

RESPUESTA DE 12 VARIEDADES DE TRIGO A LA SALINIDAD EN LAS ETAPAS INICIALES DEL CRECIMIENTO

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

ABSTRACT. With the objective to analyze the response of 12 wheat varieties to salinity at the early stages of plant growth, an experience was carried out using two different levels of NaCl. The variables evaluated were plant height, root length and fresh and dry matters. Through the Principal Component Analysis, indicators of the most contribution to the total variability were established and through the Cluster analysis, varieties were collected in three groups, demonstrating the existence of variability for its response to stress. Five mutants of the variety CubaC-204 were placed in group I, showing the major response at the early periods of growth, which will start to be evaluated under field conditions based on yield and its components.

Key words: salinity, salt stress, salt tolerance, wheat

RESUMEN. Con el objetivo de analizar la respuesta varietal del cultivo de 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, 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 Conglomerados Jerárquico, el material fue reunido en tres grupos, lo que demuestra la existencia de variabilidad en cuanto a su respuesta al estrés. Cinco mutantes de la variedad CubaC-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 del rendimiento y sus componentes.

Palabras clave: salinidad, estrés salino, tolerancia a la sal, trigo

INTRODUCCIÓN

En condiciones de salinidad de los suelos, tanto el crecimiento de las plantas, su rendimiento como la sostenibilidad de la agricultura, en sentido general, se ven afectados (1). 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 (2).

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 (4), es la base de la alimentación de más del 96.4 % de la población mundial, por ser muy rico en energías y vitaminas (3). 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 (5), 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 México (Tabla I).

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 Plantas, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, La Habana, Cuba.

✉ leandris@udg.co.cu

Tabla I. 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>

Se tomaron, aleatoriamente, semillas de las variedades a razón de 25 por placa 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 (6). Se montó un ensayo similar pero usando papel de filtro en las placas para evaluar, a los siete 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, siguiendo la fórmula propuesta (7):

$$ITR (\%) = 100 (ITS/ITC),$$

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.

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, lo

cual señala la utilidad que pueden tener ellas para la evaluación de la respuesta a la salinidad en etapas iniciales del crecimiento en el cultivo del trigo (Tabla II).

Tabla II. Variables y 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

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 (8, 9, 10).

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), 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 (8). Diferencias en la tolerancia varietal del trigo a la salinidad también han sido informadas (9, 10). Al respecto, se evaluaron 1 300 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. Estos autores señalaron (9), además, que las variedades hexaploides (AABBDD) (*T. aestivum*) fueron más tolerantes que las tetraploides (AABB) y las diploides (AA), ya que el factor genético que controla la tolerancia a la salinidad puede estar localizado en el genoma D.

El grupo I formado por cinco variedades de trigo harinero (*Triticum aestivum*) 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 III); 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.

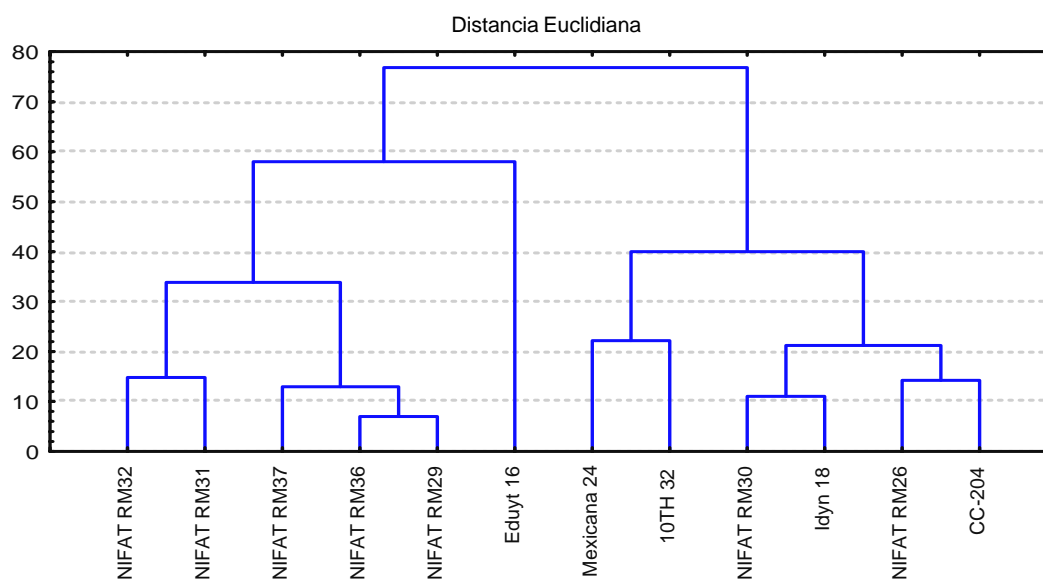


Figura 1. Dendrograma obtenido mediante el análisis de conglomerado

Tabla III. Valores promedio 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 promedio 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-32, IRM-31, IRM-37, IRM-36, IRM-29	81.02	86.56	88.98	89.23
II	Mexicana ₂₄ , 10 TH ₃₂ IRM-30, Idyn ₁₈ , IRM-26, CubaC-204	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

En tal sentido, se ha planteado que no existe una relación directa entre la respuesta a la salinidad evaluada en base a la absorción de agua de las semillas y el crecimiento de las plántulas (11) y, dado que durante la absorción de agua tienen lugar mayormente fenómenos físicos (4), 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.

El segundo grupo formado por cinco variedades de trigo harinero (*Triticum aestivum*) y una variedad de trigo duro (*Triticum durum*) (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 (10), 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 (9). 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. timopheevi* Zhuk, *T. spelta* y *T. turgidum* L., (12), 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 ecólogo-geográficas, donde están presentes los suelos salinos.

Las variedades del grupo I 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 (4). Al respecto, se ha indicado la posibilidad de generar variación heredable para la tolerancia a la salinidad en el cultivo del trigo (11, 13), 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 otros resultados (14), recomendando esta variable como un indicador eficiente para la selección de variedades y/o líneas de trigo tolerantes a la salinidad. Se ha concluido que las gramíneas que en altas concentraciones salinas alcancen un buen desarrollo del sistema radical, tienen grandes posibilidades de ser tolerantes a este tipo de estrés (15).

La metodología de evaluación utilizada es sencilla y económica, ya que permite discriminar, en condiciones de laboratorio, las variedades con mayor grado de susceptibilidad (16), 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.

REFERENCIAS

- Royo, A. y Abió, D. Salt tolerance in *T. durum* wheat cultivars. *Japanese Journal of Crop Science*, 2002, vol. 63, no. 2, p. 158-163.
- 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*, 1997, vol. 24, p. 311-329.
- Royo, A. y Aragües, 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.
- González, L. M. Aspectos generales sobre la tolerancia a la salinidad en las plantas cultivadas. *Cultivos Tropicales*, 2002, vol. 23, no. 2, p. 27-37.
- INTA. El cultivo del trigo/ INTA.- Buenos Aires: Ministerio de la Agricultura y Ganadería de la Nación, 1981. 120 p.
- 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*, 1999, vol. 20, no. 1, p. 31-34,.
- González, L. M. Uso de radioinducción de mutaciones en la obtención de genotipos de arroz tolerantes a la salinidad [Tesis de Doctorado]; Bayamo: IIA "Jorge Dimitrov", 1996.
- 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*, 2000, vol. 21, no. 1, p. 47-52.
- 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.
- Prazak, R. Salt-tolerance of *Triticum monococcum* L. , *Triticum dicocum* (s. chank) Schubl., *Triticum durum* Desf and *Triticum aestivum* L. Seedlings. *Journal of Applied Genetics*, 2001, vol. 42, no. 3, p. 289-292.
- Kumar, D. y Yadav, K. L. Salt tolerance of some induced mutants of DH 1553 wheat. *Indian Journal of Agricultural Science*, 1983, vol. 31, no.2, p. 75-83.
- Udovenko, G. V. Vías para elevar la productividad de las plantas cultivadas en suelos salinizados. *Ciencias de la Agricultura*, 1985, vol. 25, p. 77-84.
- Kumar, D. Salt-tolerance of some induced mutants of HD 2009 wheat. *Indian Journal of Agricultural Science*, 2001, vol. 51, no. 7, p. 475-479.
- Singh, K. P. y Singh, K. Stress physiological studies on seed germination and seedling growth of some wheat hybrids. *Indian Journal of Plant Physiology*, 2001, vol. 13, no. 3, p. 180-186.
- 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.
- 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.

Recibido: 21 de abril de 2005

Acepadó: 29 de junio de 2006