

EFFECTO DE LA SALINIDAD EN LA GERMINACIÓN Y EL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE DOS CULTIVARES DE MAÍZ (*ZEAMAYS* L.)

Amelia Capote Rodríguez, Lianne Fernández Granda, Raúl Cristóbal Suarez, Odalys Pérez Díaz, Odalys Llorente, Norma Marrero Granado y Gloria Acuña.

Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical “Alejandro de Humboldt” (INIFAT). Email: acapote@inifat.co.cu

RESUMEN

Se estudió el efecto de diferentes niveles de NaCl (50, 100, 150 y 200 mM) sobre la germinación y la inhibición del crecimiento de dos cultivares de maíz, Pajimaca y Gibara, con el objetivo de conocer el comportamiento varietal y detectar posibles marcadores para la selección temprana de genotipos tolerantes a la salinidad. Se evaluaron los porcentajes y la dinámica de la germinación, la longitud del coleóptilo y la radícula, la emisión de raíces y las masas frescas y secas totales. El porcentaje final de germinación se vio significativamente reducido en la concentración de 200 mM en el cv. Gibara; sin embargo, no se observó diferencia varietal en cuanto a la dinámica de germinación. La producción de biomasa fresca y seca se vio afectada por la salinidad, detectándose los mayores porcentajes de inhibición en el cv. Pajimaca. Estas variables, así como la emisión de raíces, mostraron un comportamiento diferenciado en ambos cultivares, por lo que podrían valorarse como posibles marcadores para la selección temprana de genotipos tolerantes al estrés salino.

Palabras claves: germinación, maíz, estrés salino

Effect of the salinity on the germination and growth of two cultivars of maize (*Zea mays* L.).

ABSTRACT

The effect of different NaCl levels (50, 100, 150 y 200 mM) on germination and growth inhibition of Gibara and Pajimaca cultivars was studied with the purpose of detecting possible markers for early selection of salinity tolerant maize genotypes. Germination percentage, germination dynamics, root and shoot length, root growth and fresh and dry weights were measured. Germination percentage was significantly inhibited to high concentration (200 mM) in Gibara, however germination dynamics didn't show varietal difference. Fresh and dry biomass production were influenced by saline concentrations, Pajimaca showed the highest inhibition percentage. Fresh and dry biomass and root growth showed a different behavior between both cultivars, so that they can be used as possible markers for early selection of salinity tolerant genotypes.

Key words: germination, maize, salt stress.

INTRODUCCION

La creciente salinización de los suelos en Cuba causa serias disminuciones en los rendimientos de cultivos de importancia económica (González, 2000), por lo que se hace necesario desarrollar programas de mejoramiento genético encaminados a elevar los rendimientos y la recuperación de áreas altamente improductivas.

Para la obtención de variedades tolerantes al estrés salino resulta imprescindible la identificación de marcadores, en estadios tempranos del desarrollo, que puedan ser utilizados para la identificación de genotipos tolerantes presentes en el genofondo de una especie.

Los datos obtenidos por diferentes autores han confirmado que las afectaciones en la germinación y el crecimiento de las plántulas en condiciones de salinidad están en estrecha relación con la tolerancia varietal (González y Ramírez, 1999; González *et al.*, 2000), lo que permite establecer métodos de evaluación y selección sobre la base de los daños del crecimiento en las etapas iniciales del desarrollo (López *et al.*, 1999).

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto de diferentes concentraciones salinas sobre la germinación y el crecimiento inicial de plántulas de dos variedades de maíz e identificar algún carácter que pueda ser utilizado como posible marcador morfológico para la selección temprana de genotipos promisorios.

MATERIALES Y METODOS.

Las semillas de dos variedades de maíz, 'Gibara' y 'Pajimaca', fueron germinadas en placas Petri (20 semillas/ placa, dos replicas por tratamiento), con soluciones salinas de diferentes concentraciones (50, 100, 150 y 200 mM) de cloruro de sodio (NaCl), así como un control con agua destilada. El experimento se desarrolló en condiciones controladas con fotoperíodo de 16 horas luz y una temperatura de $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Diariamente se determinó la dinámica de germinación, tomando la emergencia de la raíz como criterio de ésta. A los 7 días se evaluó el número de semillas germinadas y se determinó el porcentaje de germinación de ambas variedades. En 10 plántulas seleccionadas al azar por tratamiento, se evaluó la longitud del coleoptilo (cm), la longitud de la radícula (cm), el número de raíces emitidas y la masa fresca y seca total (g).

Los datos obtenidos fueron procesados por un análisis de varianza de clasificación simple y en casos de diferencias significativas, la comparación de medias se realizó por la prueba de la mínima diferencia significativa al 0,01%.

Se calculó la inhibición del crecimiento sobre la base de la masa fresca y la masa seca en ausencia de sales (EC) y en presencia de sales (ES), según la fórmula descrita por Marín *et al.* (1999): $I (\%) = 100 (EC - ES/EC)$.

Se realizaron análisis de regresión con ajustes de curvas entre cada indicador medido y los niveles de salinidad, así como la concentración de NaCl que disminuye el indicador en un 50%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al analizar los resultados en cuanto a la germinación de las semillas en los diferentes tenores salinos empleados (Fig. 1) se observó que el porcentaje final de germinación no estuvo igualmente influido por la salinidad en cada cultivar.

El cultivar 'Gibara' presentó valores de germinación similares hasta una concentración de 150 mM, los cuales no diferían del control, mientras que a la concentración de 200 mM de solución salina, se encontró una inhibición significativa de la germinación. Por otra parte, el cultivar 'Pajimaca' no se afectó en ninguna de las concentraciones estudiadas.

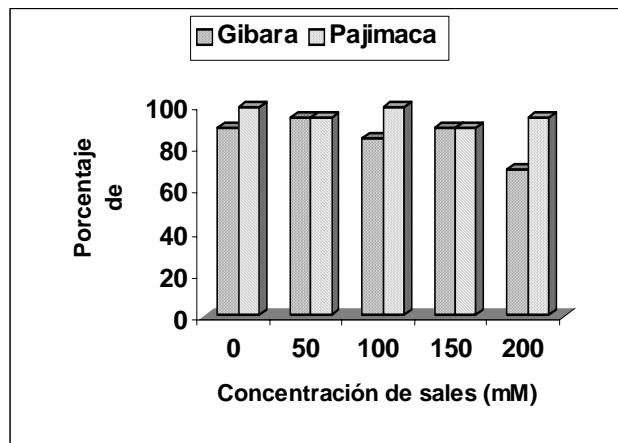


Figura 1. Porcentaje final de germinación de dos cultivares de maíz sometidos a diferentes concentraciones salinas.

Estos resultados coinciden con los obtenidos por otros autores, quienes coinciden en afirmar que la germinación se afecta con el incremento del contenido de sales en el sustrato (González y García, 1997; Camejo y Torres, 2000 y Murillo, 2000), ya que esta etapa del desarrollo está fuertemente influenciada por la salinidad del medio.

En la Figura 2 se observa la dinámica de germinación, la cual se vio modificada con el incremento de la concentración de sales. En sentido general, se observa cierto corrimiento en el tiempo del momento de máxima velocidad de germinación a la concentración de 200 mM en ambos cultivares, lo que puede deberse a las dificultades de imbibición que presentan las semillas en condiciones de alta salinidad, dado por la disminución de la movilidad del agua que se evidencia en un retardo de la germinación.

Al analizar los efectos en el crecimiento de la parte aérea (Figura 3) se detectó una disminución con el incremento de las concentraciones salinas en ambas variedades, las cuales se afectaron a partir de la concentración de 50 mM.

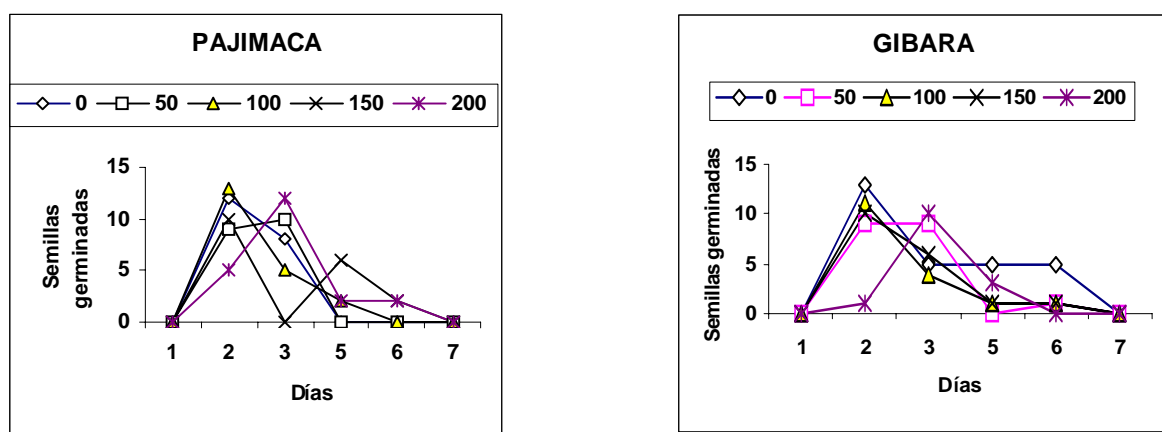


Figura 2. Dinámica de germinación de los cultivares 'Pajimaca' y 'Gibara' sometidos a diferentes concentraciones salinas (NaCl).

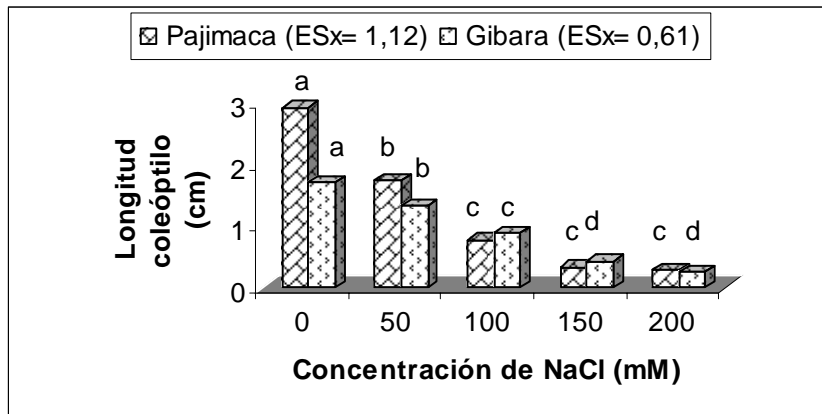


Figura 3. Comportamiento del crecimiento del coleoptilo en diferentes concentraciones salinas.

En cuanto al crecimiento del sistema radical (Figura 4) se observaron diferencias significativas entre ambos cultivares. El cv. 'Gibara' mostró una reducción del crecimiento a partir de la concentración de 50 mM; sin embargo, en el cv. 'Pajimaca', las diferencias significativas se comenzaron a observar en concentraciones de 100 mM de NaCl.

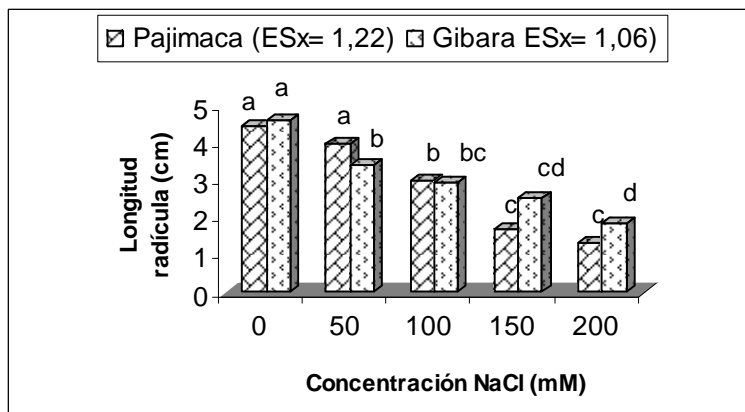


Figura 4. Comportamiento del crecimiento de la raíz en diferentes concentraciones salinas.

El número de raíces emitidas (Figura 5) se afectó en el cultivar 'Pajimaca' a partir de una concentración de 50 mM, mientras que en el cultivar 'Gibara' se observó que hasta una concentración de 100 mM no existen diferencias significativas con respecto al control, observándose los efectos solamente a partir de una concentración de 150 mM.

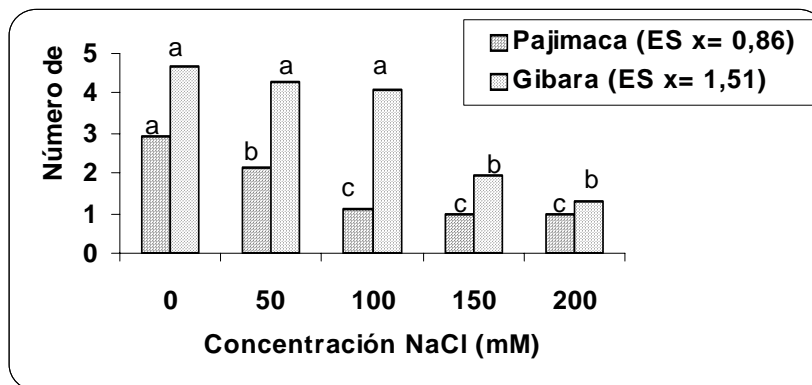


Figura 5. Comportamiento de la emisión de raíces en diferentes concentraciones salinas.

La existencia o no de diferencias significativas en la tolerancia a la salinidad de los diferentes órganos de la planta es un aspecto muy discutido actualmente, en tal sentido González (2002) plantea que no ha encontrado grandes diferencias e la sensibilidad de los diferentes órganos a la salinidad, por lo que no se puede aseverar la existencia de una respuesta diferenciada.

En este sentido, recientemente, se ha comprobado el importante papel que las relaciones morfológicas, y más concretamente la relación entre el vástago y la raíz, juegan en la tolerancia de las plantas a la salinidad (Moya *et al.*, 1999).

La producción de biomasa fresca se vio influenciada por la salinidad del medio, observándose un comportamiento diferenciado en cada cultivar (Tabla 1).

El cv. 'Gibara' mostró una reducción significativa del peso fresco a las concentraciones de 150 y 200 mM (67 y 66% de inhibición respectivamente); sin embargo, a una concentración de 100 mM presentó un incremento en biomasa con respecto al control, que puede deberse al grado de tolerancia que presenta este cultivar, lo cual hace que se desarrolle mejor en esas condiciones salinas.

Para el cv. 'Pajimaca', la reducción de la masa fresca se evidenció a partir de la concentración de 100 mM y mostró altos niveles de inhibición llegando al 75% en la concentración de 200 mM de NaCl.

La inhibición del crecimiento y de la acumulación de biomasa seca (Tabla 1) aumentó con el incremento de los niveles salinos de forma más marcada en el cv. 'Pajimaca', donde se alcanzaron altos porcentajes de inhibición en las concentraciones de 150 y 200 mM (81 y 84% respectivamente).

En general, este cultivar mostró los niveles más altos de inhibición en todas las concentraciones salinas estudiadas, aumentando a medida que aumenta la concentración de NaCl.

Tabla 1. Comportamiento de la masa fresca y masa seca y los porcentajes de inhibición según las concentraciones salinas estudiadas.

NaCl (mM)	Masa fresca				Masa seca			
	Gibara		Pajimaca		Gibara		Pajimaca	
	Biomasa (g)	% de inhibición	Biomasa (g)	% de inhibición	Biomasa (g)	% de inhibición	Biomasa (g)	% de inhibición
0	108,34 a	-	77,07 a	-	21,17 a	-	18,51 a	-
50	108,65 a	-	56,14 ab	27	16,83 a	21	10,71 b	42
100	109,78 a	-	32,53 bc	58	17,18 a	19	7,58 bc	60
150	41,54 b	62	17,45 c	73	10,51 b	50	3,04 c	84
200	34,19 b	68	15,07 c	80	8,86 b	58	4,18 c	77

Estos resultados evidencian una mayor afectación en el cv. 'Pajimaca', a diferencia de los valores encontrados para los porcentajes de germinación, lo que denota una mayor sensibilidad del crecimiento al estrés salino; probablemente debido a que los procesos de división y diferenciación celular durante esta etapa son más afectados, mientras que en la germinación influyen mecanismos fisiológicos enlazados con los primeros ciclos de división celular en el embrión de las semillas, los cuales parecen ser más resistentes al estrés salino que los procesos fisiológicos y bioquímicos que ocurren durante el crecimiento de las plántulas (González, 2002).

Se puede afirmar que una de las causas fundamentales de la afectación del crecimiento de las plántulas en condiciones de salinidad, lo constituyen las variaciones que se producen en la concentración y la relación de las hormonas endógenas estimuladoras e inhibitoras del crecimiento, la cual juega un importante papel regulador de la respuesta de las plantas a la salinidad (González, 2002).

Este comportamiento diferenciado de la germinación y el crecimiento inicial de las plántulas con la salinidad, sugiere que ésta afecta de forma diferenciada según la variedad y que estas afectaciones están en relación directa con la tolerancia varietal.

En la Tabla II se observan las ecuaciones de regresión para cada variable estudiada, así como la concentración de NaCl a la cual disminuye el indicador al 50%.

Se observa que en el cv 'Pajimaca' los indicadores evaluados disminuyen al 50% en concentraciones salinas más bajas (60 al 85 mM de NaCl) que para el cv. 'Gibara' (100 a 165 mM de NaCl), excepto para el crecimiento del coleoptilo, el cual se afecta por igual en ambos cultivares a una concentración de 135- 137 mM.

Tabla II. Concentraciones de NaCl (mM) que disminuyen los indicadores evaluados en un 50%.

Cultivar	Indicadores	Ecuaciones de regresión	R ²	Concentración de NaCl (mM) que disminuye el indicador en un 50%.
Gibara	Longitud de la radícula	$y = -0,0131x + 4,374$	0,9541	156
	Longitud del coleoptilo	$y = -0,0076x + 1,682$	0,9827	100
	Emisión de raíces	$y = -0,0001x^2 + 0,0037x + 0,6611$	0,8508	135
	Biomasa fresca	$y = -0,0019x^2 + 0,0068x + 104,3$	0,7523	164
	Biomasa seca	$y = -0,0764x + 23,422$	0,8138	157
Pajimaca	Longitud de la radícula	$y = -0,0173x + 4,616$	0,9714	60
	Longitud del coleoptilo	$y = 8E-0,5x^2 - 0,0293x + 2,934$	0,9988	137
	Emisión de raíces	$y = 7E-0,5x^2 - 0,0241x + 2,9889$	0,9807	83
	Biomasa fresca	$y = -0,0015x^2 + 0,6121x + 76,013$	0,9296	82
	Biomasa seca	$y = -0,0003x^2 + 0,1408x + 18,016$	0,9863	79

De estos resultados podemos inferir que el cv. 'Pajimaca' es más susceptible a las altas concentraciones salinas que el cv. 'Gibara', y que dentro de los caracteres evaluados, la emisión de raíces, la longitud de la radícula y la biomasa fresca y seca, podrían ser utilizados como marcadores para la selección temprana de genotipos de maíz tolerantes al estrés salino.

En estudios anteriores se ha observado que la longitud del sistema radical fue el marcador más adecuado para evaluar la tolerancia ante el estrés hídrico y salino (González y García, 1997) en genotipos de arroz, por lo que este carácter fisiológico puede estar asociado con la evaluación temprana de la tolerancia varietal bajo condiciones de estrés (García y González, 1997).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- Camejo D y Torres W (2000): La salinidad y su efecto en los estadios iniciales del desarrollo de dos cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). Cultivos Tropicales, 21 (2): 23-26.
- García A y González MC (1997): Morphological marker for the early selection of drought-tolerant rice varieties. Cultivos Tropicales, 18 (2): 47-50.
- González MC y García A (1997): Detección de posibles marcadores morfológicos para la selección temprana de genotipos de arroz tolerantes a la salinidad. Cultivos Tropicales, 18 (3): 87-90.

- González LM y Ramírez R (1999): La absorción de agua por las semillas de arroz a altas concentraciones salinas, como posible indicador de la tolerancia varietal. *Cultivos Tropicales*, 2 (1): 31-34.
- González LM Zamora A y Céspedes N (2000): Tolerancia a la salinidad en cultivares de *Vigna unguiculata* (L) Walp durante las etapas iniciales del crecimiento de las plantas. *Alimentaria*, 314: 105-108.
- González LM (2000): Apuntes sobre la fisiología de las plantas cultivadas bajo estrés de salinidad. *Cultivos Tropicales*, 23 (4): 47-57.
- López R, González LM y García D (1999): Influencia de diferentes niveles de salinidad sobre la inhibición del crecimiento en plántulas de *Phaseolus vulgaris* L. *Cultivos Tropicales*, 20 (1): 27-29.
- Marín E (1991): Inhibición del crecimiento de las plántulas de arroz durante la germinación en condiciones salinas. *Rev. Centro Agrícola*, 18 (3): 3-9.
- Moya JL, Primo-Millo E y Talon M (1999): Morphological factors determining salt-tolerance in citrus seedlings: the shoot to root ratio modulates passive root uptake of chloride ions and their accumulation in leaves. *Plant Cell and Environment*, 22: 1425-1433.
- Murrillo A (2000): Screening and classification of cowpea genotypes for salt-tolerance during germination. *PHYTN, Int. Journal of Exp. Botany*, 67: 71-94.