

Germinación de híbridos F1 de zacate buffel bajo salinidad por cloruro de sodio

Germination of F1 Buffelgrass hybrids under salinity by sodium chloride



Jorge Raúl González-Domínguez¹, Susana Gómez-Martínez¹
y Carmen Vázquez-Neri²

¹Profesor Investigador del Departamento de Fitomejoramiento, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. C.P. 25315. Tel. y Fax 01 (844) 411-0296. dr.jorge_gonzalez@hotmail.com
(*Autor responsable). ² Estudiante de licenciatura de Ingeniero Agrónomo en Producción de la UAAAN.

RESUMEN

El zacate buffel *Pennisetum ciliare* L. ha sido reportado en África, Australia, Argentina, Estados Unidos y México como un zacate tolerante a la sequía, buen productor de forraje y semilla, mejorador del suelo, que consume todo tipo de ganado. Frecuentemente, en las zonas semiáridas donde mejor se adapta, hay exceso de sales en el suelo, principalmente cloruro de sodio (NaCl). El objetivo de este estudio fue conocer la respuesta de híbridos F1 experimentales y variedades comerciales al NaCl durante la germinación de cariósides desnudos. Los cariósides de involucros de nueve híbridos y cuatro variedades almacenados durante ocho años se probaron en mayo sin reposo, y en septiembre con reposo, en agua destilada con concentraciones de 0, 4, 8, 12 y 16 mil partes por millón (ppm) de NaCl. Cincuenta cariósides de cada genotipo se pusieron en cajas Petri durante cuatro semanas, en una germinadora Seedsburo programada a 24-26°C y 8-16 horas de luz-oscuridad. Se registraron semillas brotadas y plántulas normales diariamente; a partir de los datos de germinación (semillas brotadas) se calcularon índices de velocidad de germinación (IVG) con la fórmula de Maguire (1962). La germinación, número de plántulas normales e IVG fueron más altos en mayo y hubo diferencias significativas entre genotipos en las tres variables. En septiembre hubo diferencias significativas en las tres variables entre genotipos y entre concentraciones de NaCl. La velocidad de germinación fue la más afectada y la germinación la menos afectada por la salinidad, y su efecto negativo fue mayor en la prueba de septiembre a 12 y 16 mil ppm. Las variables estuvieron correlacionadas positivamente, y sólo el valor de plántulas normales e IVG fue no significativo. Con estos resultados se concluyó que se puede mejorar la retención de la viabilidad de los cariósides desnudos, la frecuencia de plántulas normales, la rapidez de germinación y la tolerancia a NaCl.

Palabras Clave: *Pennisetum ciliare*, IVG, cariósides, forraje

ABSTRACT

Buffelgrass *Pennisetum ciliare* L. has been reported in Africa, Australia, Argentina, United States and Mexico as a drought tolerant grass, good forage and seed producer, soil improver grazed by all kind of livestock. A common problem in semiarid zones is excessive amount of salts in the soil mainly sodium chloride (NaCl). The aim of the study was to learn during germination the response of F1 buffelgrass hybrids to salinity by NaCl. After eight years of storage of burs of nine buffelgrass hybrids, naked caryopsis were tested for germination in May and September in distilled water with 0, 4, 8, 12 and 16 thousand parts per million (ppm) of NaCl. Four commercial varieties were included in both experiments. Fifty caryopsis of each genotype were put in Petri dishes and checked over four weeks in a Seedsburo germinator chamber set to 24-26°C temperature and 8-16 hours of light-darkness. Number of sprouted caryopsis and normal seedlings were recorded daily, germination data were used to calculate index of speed germination using Maguire's formula. Sprouted caryopsis (germination), number of normal seedlings and IVG's were higher in May and significant differences were found among genotypes but not for NaCl concentrations, in September, significant differences were found among genotypes and NaCl concentrations for all three variables. Germination and speed of germination were the least and more effected by NaCl respectively. Five of six correlations coefficients among variables were positive and significant. It was concluded that life span of naked caryopsis, frequency of normal seedlings, speed germination and NaCl tolerance can be improved by selection.

Key words: *Pennisetum ciliare*, IVG, caryopsis, forage

INTRODUCCIÓN

La hibridación en plantas sólo es posible cuando existe la reproducción sexual, aunque en algunas especies se logra por la reproducción asexual obligada por la semilla. Este tipo de reproducción se llama apomixis obligada, y la evidencia experimental que demostró su amplia prevalencia en el zacate buffel *Pennisetum ciliare* L. la proporción Snyder *et al.* (1955), en Puerto Rico. El progenitor que se utilizó como hembra para la formación de los híbridos F1, se desarrolló a partir de una planta que se encontró en campo y luego se reportó como planta de reproducción sexual (Bashaw, 1962; Bashaw, 1969).

En las regiones de Queensland y noroeste de New South Wales en Australia, el zacate Buffel es extremadamente tolerante a la sequía, responde rápidamente a las lluvias de verano y es persistente (Hacker y Waite, 2001); en este país también se considera como buen productor de semilla y resistente a la sequía (Cook *et al.*, 2005). En Argentina se reporta como resistente a periodos prolongados de sequía por su sistema radicular profundo y bien desarrollado (Giraudó, 2003), con producción de forraje aceptable y mejorador de las condiciones físicas del suelo (Griffa, 2009), que se adapta en la región noreste, donde se encuentran importantes áreas de pastizales (Griffa, 2011).

En el noreste y noroeste de México, el zacate buffel ocupa cientos de miles de ha, hecho que demuestra también que la resistencia a la sequía es, quizás, la característica más importante de esta forrajera. Por su tolerancia a periodos prolongados de sequía puede persistir hasta por 20 años en praderas de temporal, se desarrolla con baja precipitación y prácticamente lo consume todo tipo de animales, incluidos los silvestres (Eguiarte y González, 1993).

Los sistemas de producción pecuaria del noreste de México, por depender de las condiciones naturales de lluvia y temperatura, se presumen más vulnerables a los cambios climático: frecuencia de sequías, ondas cálidas, ventarrones y heladas, lo que representa una amenaza para la producción de alimentos de origen animal. Otro fenómeno desfavorable y frecuente en las zonas semiáridas del país es la presencia excesiva de sales en el suelo, que afectan la producción de forraje y de leguminosas.

El centro de origen de muchos zacates se encuentra en las zonas áridas de África del Sur y el sureste de Asia, donde existen grandes extensiones de

suelos salinizados, lo que permitió la selección natural al desarrollarse, incluso, plantas halófilas dentro de la familia (Udovenko, 1997).

En Argentina se ha reportado que, en la zona productiva que se encuentra entre las provincias de Buenos Aires, Córdoba, Entre Ríos y Santa Fe, existen más de 20 millones de hectáreas afectadas por salinidad (Taleismik *et al.*, 2007); además, según estos autores, en América del Sur la superficie de suelos afectados por salinidad es de 129 millones de ha, y en el mundo, de 800 millones.

El zacate panizo azul es muy tolerante a la salinidad, y se ha demostrado que al utilizar soluciones salinas en su selección, conduce al desarrollo de poblaciones con mayor tolerancia a la salinidad durante la germinación (González, 1979). En Argentina se han diseñado planes de mejoramiento de especies nativas e introducidas para mejorar la tolerancia de los cultivos a la salinidad (Taleismik *et al.*, 2007).

El objetivo del presente trabajo fue conocer la respuesta de híbridos experimentales F1 del Grupo Élite I de zacate buffel, de zacate común (testigo) y de otras tres variedades comerciales, a diferentes niveles de salinidad con NaCl, durante la fase de germinación, en cariósides con cero y 120 días de reposo después del proceso de su extracción de las glumas, lemas y paleas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los híbridos utilizados son parte del Grupo Élite I (GE I), el cual se desarrolló en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro mediante dos ciclos de selección después de la cruce del clon sexual TAM CRD B1s con la variedad Zaragoza 115 (Z115) (Gómez, 2009). Semilla del todo el GE I, del zacate común y del Z115 se cosechó en 2003, en Reynosa, Tamaulipas. Los involucros de este germoplasma permanecieron en bolsas de papel en el almacén del programa de pastos durante ocho años, bajo condiciones del medio ambiente en Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Involucros de nueve híbridos y de las variedades comerciales Biloela (B), Común (C), Nueces (N) y Zaragoza 115, el 30 de abril de 2012 fueron desprovistos de las glumas, lemas y paleas para extraer los cariósides. Para germinar cariósides de los 13 genotipos, se utilizó agua destilada y cuatro soluciones en concentraciones de 4, 8, 12 y 16 mil partes por millón (ppm) de cloruro de sodio (NaCl). Se pusieron 13 cajas Petri con papel filtro en cada una de las

charolas que se utilizaron para los cinco niveles de salinidad. Los genotipos se distribuyeron al azar en las 13 cajas Petri de cada charola; se pusieron 50 cariósides por caja Petri, a las que se agregaron seis mililitros de agua destilada o de solución salina. La prueba inició el seis de mayo de 2012 en una germinadora Seedsburo, programada a $26^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y luz-oscuridad de 8-16 horas, respectivamente.

Durante cuatro semanas se registró diariamente la germinación y el número de plántulas normales. Al final del experimento se calculó el Índice de Velocidad de Germinación (IVG) con la fórmula de Maguire (1962). En septiembre de 2012, cuando los cariósides de reserva tenían cuatro meses desprovistos de sus envolturas protectoras, se realizó una segunda prueba utilizando los mismos genotipos y metodologías. Los datos fueron analizados por la técnica de análisis de la varianza (ANOVA) y se calcularon las

correlaciones simples de todas las combinaciones de germinación, plántulas normales y el IVG.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontraron diferencias altamente significativas en germinación entre genotipos en la prueba de mayo. En la prueba de septiembre se registraron diferencias altamente significativas entre genotipos y entre concentraciones de NaCl. En el Cuadro 1 se presentan las comparaciones de medias de germinación de los genotipos en ambas pruebas; los porcentajes de germinación de los genotipos son promedio de la germinación en los cinco niveles de salinidad.

En mayo, la variedad Z-115, progenitor masculino de los híbridos F1, tuvo germinación de 86.8%, sólo por debajo del híbrido 7, que tuvo la máxima germinación con 92.4%, valor 5.8 veces más alto que

Cuadro 1. Germinación promedio de genotipos de zacate buffel en cinco niveles de salinidad por NaCl, con cariósides recién extraídos de sus envolturas protectoras y 120 días después.

Genotipo	Germinación %				
	Mayo		Septiembre		
7	92.45	a		37.76	abc
10 [Z]	86.80	ab	Z	24.60	cd
2	86.69	ab		29.04	bcd
5 [N]	86.45	ab	N	20.00	d
11 [C]	85.92	ab	C	49.09	a
6	84.63	ab		40.71	ab
8	81.58	b		17.66	d
1	81.56	b		0.66	e
13 [B]	77.83	bc	B	52.05	a
3	72.18	cd		23.19	cd
9	63.39	de		17.68	d
12 [M5]	54.59	e		32.70	bcd
4	15.83	f		19.64	d
	\bar{X} 74.61			\bar{X} 28.22	

Medias con literales distintas en una columna son estadísticamente diferentes [DMS pd 0.05]. Biloela [B], Común [C], Nueces [N] y Zaragoza 115 [Z].

la germinación de 15.8% del híbrido 4. En septiembre, con la única excepción del híbrido 4, todos los genotipos mostraron reducciones en germinación desde 33% para Biloela, hasta 92% para el híbrido 1; la reducción promedio de todos los genotipos, en septiembre fue de 37.8%. Los resultados muestran que hay híbridos que conservan mayor viabilidad de sus carióspsides bajo ambas condiciones de almacenamiento, como involucros y como carióspsides sin estructuras protectoras; otros híbridos muestran potencial para uno u otro propósito. Las variedades Biloela y Común tienen potencial como progenitores en programas de hibridación.

En el Cuadro 2 se presenta la germinación en las cinco concentraciones de salinidad; estos valores son promedio de los 13 genotipos en cada una de las dos fechas de prueba, en el 2012. En la prueba de mayo no hubo diferencias significativas entre niveles de salinidad, ya que los resultados muestran que los carióspsides recién extraídos de sus cubiertas protectoras tuvieron porcentajes tan altos de germinación en la concentración de 16 mil ppm de NaCl, como aquellos que estuvieron en agua destilada. Por el contrario, en la prueba de septiembre, cuando se incrementó la concentración de NaCl, la germinación de los carióspsides se redujo llegando a ser inferior a 4% en la solución de 16 mil ppm de NaCl, concentración que indujo una reducción de 95% en la germinación con relación a la prueba de mayo.

Cuadro 2. Germinación promedio de 13 genotipos de zacate buffel en cinco concentraciones de salinidad por NaCl, en dos pruebas.

NaCl ppm	Germinación %		Reducción %
	Mayo	Septiembre	
0 (agua)	76.36	50.72 a	33.57
4000	75.47	42.47 ab	43.72
8000	76.33	29.73 bc	61.05
12000	72.31	14.52 c	79.92
16000	72.57	3.69 d	94.91
\bar{X}	74.60	28.22 d	62.17

Al comparar los porcentajes de germinación de mayo y septiembre en agua destilada (Cuadro 3), se encontró que el rango de germinación para la prueba de mayo fue de 18% a 100% según valores registrados por el híbrido 4 y la variedad Z115, respectivamente. En la prueba de septiembre la germinación varió de 0.0% a 85.7%, rango establecido por el híbrido 1 y buffel común, respectivamente. La diferencia entre los valores extremos de las pruebas fue de 82.0% para la de mayo y de 85.7% para la de septiembre. Estos porcentajes son muy parecidos, aunque se establecieron por genotipos diferentes dentro de cada prueba. Esto sugiere que, en estas pruebas, la variación que se observó en la capacidad de germinación de los genotipos tiene una base genética, pero debido a genes diferentes en uno y otro caso.

Cuadro 3. Germinación de carióspsides de genotipos de zacate buffel en agua destilada, recién extraídos de sus envolturas protectoras y 120 días después.

Genotipo	Germinación %	
	Mayo	Septiembre
1	82.0	0.0
2	88.0	54.1
3	54.7	44.0
4	18.0	52.9
5 (N)	89.5	38.0
6	88.0	62.0
7	92.1	70.8
8	84.0	36.7
9	72.3	46.9
10 (Z)	100.0	34.7
11 (C)	90.0	85.7
12 (M5)	56.0	62.0
13 (B)	78.0	71.4
\bar{X}	76.35	50.70

La reducción de la germinación en las pruebas de septiembre es atribuible a deterioro fisiológico de los

cariópsides. En 120 días, buffel común perdió solamente 5% de su germinación respecto a la de mayo, pero el genotipo 1 perdió totalmente su capacidad inicial para germinar. Desde el punto de vista de conservación del germoplasma, al considerar los resultados (Cuadro 1), todos los genotipos, aun en la prueba de septiembre, mostraron germinación suficiente para hacer posible la renovación de la semilla.

El caso de zacates apomícticos obligados, como el zacate buffel, donde la composición genética de las plantas de un genotipo no varía de una generación a otra, una sola planta podría ser suficiente para la renovación de semilla. Los mejoradores del Programa de Buffel, en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro de Coahuila de Zaragoza, observaron más de 500 panículas en una sola planta F1, aunque existió el caso en el que detectaron una planta que produjo más de 800 panículas.

En la prueba de septiembre con agua destilada, la germinación se redujo en 33.5% respecto a la observada en la prueba de mayo, la cual puede atribuirse solamente a pérdida de vigor por envejecimiento de la semilla, inducido por la falta de cubiertas protectoras durante cuatro meses. Si esta reducción se resta de la germinación en los niveles de salinidad restantes, entonces las diferencias en reducción de 10%, 27%, 46% y 61%, calculadas para las concentraciones de 4, 8, 12, y 16 mil ppm de NaCl, respectivamente, pueden atribuirse a un creciente efecto osmótico, al aumentar la concentración de la sal, lo que ocasiona una disminución en la capacidad de absorción de agua de los cariópsides (Poljakoff *et al.*, 1998).

El Cuadro 4 muestra que los cariópsides de los híbridos y variedades tienen capacidad diferente para absorber agua de una solución de 16 mil ppm de NaCl, y algunos lograron germinaciones altas cuando los cariópsides no tuvieron reposo después de su extracción; en consecuencia, varios híbridos experimentales pueden seleccionarse para desarrollar materiales con adaptación a condiciones de sequía natural o inducida por sales. Este tipo de variedades son necesarias también como cultivos básicos para el proceso de adaptación de la agricultura al cambio climático (Ruiz, 2012), para así revertir en lo posible la dependencia de las importaciones en el sector agropecuario (Magaña y Neri, 2012).

Los resultados para plántulas normales y velocidad de germinación fueron similares a los de germinación, y los valores fueron mayores en la prueba de mayo en todos los casos. Las concentraciones

Cuadro 4. Germinación de genotipos de zacate buffel en 16000 ppm de NaCl en cariópsides recién extraídos de sus envolturas protectoras y 120 días después.

Genotipo	Germinación %	
	Mayo	Septiembre
1	91.84	0.00
2	83.67	0.00
3	70.83	2.00
4	14.58	0.00
5 (N)	89.58	6.00
6	76.00	8.00
7	84.31	0.00
8	80.39	10.00
9	62.26	0.00
10 (Z)	74.00	0.00
11 (C)	84.00	0.00
12 (M5)	56.00	0.00
13 (B)	76.00	16.00
\bar{x}	72.57	3.69

de NaCl afectaron diferentemente la frecuencia de plántulas normales y la velocidad de germinación en la prueba de septiembre, mientras que en la prueba de mayo también hubo efectos diferentes sobre la velocidad de germinación.

Los coeficientes de correlación simple entre germinación y plántulas normales fueron de 0.968 y 0.902 para las pruebas de mayo y septiembre, respectivamente, en tanto que los valores de plántulas normales estuvieron asociados con la velocidad de germinación, como lo indican los coeficientes de correlación de 0.929 para la prueba de mayo y 0.977 para la de septiembre. La germinación también estuvo asociada con el índice de velocidad de germinación, cuyo valor del coeficiente fue de 0.860, pero solamente en la prueba de mayo. La germinación no se correlacionó con IVG cuando la capacidad de los cariópsides para germinar ya estaba deteriorada al término del reposo de cuatro meses en la prueba de septiembre; esto lo indicó el valor de 0.259 del coeficiente de correlación.

CONCLUSIONES

La duración de la capacidad para germinar de los cariósides de zacate buffel cuando estos se almacenan con o sin las glumas, lemas y paleas que los envuelven, puede ser mejorada mediante selección de genotipos sobresalientes para esta característica. Algunos genotipos mostraron potencial para ambas maneras de conservación y otros para una u otra forma de almacenamiento.

La inhibición de la germinación por la salinidad es diferente en cariósides en proceso de deterioro, respecto a los que no han iniciado este proceso. En los primeros, la inhibición inicia a bajas concentraciones y es total a 16 mil ppm de NaCl; en los segundos, la inhibición inicia a esta concentración. La frecuencia de plántulas normales es el mejor indicador del vigor de la semilla en ambas maneras de almacenamiento de la semilla.

LITERATURA CITADA

- BASHAW, E.C. 1962. Apomixis and sexuality in buffelgrass. *Crop Sci.* 2:412-415.
- BASHAW, E. C. 1969. Registration of buffelgrass germplasm. *Crop Sci.* 9:396.
- COOK, B. G., B. Penquelly, S.D. Brown, J. L. Donnelly, D. A. Eagles, M.A. Franco, J. Hanson, B.F. Mullen, I.J. Patridge, M. Peters and Schultze-Kraft. 2005. Tropical Forages: an interactive selection tool. (CD-ROM) CSIRO, DPI & F. CIAT and ILRI. Brisbane, Australia.
- EGUIARTE V., J.A., A. González S. 1993. Avances en las investigaciones del buffel Biloela en la región del Pacífico I. Producción de semilla y forraje. *Pastos y Forrajes* 16 (3): 227-236.
- GIRAUDO, M. 2003. Buffelgrass, el pasto. *Marca Líquida Agropecuaria*, Córdoba, 13(121):17-21.
- GÓMEZ M., S. 2009. Desarrollo de híbridos simples de reproducción sexual y determinación de su compatibilidad en cruza con variedades apomícticas de zacate buffel *Pennisetum ciliare* L. 148 pp.
- GONZÁLEZ D., J.R. 1979. Response of selected populations and crosses of blue panicgrass, *Panicum antidotale* Retz. To several chlorides. Doctor of Philosophy Dissertation, the University of Arizona.
- GRIFFA, M. S. 2009. Caracterización bioquímica y molecular de germoplasma, evaluación de la tolerancia a la salinidad y obtención de híbridos en buffel grass. Tesis Doctorado. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. 144pp.
- GRIFFA, M. S., A. Ribotta, C. Luna, G. Bollati; C.E. López, E. Tommasino, E. Carloni; M. Quiroga y K. Grunberg, 2011. Evaluación morfológica del cultivar de buffelgrass "Lucero INTA-PEMAN" en condiciones de sequía. *Rev. Inv. Agropecuaria* 37 (1): 86-91.
- HACKER, J.B. and R. B. Waite. 2001. Selecting buffelgrass (*Cenchrus ciliaris*) with improved spring yield in subtropical Australia. *Tropical Grasslands* 35: 205-210.
- MAGAÑA R., V.O. y C. Neri. 2012. Cambio climático y sequías en México. *Ciencia* 63 (4): 23-35. *Revista de la Academia Mexicana de Ciencias.*
- MAGUIRE, J.D. 1962. Speed of germination, aid in selection and evolution of seedling emergence vigor. *Crop Sci.* 2:176-177.
- POLJAKOFF-MAYBER, A., and Lerner H.R. 1998. Plants in saline environments. In: *Handbook of plant and crop stress*. Second edition. Edited by Pessaraki M.
- RUIZ C., J.A. 2012. Adaptar la agricultura al cambio climático. *Ciencia* 63 (4): 26-35. *Revista de la Academia Mexicana de Ciencias.*
- SNYDER, L.A., A.R. Hernández and H.E. Warmke. 1955. The mechanism of apomixis in *Pennisetum ciliare*. *Bot. Gaz.* 116:209-221.
- TALISMIS, E., K. Grunberg y G. Santa María. 2007. La salinización de suelos en la Argentina: su impacto en la producción agropecuaria. Editorial de la Universidad Católica de Córdoba.
- UDOVENKO, G.V. 1977. Resistencia de las plantas cultivadas a la salinidad. Ed. Kolos. Leningrado, URSS. p. 215.