻¹ | AP 25 dS.m ⁻¹ | LR 28 dS.m ⁻¹ | MS 25 dS.m ⁻¹ |
| I | IRM-26, IRM-29, IRM-31, RM-36, IRM-37 Cuba-C-204 | 81,02 | 86,56 | 88,98 | 89,23 |
| II | Mexicana ₂₄ , 10 TH ₂₉ , IRM-30, IRM-32 Idyn ₁₈ | 87,31 | 71,49 | 79,08 | 25,82 |
| III | Eduyt ₁₆ | 67,85 | 45,78 | 71,34 | 88,55 |

AA. Absorción de agua por las semillas; AP. Altura de las plántulas; LR. Longitud de las raíces.
MS. Acumulación de materia seca.

El segundo grupo formado por las variedades de trigo harinero Mexicana₂₄, 10 TH₂₉, IRM-30, IRM-32 y una variedad de trigo duro Idyn₁₈ clasificó como moderadamente tolerante. Este agrupamiento de las variedades de trigo harinero en el primer y segundo grupos indica la superioridad de esta especie en cuanto a la tolerancia a la salinidad (Kumar y Yadav, 2006), aspecto que es necesario continuar comprobando basado en indicadores

bioquímicos y moleculares con el propósito de aislar genes de tolerancia que puedan ser transferidos a variedades comerciales de alta productividad (Mano y Takeda, 2001). La variedad de trigo duro Eduyt₁₆ formó el tercer grupo clasificando como susceptible, por lo que en futuros programas de implementación en áreas afectadas por el estrés o en programas de mejora genética para este carácter pudiera ir discriminándose.

En experimentos con *T. Aestivum*, *T. Durum* Desf, *T. turanicum* Jakubz y *T. ispahanicum* Heslot y los endémicos *T. dicoccoides* Aarans, *T. timofheevi* Zhuk, *T. spelta* y *T. turgidum* L., se encontró mayor tolerancia a la salinidad en *T. aestivum* y se atribuyó a su gran distribución por todo el mundo y a que esta especie está conformada por una gran cantidad de variedades de diferentes procedencias ecologo-geográficas, donde están presentes los suelos salinos. (Udovenko, 1985)

Las variedades del grupo 1 fueron obtenidas en Cuba en el Instituto de Investigaciones fundamentales de Agricultura Tropical (INIFAT), por inducción de mutaciones, a partir de la variedad cubana CubaC-204 la cual, en experiencias anteriores, mostró una buena respuesta al ser sometida a altas concentraciones salinas para evaluar la germinación y el crecimiento de las plántulas (González, 2002). Al respecto se ha indicado la posibilidad de generar variación heredable para la tolerancia a la salinidad en el cultivo del trigo (Singh, 2001) lo cual tiene una significación práctica importante, pues la variabilidad natural para este carácter es considerada baja en las plantas superiores en general y en particular para el trigo.

Algo significativo en todos los grupos es que a 28 dS.m⁻¹ los índices de tolerancia para la variable longitud de la raíz (LR) son altos, coincidiendo con resultados obtenidos por varios autores (Singh, 2001) recomendando esta variable como un indicador eficiente para la selección de variedades y/o líneas de trigo tolerantes a la salinidad.

La metodología de evaluación utilizada es sencilla y económica ya que permite discriminar, en condiciones de laboratorio, las variedades con mayor grado de susceptibilidad (Isla y Royo, 2006) e incorporar al campo las que más condiciones reúnan, lo cual quizás constituya su mayor valor utilitario en una primera fase, para aislar el material inicial con menos perspectivas dentro de un programa de mejoramiento genético para la tolerancia a la salinidad. (Argentel y González, 2006)

CONCLUSIONES

1. Se encontró alta variabilidad genética en cuanto a la tolerancia a la salinidad en el germoplasma estudiado.
2. Las variedades de trigo harinero fueron más tolerantes a la salinidad que las variedades de trigo duro.

BIBLIOGRAFÍA

1. Argentel, L. y L. M. González: "Comportamiento de la tolerancia interespecífica a la salinidad en dos especies del género *triticum*". *Cultivos Tropicales*, 27(2): 51-52, 2006.
2. González, L. M. y R. Ramírez: "La absorción de agua por las semillas de arroz a altas concentraciones salinas como posible indicador de la tolerancia varietal". *Cultivos Tropicales*, 20(1): 31-34, 1999.
3. González, L. M.: "Aspectos generales sobre la tolerancia a la salinidad en las plantas cultivadas", *Cultivos Tropicales*, 23(2): 27-37, 2002.
4. González, L.M.: "Uso de radioinducción de mutaciones en la obtención de genotipos de arroz tolerantes a la salinidad, Tesis de doctorado, IIA "Jorge Dimitrov", Bayamo, (1996).
5. González, L.M.: "Análisis de la tolerancia a la salinidad en variedades de *Vigna unguiculata* (L) sobre la base de caracteres agronómicos, la acumulación de iones y el contenido de proteínas", *Cultivos Tropicales*, 21(1): 47-52, 2000.
6. INTA: *El cultivo del trigo*, Ministerio de la Agricultura y Ganadería de la Nación, Buenos Aires, pp. 95-120, 1981.
7. Isla y Royo: "Tolerancia a la salinidad en la tribu *triticeae*", *Investigación Agraria, Producción y Protección vegetal*, 12(1, 2, 3): 133-145, 2006.
8. Kumar, D.: "Salt-tolerance of some induced wheat mutants of HD 1565". *Indian Journal of Agricultural science*, 51(7): 475-479, 2005.
9. Kumar, D. and K. L. Yadav: "Salt tolerance of some induced wheat mutants of DH 1553". *Indian Journal of Agricultural Science*, 31(2): 75-83, 2006.
10. Mano, Y. and K. Takeda: "Genetic resources of salt-tolerance at germination and the seedling stage in wheat", *Japanese Journal of Crop Science*, 70(2): 215-220, 2001.
11. Nonhebel, S.: "Effect of changes in temperature and CO₂ concentration on simulated spring wheat yields in the netherlands climate change". *Indian Journal of Crop Science* (24): 311-329, 1997.
12. Prazak, R.: "Salt-tolerance of *triticum monococum* L., *Triticum dicocum* (s. chank) Schubl.,

Triticum durum Desf and *Triticum aestivum* L. Seedlings”. *Journal of Applied Genetic*, 42(3): 289-292, 2001.

13. Royo, A. y D. Abió: “Salt tolerance in *T. durum* wheat cultivars”. *Japanese Journal of Crop Science*, 63(2): 158-163, 2002.

14. Royo, A y R. Aragues: “Establecimiento de nuevos índices de tolerancia de los cultivos a la salinidad: la cebada como caso de estudio”. *Investigación Agraria. Producción y Producción Vegetal*, 17(3): 410-421, 2002.

15. Singh, K.P.: “Stress physiological studies on seed germination and seedling growth of some wheat hybrids”. *Indian Journal of Plant Physiology*, 13(3): 180-186, 2001.

16. Udovenko, G. V.: “Vías para elevar la productividad de las plantas cultivadas en suelos salinizados”, *Ciencias de la Agricultura*, 25: 77-84, 1985.

Recibido: 23/10/2008

Aceptado: 02/09/2009