

Germinación y desarrollo de plántulas de tres híbridos de maíz (*Zea mays* L.) bajo soluciones osmóticas. II. Na_2SO_4

Seed germination and seedling growth of three corn (*Zea mays* L.) hybrids under osmotic solutions. II. Na_2SO_4

J.R. Méndez Natera, F.T. Ybarra Pérez y J.F. Merazo Pinto

Departamento de Agronomía, Escuela de Ingeniería Agronómica, Universidad de Oriente, Maturín, 6201, Monagas. Venezuela.

Resumen

El objetivo fue evaluar el efecto de cinco potenciales osmóticos (PO), creados con sulfato de sodio en la germinación y crecimiento de plántulas de maíz. Se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo factorial y cuatro repeticiones. Los factores fueron el PO a cinco niveles: -0,0; -0,3; -0,6; -0,9 y -1,2 MPa e híbridos de maíz a tres niveles (Cargill-633, Himeca-2003 y Pioneer-3031). El porcentaje de germinación disminuyó 83,72 y 73,28% a -0,9 y -1,2 MPa, respectivamente. La altura de las plántulas se redujo 97,54 y 98,18%, a -0,6 y -0,9 MPa, respectivamente. La biomasa seca del vástago y de la radícula, número de hojas plántula⁻¹ y longitud radicular decrecieron con la disminución del PO. Se sugieren los PO -0,3 y -0,6 MPa para seleccionar genotipos para tolerancia a la salinidad.

Palabras clave: maíz, *Zea mays*, estrés salino, estrés hídrico, Na_2SO_4 , selección.

Abstract

The objective was to evaluate the effect of five osmotic potentials (OP) created with sodium sulfate on seed germination and seedling growth of corn. A 3 x 5 factorial experiment in a randomized complete block design was used with four replications. Factors were OP at five levels: -0.0, -0.3, -0.6, -0.9 and -1.2 MPa and corn hybrids at three levels (Cargill-633, Himeca-2003 and Pioneer-3031). Germination percentage decreased 83.72 and 73.28% at -0.9 and -1.2 MPa,

respectively. The biggest reduction in seedling height was at -0.6 and -0.9 MPa with 97.54 and 98.18%, respectively. Shoot dry biomass, radicle dry biomass, number of leaves seedling⁻¹ and radical length decreased as PO declined. The PO of -0.3 and -0.6 MPa are suggested to select genotypes for salt tolerance.

Key words: corn, *Zea mays*, salinity stress, water stress, Na₂SO₄, selection.

Introducción

La germinación y el crecimiento de las plántulas son etapas críticas para la vida, a menudo sujetas a altas tasas de mortalidad. Las semillas y las plántulas pueden ser menos resistentes al estrés que las plantas adultas o puedan estar expuestas a las fluctuaciones más extremas del medio ambiente en o cerca de la superficie del suelo. En cualquier caso, la capacidad de sobrevivir a este nicho de regeneración puede ser un factor determinante de la distribución de las especies en ambientes adversos (Shonjani, 2002).

El maíz representa uno de los principales rubros agrícolas de Venezuela, por consiguiente es sembrado en una gran parte del territorio nacional bajo diferentes condiciones edafoclimáticas, desde suelos arenosos hasta suelos pesados, ambientes con altas a bajas precipitaciones, suelos salinos ó con alto contenido de aluminio, entre otros. Bajo estas circunstancias es necesario conocer el comportamiento de diferentes cultivares de maíz a estas condiciones adversas y especialmente a las de salinidad. Un paso previo a este comportamiento bajo estrés salino pudiera ser la evaluación de genotipos de maíz bajo condiciones simuladas utilizando soluciones salinizadoras como cloruro de sodio, sulfato de sodio, entre otras.

Kayani y Rahman (1987) colo-

Introduction

Germination and seedling growth are critical phases for life, and sometimes submitted to high mortality rates. Seeds and seedlings can be less resistant to stress than adult plants, or might be exposed to more extreme fluctuations of the environment near the soil. In any case, the capacity to survive to this regeneration process may be a determinant factor of the species distribution in adverse environments (Shonjani, 2002).

Corn represents one of the main agriculture products of Venezuela, consequently, it is sowed in a huge parte nationally under different soil and weather conditions, from Sandy soils to rocky soils, environments with high and low precipitations, salty soils or with high content of aluminum, among others. Under these circumstances, it is necessary to know the behavior of different corn plantations towards adverse conditions specially salinity. A prior step of this behavior under salt stress might be the evaluation of corn genotypes under simulated conditions, using salty solutions as sodium chloride, sodium sulphate, among others.

Kayani and Rahman (1987) put seeds from three corn seedlings in Na₂SO₄ solutions of osmotic potentials of 0.00; 0.42; 0.85 or 1.27 MPa and found that the germination reduced in

caron semillas de tres cultivares de maíz en soluciones de Na_2SO_4 de potenciales osmóticos de 0,00; -0,42; -0,85 ó -1,27 MPa y encontraron que la germinación disminuyó en los cultivares Agati 72 Yousafwala (18-19%) y Sunahry (20%), mientras que para Sultan Yousafwala, la respuesta fue no significativa, indicando diferencias genéticas a la tolerancia al estrés salino. En la mayoría de los casos, los problemas de salinidad están vinculados a un exceso de NaCl en el agua de riego, pero a veces otras sales tales como Na_2SO_4 están presentes. Hay pocos estudios sobre el efecto de Na_2SO_4 en el crecimiento de las plantas (Kaymakanova y Stoeva, 2008). En virtud de lo expuesto, el objetivo fue evaluar el efecto de cinco potenciales osmóticos creados con Na_2SO_4 sobre la capacidad de germinación de las semillas y posterior crecimiento de las plántulas de tres híbridos de maíz.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en el Laboratorio del Postgrado de Agricultura Tropical, Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas, Maturín, estado Monagas, Venezuela. Se usaron los híbridos comerciales de maíz Cargill 633, Himeca 2003 y Pioneer 3031. Las semillas tuvieron un contenido de humedad de 12%. El ensayo se realizó en un diseño de bloques al azar en arreglo factorial con cuatro repeticiones, un factor estuvo constituido por cinco potenciales osmóticos y el otro factor correspondió a los híbridos de maíz. Los potenciales osmóticos de 0,0; -0,3; -0,6; -0,9 y -1,2 MPa se obtu-

seedlings Agati 72 Yousafwala (18-19%) and Sunahry (20%), while for Sultan Yousafwala, the answer was not significant, indicating genetic differences to tolerance of salt stress. In most of the cases, salinity problems are related to an excess of NaCl in the irrigation water, but sometimes other salts such as Na_2SO_4 are present. There a few studies about the Na_2SO_4 effect in the plant's growth (Kaymakanova y Stoeva, 2008). Due to the exposed before, the objective was to evaluate the effect of five osmotic potentials created with Na_2SO_4 on the capacity of seedlings germination and the posterior seedling growth of three corn hybrids.

Materials and methods

The experiment was done at the Tropical Agriculture Laboratory, Universidad de Oriente, Monagas campus, Maturín, Monagas state, Venezuela. The commercial hybrids of corn were used Cargill 633, Himeca 2003 and Pioneer 3031. Seeds had a humidity content of 12%. The essay was done with a factorial random design with four replications, a factor was constituted by five potential osmotic and the other factor corresponded to corn hybrids. The osmotic potentials of 0.0; -0.3; -0.6; -0.9 and MPa were obtained according to the J.H. Van't Hoff equation (Salisbury and Ross 1978) adding 0.00; 21.54; 43.02; 64.56 and 86.10 g of Na_2SO_4 , respectively, in a liter of water. 500 seeds of each hybrid were used, subsequently, were divided in plastic bags with 25 seeds each, then were disinfected with a commercial chloride solution at 10% (10 mL of

vieron de acuerdo a la ecuación de J.H. Van't Hoff (Salisbury y Ross, 1978) agregando 0,00; 21,54; 43,02; 64,56 y 86,10 g de Na_2SO_4 , respectivamente, en un litro de agua. Se usaron 500 semillas de cada híbrido, posteriormente se separaron en bolsas de plástico con 25 semillas cada una, luego se desinfectaron con una solución de cloro comercial al 10% (10 mL de cloro comercial.100 mL de agua⁻¹) durante 3 minutos, enjuagándose con agua para eliminar el exceso de cloro. Después se procedió a la siembra en el laboratorio distribuyendo las semillas en hileras de 25 semillas de cada uno de los híbridos en hojas de papel absorbente colocadas sobre bandejas de metal aluminio y se cubrieron con dos hojas de dicho papel. Se regaron diariamente aplicando las soluciones osmóticas de Na_2SO_4 dos veces al día durante 12 días.

Las plántulas se cosecharon a los 12 días después de la siembra y se determinaron los siguientes caracteres: porcentaje de germinación; altura de la plántula (cm); longitud de la raíz (cm); número de hojas plántula⁻¹; biomasa seca del vástago (g); biomasa seca de radícula (g); relación altura de plántula · longitud de radícula⁻¹ y relación biomasa seca del vástago biomasa seca de radícula⁻¹. Se realizó el análisis de varianza convencional. Las diferencias entre los promedios para el efecto principal de cultivares se detectó mediante la prueba de rangos múltiples de Duncan, mientras que si el efecto principal potenciales osmóticos o la interacción cultivares x potenciales osmóticos fueron significativos se realizó el análisis de regresión correspon-

commercial chloride 100 mL of water⁻¹) for 3 minutes, washing them with water to eliminate the excess of chloride. Later, it was proceeded to sow seeds at the lab, distributing seeds in lines of 25 seeds of each of the hybrids, in absorbent paper put on metal trays and covered with such paper. Were watered daily applying osmotic solutions of Na_2SO_4 twice a day, for 12 days.

Seedlings were harvested 12 days after the sow, and the following characteristics were determined: germination percentage, seedling height (cm), root longitude (cm), number of leaves-seedling⁻¹; shoot dry biomass (g); radical dry biomass (g) relation of seedling height-radical longitude⁻¹ and relation of shoot dry biomass-radical dry biomass⁻¹. The conventional variance analysis was done. Differences among means for the main effect of cultivars were detected using Duncan rank multiple test, while the main effect of osmotic potentials or the cultivars interaction x osmotic potentials used a probability level of 0.05. Prior to the variance analysis, the germination percentages transformed to , while the rest of the characteristics transformed with .

Results and discussion

In Table 1 are shown the variance analysis and the regression analysis for the evaluated characteristics. There was only significant interaction for the radical longitude and the number of leaves. The osmotic potential was significant for the germination percentage, height of the plant, longitude of the radical,

diente. En todos los análisis estadísticos se utilizó un nivel de probabilidad de 0,05. Previamente al análisis de varianza, los porcentajes de germinación se transformaron mediante $\text{Arc Seno } \sqrt{(x+3/8)/(n+3/4)}$, mientras que el resto de los caracteres se transformaron mediante $\sqrt{(x+0,5)}$.

Resultados y discusión

En el cuadro 1 se muestra el análisis de varianza y de regresión para los caracteres evaluados. Sólo hubo interacción significativa para la longitud de la radícula y el número de hojas. El potencial osmótico fue significativo para el porcentaje de germinación, altura de planta, longitud de la radícula, biomasa seca del vástago y la relación altura de planta longitud de la radícula⁻¹ y la relación biomasa del vástago biomasa de radícula⁻¹. El efecto cultivares sólo fue significativo para el número de hojas. Todas las ecuaciones de regresión presentaron un alto ajuste ($R^2 > 89,00\%$), excepto relación biomasa del vástago biomasa de radícula⁻¹ que tuvo un valor de 56,52%.

La figura 1 muestra el análisis de regresión de los caracteres bajo estudio que resultaron significativos para las fuentes de variación potenciales osmóticos ó la interacción cultivares x potenciales osmóticos (todos los caracteres evaluados). Para el porcentaje de germinación (figura 1A), altura de plántula (figura 1B), biomasa seca del vástago y biomasa seca de la radícula (figura 1D), la relación altura de plántula longitud de radícula⁻¹ y la relación biomasa de

shoot dry biomass and the relation of plant longitude of the radical⁻¹ and the relation of shoot dry biomass biomass of the radical⁻¹. The effect of cultivars was only significant for the number of leaves. All regression equations presented a high adjustment ($R^2 > 89.00\%$), except for shoot dry biomass radical biomass⁻¹ which had a value of 56.52%.

Figure 1 shows the regression analysis of the characteristics under study which resulted significant for the variation sourced of potential osmotic or the cultivar interaction x osmotic potentials (all the evaluated characteristics). For the germination percentage (figure A), seedling height (figure 1B), shoot dry biomass and radical dry biomass (figure 1D), the relation height of the seedling longitude of the radical⁻¹, shoot dry biomass radical biomass⁻¹ (Figure 1E), the response were cubic, cubic, quadratic, quadratic, quadratic and lineal, respectively as a mean of cultivars, that is, the interaction was not significant, while for the number of leaves seedling⁻¹ (figure 1C) and the radical longitude (figure 1D), the interaction of cultivars x osmotic potentials was significant, with quadratic responses for the three hybrids for the radical longitude and quadratic, quadratic and cubic for Cargill 633, Himeca 2003 and Pioneer 3031, respectively, for the number of leaves.

The germination percentage increased 9.45% at -0.3 MPa and then reduced with potential increments, germination reduced 83.72 and 73.28% to -0.9 and -1.2 MPa, respectively. In general, salinity inhibited the seeds

Cuadro 1. Análisis de varianza y de regresión para el porcentaje de germinación (PG), altura de plántula (AP) (cm), longitud de la radícula (LR) (cm), número de hojas (NH), biomasa seca del vástago (BV) (g), biomasa seca de la radícula (BR) (g), relación AP·LR⁻¹ y relación BV·BR⁻¹ de tres cultivares de maíz (*Zea mays* L.) bajo diferentes potenciales osmóticos creados con cloruro de sodio.

Table 1. Variance and regression analysis for the germination percentage (PG), seedling height (AP) (cm), radical longitude (LR) (cm), number of leaves (NH), shoot dry biomass (BV) (g), radical dry biomass (BR) (g), relation AP·LR⁻¹ and relation BV·BR⁻¹ of three corn cultivars (*Zea mays* L.) under different osmotic potentials created with sodium chloride.

Fuente de variación	Cuadrados medios								
	GL	PG	AP	LR	NH	BV	BR	RAP/LR	RBV/BR
Repeticiones	3	8,25 *	0,05 ns	0,10 ns	0,004 ns	0,00003 ns	0,00008 ns	0,065 ns	0,136 *
Cultivares (C)	2	2,20 ns	0,02 ns	0,34 ns	0,033 *	0,00004 ns	0,00008 ns	0,065 ns	0,062 ns
Pot Osmótico (PO)	4	69,62 *	23,48 *	19,68 *	1,700 *	0,00206 *	0,00335 *	0,270 *	0,184 *
Reg. Lineal	1	215,99 *	61,74 *			0,00622 *	0,01060 *	0,827 *	0,415 *
Reg. Cuadrática	1	0,44 ns	30,27 *			0,00197 *	0,00269 *	0,147 *	0,007 ns
Reg. Cúbica	1	50,11 *	1,63 *			0,00000 ns	0,00008 ns	0,004 ns	0,116 ns
Efecto Residual	1	11,94 *	0,28 ns			0,00005 ns	0,00004 ns	0,102 *	0,196 *
C * PO	8	2,97 ns	0,12 ns	0,27 *	0,059 *	0,00003 ns	0,00006 ns	0,006 ns	0,022 ns
Cargil 633 en PO	4			7,33 *	0,760 *				
Reg. Lineal	1			25,99 *	2,430 *				
Reg. Cuadrática	1			3,28 *	0,447 *				
Reg. Cúbica	1			0,01 ns	0,032 ns				
Efecto Residual	1			0,02 ns	0,128 *				

Cuadro 1. Análisis de varianza y de regresión para el porcentaje de germinación (PG), altura de plántula (AP) (cm), longitud de la raíz (LR) (cm), número de hojas (NH), biomasa seca del vástago (BV) (g), biomasa seca de la raíz (BR) (g), relación AP·LR⁻¹ y relación BV·BR⁻¹ de tres cultivares de maíz (*Zea mays* L.) bajo diferentes potenciales osmóticos creados con cloruro de sodio (Continuación).

Table 1. Variance and regression analysis for the germination percentage (PG), seedling height (AP) (cm), radical longitude (LR) (cm), number of leaves (NH), shoot dry biomass (BV) (g), radical dry biomass (BR) (g), relation AP·LR⁻¹ and relation BV·BR⁻¹ of three corn cultivars (*Zea mays* L.) under different osmotic potentials created with sodium chloride (Continuation).

Fuente de variación	GL	PG	AP	LR	NH	BV	BR	RAP/LR	RBV/BR
Pionner 3031 en PO	4			5,07 *	0,489 *				
Reg. Lineal	1			12,43 *	0,860 *				
Reg. Cuadrática	1			7,80 *	1,016 *				
Reg. Cúbica	1			0,05 ns	0,067 *				
Efecto Residual	1			0,01 ns	0,015 ns				
Error Experimental	42	1,48	0,12	0,12	0,008	0,00003	0,00009	0,025	0,047
Total	83								
C. V. (%)		11,15	18,84	17,10	9,26	0,79	1,32	15,51	21,59
R ² total (%)		95,55	99,70	99,76	97,32	99,38	99,14	89,15	56,52

vástago biomasa de radícula⁻¹ (figura 1E), las respuestas fueron cúbica, cúbica, cuadrática, cuadrática, cuadrática y lineal, respectivamente como promedio de los cultivares, es decir, la interacción fue no significativa, mientras que para el número de hojas plántula⁻¹ (figura 1C) y longitud de la radícula (figura 1D), la interacción cultivares x potenciales osmóticos fue significativa, con respuestas cuadráticas para los tres híbridos para la longitud de la radícula y con respuestas cuadrática, cuadrática y cúbica para Cargill 633, Himeca 2003 y Pioneer 3031, respectivamente, para el número de hojas.

El porcentaje de germinación se incrementó 9,45% a -0,3 MPa, para luego disminuir con incrementos del potencial, la germinación se redujo 83,72 y 73,28% a -0,9 y -1,2 MPa, respectivamente. En general, la salinidad fue inhibitoria de la germinación de las semillas de dos maneras: (1) provocando una inhibición completa del proceso de germinación a niveles de salinidad más allá de los límites de la resistencia de una especie y (2) retrasando la germinación de las semillas a niveles de salinidad que causaron algún estrés a las semillas, pero no previno la germinación (Shonjani, 2002).

Resultados similares reportaron Kayani y Rahman (1987) en tres cultivares de maíz en soluciones de Na₂SO₄ con potenciales osmóticos de 0,00 a -1,27 MPa y encontraron que en dos de los cultivares el porcentaje de germinación disminuyó alrededor de 80%, mientras que el otro no fue afectado, aunque en este ensayo todos los cultivares disminuyeron en

germinación en dos ways: (1) caused a complete inhibition of the germination process at salinity levels farther than the resistance limits of specie and (2) delaying the germination of seeds at salinity levels that caused stress to the seeds, but did not prevent germination (Shonjani, 2002).

Kayani and Rahman (1987) reported similar results in three corn cultivars in Na₂SO₄ solutions with osmotic potentials from 0.00 to -1.27 MPa, and found that in two cultivars the germination percentage reduced around 80% while the other was not affected, even though in this essay all cultivars reduced similarly. Momayeziet *al.* (2009) examined the influenced of NaCl and Na₂SO₄ at different concentrations under the germination of seeds of 11 genotypes of rice. Rice seeds were sowed in Petri plates in the laboratory and treated with distilled water (witness) and NaCl and Na₂SO₄ (concentration relation 1:1 molar) and found that the final germination percentage reduced with increments of salinity and there was not significant relation among genotypes and salinity levels for the germination percentage, this result was similar to the one found on this study.

Shonjani (2002) also found similar results studying the effect of potassiumsulphate and other salts on the rice germination (cv. Ai-Nantsao), corn (cv. Pioneer 3906), sugar beet (*Beta vulgaris* L. cv. Evita) and cotton (cv. Aleppo 33) and found that the germination percentage of sugar beet and cotton was strongly affected by all the salinity treatments. The reduction mainly occurred in the highest salinity

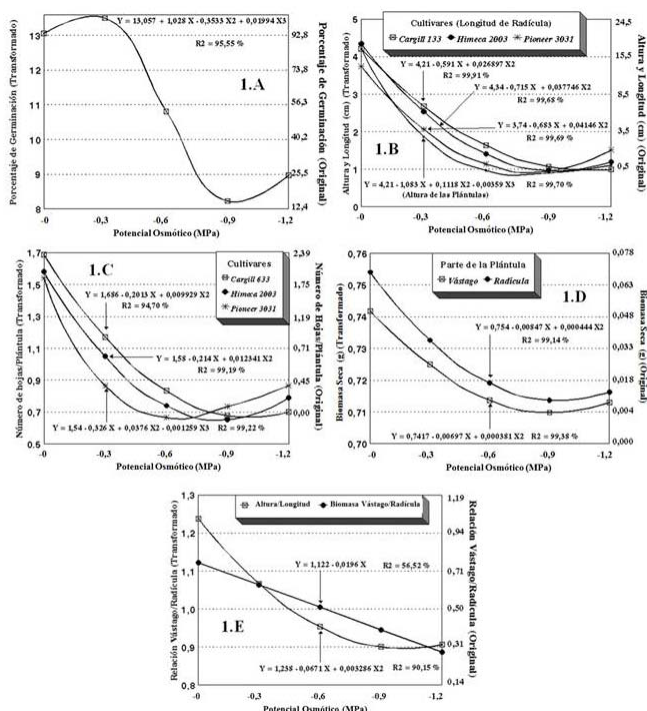


Figura 1. Análisis de regresión para el porcentaje de germinación de las semillas (1A), altura de plántula (cm) (1B), longitud de la radícula (cm) (1B), número de hojas.plántula⁻¹ (1C), biomasa seca del vástago (g) (1D) biomasa seca de la radícula (g) (1D) y la relación altura de plántula.longitud de radícula⁻¹ (1.E) y la relación biomasa del vástago·biomasa de radícula⁻¹ (1E) a los 12 días después de la siembra de tres cultivares de maíz (*Zea mays* L.) bajo diferentes potenciales osmóticos creados con sulfato de sodio. El porcentaje de germinación se transformó mediante Arc Seno $\sqrt{(x+3/8)/(n+3/4)}$, mientras que el resto de los caracteres se trasformaron mediante $\sqrt{(x+0,5)}$.

Figure 1. Regression analysis for the germination percentage of seeds (1A), seedling height (cm) (1B), radial longitude (cm) (1B), number of leaves·seedling⁻¹ (1C), shoot dry biomass (g) (1D), radical dry biomass (g) (1D) and the relation seedling height·longitude of radical⁻¹ (1.E) and shoot dry biomass·radical biomass⁻¹ (1E) 12 days after the sowing process of three corn cultivars (*Zea mays* L.) under different osmotic potentials created with sodium sulphate. The germination percentage was transformed through, while the rest of the characteristics were transformed with.

forma similar. Momayezi *et al.* (2009) examinaron la influencia de NaCl y Na_2SO_4 a diferentes concentraciones, sobre la germinación de las semillas de 11 genotipos de arroz. Las semillas de arroz se cultivaron en placas de Petri en el laboratorio y se trataron con agua destilada (testigo) y NaCl y Na_2SO_4 (relación de concentración 1:1 molar) y encontraron que el porcentaje de germinación final disminuyó con incrementos del nivel de salinidad y no hubo una interacción significativa entre genotipos y niveles de salinidad para el porcentaje de germinación, este resultado fue similar al encontrado en este estudio.

También Shonjani (2002) encontró resultados parecidos estudiando el efecto del sulfato de potasio y otras sales sobre la germinación de arroz (cv. AI-NANTSAO), maíz (cv. Pioneer 3906), remolacha azucarera (*Beta vulgaris* L. cv. Evita) y algodón (cv. Aleppo 33) y encontró que el porcentaje de germinación de la remolacha azucarera y el algodón fue fuertemente afectado por todos los tratamientos de salinidad. La reducción fue más fuerte especialmente en el nivel más alto de salinidad en comparación con el tratamiento testigo. No hubo germinación con altas concentraciones de Na_2SO_4 para el algodón y el porcentaje de germinación de maíz y arroz se mantuvo relativamente alto en la mayoría de los tratamientos en comparación con el grupo testigo. Sin embargo, la germinación del arroz se redujo a 13% bajo el nivel de salinidad más alto de Na_2SO_4 . Momayezi *et al.* (2009) indicaron que la salinidad afectó la germinación de las semillas mediante la formación de un potencial

level compare to the witness treatment. There was no germination with high concentrations of Na_2SO_4 for cotton and the corn and rice germination process kept relatively high in most of the treatments compare to the witness group. However, rice germination reduced to 13% under the highest salinity level of Na_2SO_4 . Momayesi *et al.* (2009) indicated that salinity affected the germination of seeds through the formation of an osmotic potential in the seeds area, which avoided the absorption of water. The tolerance mechanism to the salinity in plants divides into two categories: avoidance and tolerance.

The highest reduction of seedling height occurred at -0.6 and -0.9 MPa with 97.54 and 98.18% respectively. The highest reductions in the radical longitude occurred at -0.9 and -1.2 MPa in cultivars Cargill 633 and Himeca 2003 and -0.6 and -0.9 MPa in Himeca 2003 and Pioneer 3031, and -0.9 and 1.2 MPa in Cargill 633. The highest reductions of the shoot biomass and the radical occurred at -0.9 and -1.2 MPa with 92.39 and 83.59 respectively for the shoot biomass and 86.33 and 80.90% respectively, for the radical biomass. Similar results indicated by Kaymakanova and Stoeva (2008) when reporting that the biomass reduction in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under saline conditions was an indicator of different growth limitations and salinity had its negative effects not only in the biomass, but also in other morphological characteristics, such as, height of the plant, number of leaves, roots longitude and the relation shoot/root. On the other hand, Bilski (1988) in an essay in plots added to wheat

osmótico en el medio circundante de la semilla, el cual evitó la absorción de agua. El mecanismo de tolerancia a la salinidad en las plantas se divide en dos categorías: la evitación y la tolerancia.

La mayor disminución de la altura de la plántula ocurrió a -0,6 y -0,9 MPa con 97,54 y 98,18%, respectivamente. Las mayores reducciones en la longitud de la radícula ocurrieron a -0,9 y -1,2 MPa en los cultivares Cargill 633 e Himeca 2003 y a -0,6 y -0,9 MPa en Pioneer 3031. En cuanto al número de hojas, los menores decrecimientos ocurrieron a -0,6 y -0,9 MPa en Himeca 2003 y Pioneer 3031 y a -0,9 y -1,2 MPa en Cargill 633. Los mayores descensos de la biomasa del vástago y de la radícula ocurrieron a -0,9 y -1,2 MPa con 92,39 y 83,59%, respectivamente para la biomasa del vástago y 86,33 y 80,90%, respectivamente para la biomasa de la radícula. Resultados similares indicaron Kaymakanova y Stoeva (2008) quienes expresaron que la reducción de la biomasa en caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones salinas fue indicativo de varias limitaciones del crecimiento y la salinidad tuvo efectos negativos no sólo en la biomasa, sino también en otros caracteres morfológicos, tales como altura de planta, número de hojas, longitud de la raíz y la relación vástago/raíz. Por otra parte, Bilski (1988) en un ensayo en macetas, suministró a plántulas de trigo (*Triticum aestivum* L.), cebada (*Hordeum vulgare* L.) y avena (*Avena sativa* L.) de 0 a 100 mol de Na_2SO_4 m^{-3} y encontró que a 20 mol m^{-3} redujo la biomasa seca de estos cultivos

seedlings *Triticumaestivum* L.), barley (*Hordeumvulgare* L.) and oatmeal (*Avena sativa* L.) from 0 to 100 mol of Na_2SO_4 m^{-3} and found that at 20 mol m^{-3} , reductions were from 70, 45 and 40% respectively. In this essay significant differences were not found among shoot dry biomass and the radical. Similar results were reported by Cramer and Spurr (1986) in lettuce, who did not find differences among cultivars Climax and Calmar for the shoot fresh biomass and roots.

Momayeziet *al.* (2009) found that the rice seedlings submitted to different saline levels (NaCl and Na_2SO_4 , in a concentration relation 1:1 molar) was significantly affected by salinity levels. The seedlings growth of rice was evaluated measuring the root, shoot longitude and dry biomass, the maximum growth of rice seedling occurred at 2.5 dS m^{-1} , the date showed that the roots longitude of all genotypes reduced with the increment of saline concentrations, and the seedlings height of rice increased at 2.5 dS m^{-1} over these concentrations there were not significant differences, additionally, shoot dry biomass was significantly affected by salinity, there was a slightly increment in the dry biomass when the saline stress increased. These results are in concordance with the found in this essay, except the shoot dry biomass, which reduced with the salinity increments.

In the two significant interactions, the highest difference among cultivars was observed in osmotic potentials from -0.3 to -0.6 MPa, agreeing with the results reported by Goryacheva (1984) who analyzed 150 samples of alfalfa

en 35, 2 y 5% respectivamente y a 100 mol m⁻³, las reducciones fueron de 70, 45 y 40%, respectivamente. En este ensayo no se encontraron diferencias significativas entre cultivares para la biomasa seca del vástago y de la radícula. Similares resultados pero en lechuga (*Lactuca sativa* L.) fueron reportados por Cramer y Spurr (1986) quienes no encontraron diferencias entre los cultivares Climax y Calmar para la biomasa fresca del vástago y de las raíces.

Momayezi *et al.* (2009) encontraron que el crecimiento de las plántulas de arroz sometidas a diferentes niveles salinos (NaCl y Na₂SO₄, en una relación de concentración 1:1 molar) fue significativamente afectado por los niveles de salinidad. El crecimiento de las plántulas de arroz fue evaluado por las mediciones de la raíz, longitud del vástago y biomasa seca, el máximo crecimiento de las plántulas de arroz ocurrió a 2,5 dS m⁻¹, los datos mostraron que la longitud de las raíces de todos los genotipos se redujo con el incremento de las concentraciones salinas y la altura de las plántulas de arroz se incrementó a 2,5 dS m⁻¹ y por encima de esta concentración no hubo diferencias significativas, adicionalmente, la biomasa seca de las plántulas fue significativamente afectada por la salinidad, hubo un ligero incremento en la biomasa seca cuando el estrés salino se incrementó. Estos resultados están en concordancia a los encontrados en este ensayo a excepción de la biomasa seca del vástago, la cual disminuyó con incrementos de la salinidad

En las dos interacciones significativas, la mayor diferencia entre cultivares se observó a potenciales

(*Medicago sativa* L.) of the worldwide collection, finding that the salinity tolerance of the samples was better differentiated in solutions with osmotic potentials of 0.7 MPa.

End of english version

osmóticos de -0,3 y -0,6 MPa, coincidiendo con los resultados reportados por Goryacheva (1984) quien analizó 150 muestras de alfalfa (*Medicago sativa* L.) de la colección mundial, encontrando que la tolerancia a la salinidad de las muestras fue mejor diferenciada en soluciones con un potencial osmótico de 0,7 MPa.

Conclusión

Los cultivares difirieron mucho más a -0,3 y -0,6 MPa, sugiriendo el uso de estos potenciales creados con sulfato de sodio para discriminar entre genotipos con fines de seleccionar tolerancia a la salinidad. El orden de los cultivares a la tolerancia en este potencial fue Cargill 633, Himeca 2003 y Pioneer 3031. En general, una disminución en el potencial osmótico causó una disminución de la germinación y del crecimiento de las plántulas.

Literatura citada

- Bilski, J. 1988. Response of plants to mineral stress caused by acidification and salination of the medium. IV. The effect of NaCl and Na₂SO₄ on growth and chemical composition of barley, wheat and oat seedlings. Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roslin No. 165:75-83.

- Cramer, G.R. y A.R. Spurr. 1986. Responses of lettuce to salinity. I. Effects of NaCl and Na₂SO₄ on growth. *Journal of Plant Nutrition* 9(2):115-130.
- Goryacheva, N.D. 1984. A study on salt tolerance of lucerne. *Zemledeliya*. p. 53-61.
- Kayani, S.A. y M.U. Rahman. 1987. Salt tolerance in corn (*Zea mays* L.) at the germination stage. *Pakistan Journal of Botany* 19(1):9-15.
- Kaymakanova, M. y N. Stoeva. 2008. Physiological reaction of bean plants (*Phaseolus vulg.* L.) to salt stress. *Gen. Appl. Plant Physiology*, Special Issue 34(3-4):177-188.
- Momayezi, M.R., A.R. Zaharah, M.M. Hanafi y R. Mohd. 2009. Seed germination and proline accumulation in rice (*Oryza sativa* L.) as affected by salt concentrations. *Pertanika J. Trop. Agric. Sci.* 32(2):247-259.
- Salisbury, F.B. y C.W. Ross. 1978. *Plant Physiology*. Second Edition. Wadsworth Publishing Company, Inc. Belmont, California. p. 18-31.
- Shonjani, S. 2002. Salt sensitivity of rice, maize, sugar beet, and cotton during germination and early vegetative growth. Ph. D. Dissertation. Institute of Plant Nutrition. Justus Liebig University Giessen. 164 p.