



## Germinación y desarrollo de plántulas de tres híbridos de maíz (*Zea mays* L.) bajo soluciones osmóticas. III. Glucosa

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

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. Telefax: 0291-6521192.

### Resumen

El objetivo fue evaluar el efecto del potencial osmótico (PO), creado con glucosa sobre la germinación y crecimiento de plántulas de tres híbridos de maíz. Se usó un diseño de bloques al azar en arreglo factorial con cuatro repeticiones. Se utilizaron los PO: 0,0; -0,3; -0,6; -0,9 y -1,2 MPa. Las mayores reducciones ocurrieron a -1,2 MPa en todos los caracteres: germinación (88,52; 94,41 y 87,50% para Cargill-633, Himeca-2003 y Pioneer-3031, respectivamente), altura de plántula (99,14; 99,20 y 97,40%), longitud radicular (98,38; 95,21 y 95,56%), número de hojas.plántula<sup>-1</sup> (99,06; 96,20 y 92,54%), biomasa seca del vástago (97,76; 95,69 y 95,26%) y biomasa seca de radícula (92,28; 95,81 y 91,17%). La tolerancia al estrés hídrico fue mejor diferenciada con los PO de -0,3 y -0,6 MPa.

**Palabras clave:** maíz, *Zea mays*, estrés hídrico, resistencia a sequía, glucosa.

### Abstract

The objective was to evaluate the effect of five osmotic potentials (OP) created with glucose on seed germination and seedling growth of three corn hybrids. A 3x5 factorial experiment in a randomized complete block design was used with four replications. OP were 0.0; -0.3, -0.6, -0.9 and -1.2 MPa. The biggest reductions occurred at -1.2 MPa in all traits: germination (88.52; 94.41 and 87.50% for

Cargill-633, Himeca-2003 and Pioneer-3031, respectively), seedling height (99.14; 99.20 and 97.4%), radicle length (98.38; 95.21 and 95.56%), number of leaves/seedling<sup>-1</sup> (99.06; 96.20 and 92.54%), seedling biomass (97.76; 95.69 and 95.26%) and radicle biomass (92.28; 95.81 and 91.17%). The water stress tolerance of all cultivars was best differentiated in solutions with an osmotic potential of -0.3 and -0.6 MPa.

**Key words:** corn, *Zea mays*, water stress, drought resistance, glucose.

## Introducción

El maíz se desarrolla en el Oriente de Venezuela y su siembra abarca una gama amplia de zonas ecológicas. En los estados Anzoátegui y Monagas se realiza mayormente bajo condiciones agroecológicas de sabana, caracterizadas por suelos de baja fertilidad natural, con baja capacidad de intercambio catiónico, alta infiltración y baja retención de humedad, adicionalmente, la distribución de las lluvias puede ser inadecuada para la germinación y desarrollo satisfactorio de las plántulas de maíz, de allí que el empleo de cultivares tolerantes a la sequía prolongada o por periodos cortos de tiempo puede ayudar a mantener niveles altos de productividad bajo las condiciones de las sabanas orientales.

El agua es uno de los principales recursos limitantes en las zonas semiáridas y regiones del mundo, el agua disponible también determina el grado en el cual otros recursos podrían ser desarrollados o utilizados de manera eficiente. Una de las variables que se relacionan directamente con las respuestas de la planta al déficit hídrico es la germinación de semillas en soluciones de alta presión osmótica. Se sabe que existe una relación directa e inseparable entre las sales como el cloruro de sodio, cloruro de calcio y

## Introduction

Corn develops in The West side of Venezuela, and its sow covers wide ecologic areas. In Anzoátegui and Monagas is mainly produced under agro ecological conditions of savannah, characterized by soils of low natural fertility, with low capacity of cationic interchange, high infiltration and low retention of humidity, additionally, the distribution of precipitations can be inadequate for germination and a satisfactory development of corn seedlings, thus, the employment of cultivars tolerant to prolonged or short terms drought may help keeping high levels of productivity under the oriental savannah conditions.

Water is one of the main limited resources in the semi arid areas and regions of the world, the available water also determines the degree where other resources may be used or developed efficiently. One of the variables that relate directly to the responses of the plant towards the water deficit is the germination of seeds in solutions of high osmotic pressure. It is known that there is a direct relation among salts as sodium chloride, calcium chloride and potassium chloride, and the water stress in plants (Mensah *et al.*, 2006). Smith *et al.* (1989) used glucose as an osmotic agent, compared to sorbitol

sulfato de potasio y el estrés hídrico en plantas (Mensah *et al.*, 2006). Smith *et al.* (1989) utilizaron glucosa como agente osmótico, comparado al sorbitol y el dextran para seleccionar plantas micropropagadas de *Lycopersicon esculentum* para tolerancia al estrés hídrico. Maiti y Mukherji (1982) determinaron la germinación de frijol mungo (*Phaseolus aureus* L.) en soluciones hipertónicas de glucosa (-1,2 MPa) para evaluar el efecto de la luz y diferentes hormonas bajo estrés hídrico por glucosa.

Debido a la reducida información de la utilización de la glucosa para seleccionar genotipos de maíz con fines de seleccionarlos como tolerantes a la sequía, se planteó como objetivo evaluar el efecto de cinco potenciales osmóticos creados con glucosa 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, ampliamente sembrados en el oriente del país. Las semillas tuvieron un contenido de humedad promedio de 12%. El ensayo se realizó en un diseño de bloques al azar en arreglo factorial con cuatro repeticiones, un factor estuvo constituido por el potencial osmótico y el otro correspondió a los tres híbridos de maíz.

and dextran to selected micro-propagated plants of *Lycopersicon esculentum* for the tolerance to water stress. Maiti and Mukherji (1982) determined the germination on mungo bean (*Phaseolus aureus* L.) in hypertonic solutions of glucose (-1.2 MPa) to evaluate the light effect and different hormones under water stress by glucose.

Due to the little information about the usage of glucose to select the corn genotypes with the aim of selecting them as tolerant to drought, the objective was to evaluate the effect of five osmotic potentials created with glucose on the germination capacity of seeds and posterior growth of three corn seedlings.

## Materials and methods

The research was done at the Laboratory of Tropical Agriculture in the Post graduate studies, «Universidad de Oriente», Monagas campus, Maturín, Monagas state, Venezuela. The commercial hybrids of corn were used Cargill 633, Himeca 2003 and Pioneer, widely sowed in the west side of the country. Seeds had a mean humidity content of 12%. The experiment was done at a randomized factorial design with four replications, a factor was constituted by the osmotic potential and the other one corresponded to three corn hybrids.

The osmotic potentials of 0.0, -0.3, -0.6, -0.9, -1.2 MPa were obtained according the J.H Van't Hoff equation (Salisbury and Ross, 1978) adding 0.00, 23.85, 47.70, 71.55 and 95.50 g of glucose, respectively, in a liter of water. 500 seeds of each hybrid were used,

Los potenciales osmóticos de 0,0; -0,3; -0,6; -0,9 y -1,2 MPa se obtuvieron de acuerdo a la ecuación de J.H. Van't Hoff (Salisbury y Ross, 1978) agregando 0,00; 23,85; 47,70; 71,55 y 95,50 g de glucosa, respectivamente, en un litro de agua. Se usaron 500 semillas de cada híbrido, posteriormente se separaron en bolsitas de plástico de 25 semillas cada una, se desinfectaron con una solución de cloro comercial al 10% (10 mL de cloro comercial.100 mL de agua<sup>-1</sup>) durante 3 minutos, enjuagándose luego con agua para eliminar el exceso de cloro. Posteriormente se procedió a la siembra en el laboratorio de la siguiente manera: las semillas se distribuyeron en hileras de 25 semillas de cada uno de los híbridos en hojas de papel absorbente de color blanco colocadas sobre bandejas de aluminio y luego se cubrieron con dos hojas de dicho papel, mantenidas bajo condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa y se humedecieron diariamente aplicando las soluciones osmóticas de glucosa 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<sup>-1</sup>; biomasa seca del vástago (g); biomasa seca de radícula (g); relación altura de plántula.longitud de radícula<sup>-1</sup> y relación biomasa seca vástago.biomasa seca de radícula<sup>-1</sup>.

Se realizó el análisis de varianza convencional. La diferencia entre los promedios para el factor cultivares se detectó mediante la prueba de rangos

later, 25 seeds of each hybrids were separated in plastic bags, disinfected with a solution of commercial chloride at 10% (10 ml of commercial chloride.100 ml of water<sup>-1</sup>) for 3 minutes, washing them to eliminate the excess of chloride. Subsequently, seeds were sowed in the laboratory like this: seeds were distributed in lines of 25 seeds of each hybrid in absorbent tissue paper, and put on aluminum trays, then were covered with this paper and kept under environmental conditions of temperature and relative humidity, were watered daily applying osmotic solutions of glucose twice a day for 12 days.

Seedlings were harvested 12 days after being sowed, and the following traits were determined: germination percentage; seedling height (cm); longitude of the root (cm); number of leaves.seedling<sup>-1</sup>; shooy dry biomass (g), radicle dry biomass (g); relation of seedling height.radicle longitude<sup>-1</sup> and relation of shoot dry biomass.radicle dry biomass<sup>-1</sup>.

The conventional variance analysis was carried out. The difference among mean for the cultivars was detected using Duncan rank multiple test. The regression analysis was done when the osmotic potentials or cultivars interaction x osmotic potentials were significant. The probability level was of 0.05. Prior to the variance level, the germination percentages transformed to and the rest of the traits transformed to.

## Results and discussion

The variance and regression analysis for the evaluated traits (data

múltiples de Duncan. Se realizó el análisis de regresión cuando el factor potenciales osmóticos o la interacción cultivares x potenciales osmóticos fueron significativos. El nivel de probabilidad fue 0,05. Previamente al análisis de varianza, los porcentajes de germinación se transformaron mediante Arc Seno  $\sqrt{(x + 3/8)/(n + 3/4)}$  y el resto de los caracteres se transformaron mediante  $\sqrt{(x + 0,5)}$ .

## Resultados y discusión

El análisis de varianza y de regresión para los caracteres evaluados (datos no mostrados) indicó que todos los caracteres presentaron efectos significativos para el factor potencial osmótico ( $P \leq 0,05$ ), mientras que para los cultivares se encontraron diferencias significativas para todos los caracteres ( $P \leq 0,05$ ) a excepción del número de hojas y la relación biomasa seca del vástago biomasa seca de la radícula<sup>-1</sup>, está última junto con la relación altura de plántula.longitud de radícula<sup>-1</sup> no presentaron diferencias significativas para la interacción cultivares x potencial osmótico ( $P > 0,05$ ). Todas las ecuaciones de regresión presentaron ajuste alto ( $R^2 > 96,00\%$ ).

La figura 1 muestra el análisis de regresión de los caracteres bajo estudio que resultaron significativos para la interacción cultivares x potenciales osmóticos. Para el porcentaje de germinación la respuesta fue cuadrática, cuadrática y cúbica para Cargil 633, Himeca 2003 y Pioneer 3031, respectivamente (figura 1A), para la altura de plántula fue cúbica, cuadrática y cuadrática, respectiva-

not shown) indicated that all traits presented significant effects for the osmotic potential ( $P \leq 0.05$ ), while there were significant differences for cultivars for all traits ( $P \leq 0,05$ ) excepting for the number of leaves and the relation of shoot dry biomass.radicle dry biomass<sup>-1</sup>, the latter among to the relation of seedling height.radicle longitude<sup>-1</sup> did not present significant differences for the interaction of cultivars x osmotic potential ( $P > 0.05$ ). All the regression equation presented a high adjustment ( $R^2 > 96.00\%$ ).

Figure 1 shows the regression analysis of all the traits under study which resulted significant for the cultivars interaction x osmotic potentials. For the germination percentage, the response was quadratic, quadratic and cubic for Cargil 633, Himeca 2003 and Pioneer 3031 respectively (figure 1A), for the seedling height was cubic, quadratic and cubic, respectively (figure 1B), for radicle longitude was lineal, quadratic and cubic, respectively (figure 1C), for the number of leaves was lineal, lineal and cubic, respectively (figure 1D), for the shoot dry biomass and radicle dry biomass was cubic, quadratic and quadratic, respectively (figures 1E and 1F).

Figure 2 shows the results for the two relationships studied. The Duncan test indicated that the highest relation of seedling height.radicle longitude<sup>-1</sup> was for Pioneer 3031, being similar to the one for Cargil 633, but superior to Himeca 2003 (figure 2A), this relation reduced with reductions in the osmotic potentials (figure 2B), similar results were obtained for the relation of shoot

mente (figura 1B), para la longitud de la radícula fue lineal, cuadrática y cúbica, respectivamente (figura 1C), para el número de hojas fue lineal, lineal y cúbica, respectivamente (figura 1D), para la biomasa seca del vástago y biomasa seca de la radícula fue cúbica, cuadrática y cuadrática, respectivamente (figuras 1E y 1F).

La figura 2 muestra los resultados para las dos relaciones estudiadas. La prueba de Duncan indicó que la mayor relación altura de plántula.longitud de radícula<sup>-1</sup> fue para Pioneer 3031 siendo similar a aquella de Cargill 633, pero superior a la de Himeca 2003 (figura 2A), esta relación disminuyó con disminuciones en los potenciales osmóticos (figura 2B), resultados similares se obtuvieron para la relación biomasa del vástago biomasa de radícula<sup>-1</sup>, a excepción de los potenciales de -0,3 y -0,6 MPa donde fue mayor que el testigo (figura 2B).

En todas las variables evaluadas, disminuciones en el potencial osmótico causaron una reducción de los caracteres, a excepción del porcentaje de germinación a -0,3 MPa que fue similar al testigo (0,0 MPa). El porcentaje de germinación se incrementó 2,05 y 3,76% en Cargill 633 e Himeca 2003, respectivamente, en el potencial de -0,3 MPa, pero en Pioneer 3031 no se vio afectado, las mayores reducciones en la germinación ocurrieron a -1,2 MPa con 88,52; 94,41 y 87,50% para Cargill 633, Himeca 2003 y Pioneer 3031, respectivamente. Resultados similares reportaron Maiti y Mukherji (1982) quienes indicaron que el porcentaje de germinación de las semillas de frijol

dry biomass.radicle biomass<sup>-1</sup>, excepting the potentials of -0.3 and -0.6 MPa where it was higher than the witness (figure 2B).

In all the evaluated variables, reductions in the osmotic potential caused a reduction in traits, excepting the germination percentage at -0.3 MPa that was similar to the witness (0.0 MPa). The germination percentage increased 2.05 and 3.76% in Cargill 633 and Himeca 2003 respectively, in the potential of -0.3 MPa, but in Pioneer 3031 was not affected, the highest reductions in germination occurred at -1.2 MPa with 88.52, 94.41 and 87.50% for Cargill 633, Himeca 2003 and Pioneer 3031, respectively. Maiti and Mukherji (1982) reported similar results, who indicated that the germination percentage of seed of mungo beans was reduced in a hypertonic solution of glucose at -1.2 MPa. Similarly, Mensah *et al.* (2006) simulated in the lab, the drought effects in sesame crop (*Sesamum indicum* L.) using different concentrations of glucose (water potentials from 0 to 0.5 MPa), and found that germination inhibited under the highest osmotic pressure and for a specific seed, the first increment in the level of osmotic pressure reduced germination, and the osmotic pressures from 0.0625 to 0.125 MPa did not have significant effect on the germination, but osmotic pressures superior from 0.250 to 0.500 MPa reduced the germination percentage in comparison to the witness, and the few seeds that germinated at 0.500 MPa produced weak and chlorotic seedlings, and did not proceed to the radicle length and development of buds.



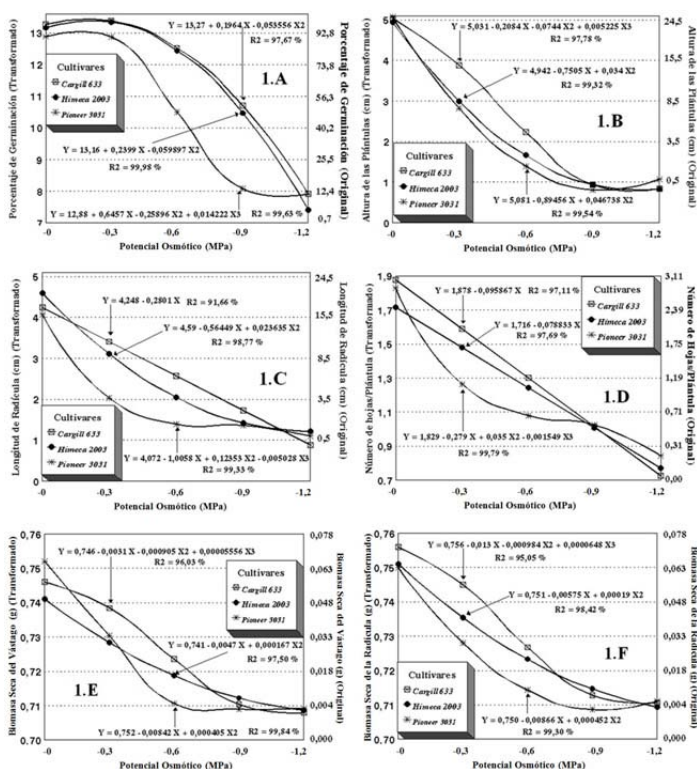
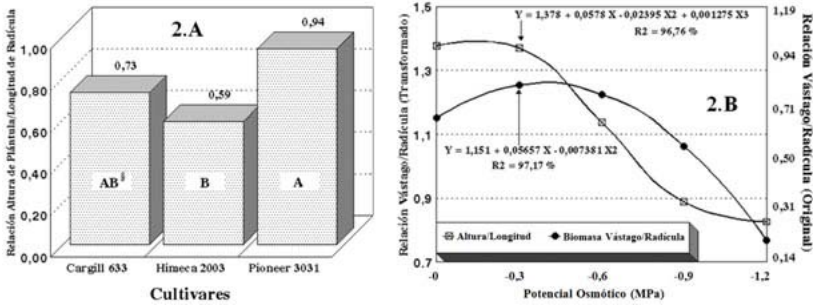


Figura 1. Análisis de regresión para el porcentaje de germinación de las semillas (1A), altura de plántula (cm) (1B), longitud de la radícula (cm) (1C), número de hojas/plántula (1D), biomasa seca del vástago (g) (1E) y biomasa seca de la radícula (g) (1F) a los 12 días después de la siembra de tres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

Figure 1. Regression analysis for the germination percentage of seeds (1A), seedling height (cm) (1B), radicle longitude (cm) (1C), number of leaves/seedling (1D), shoot dry biomass (g) (1E), radicle dry biomass (g) (1F) 12 days after being sowed the three corn hybrids (*Zea mays* L.) under different osmotic potentials created with glucose. The germination percentage was transformed through, while the rest of the traits transformed through.



§ Prueba de rangos múltiples de Duncan ( $P \leq 0,05$ ).  
Letras iguales indican similitud estadística.

**Figura 2.** Prueba de rangos múltiples de Duncan (2A) para la relación altura de plántula/longitud de radícula y análisis de regresión (2B) para la relación altura de plántula/longitud de radícula y la relación biomasa del vástago/biomasa de radícula a los 12 días después de la siembra de tres cultivares de maíz (*Zea mays* L.) bajo diferentes potenciales osmóticos creados con glucosa. Datos transformados mediante  $\sqrt{(x + 0,5)}$ .

**Figure 2.** Duncan multiple Rank test (2A) for the relation seedling height/radicle longitude and regression analysis (2B) for the relation seedling height/radicle longitude and the relation shoot biomass/radicle biomass 12 days after being sowed in three corn cultivars (*Zea mays* L.) under different osmotic potentials created with glucose. Data transformed through.

mungo fue marcadamente disminuido en una solución hipertónica de glucosa a  $-1,2$  MPa. Análogamente, Mensah *et al.* (2006) simularon en el laboratorio los efectos de la sequía en el cultivo de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) utilizando diferentes concentraciones de glucosa (potenciales hídricos de 0 a  $0,5$  MPa) y encontraron que se inhibió la germinación bajo la mayor presión osmótica y para una semilla dada, el primer aumento en el nivel de presión osmótica redujo la germinación y las presiones osmóticas de  $0,0625$  y  $0,125$  MPa no tuvieron efectos significativos sobre la

At  $-1.2$  MPa, the seedling height reduced 99.14, 99.20 and 97.4% in relation to the witness (0 MPa) for Cargill 633, Himeca 2003 and Pioneer 3031 respectively, and the radicle longitude 98.38, 95.21 and 95.56% respectively (figure 2). Similar results in sesame crops were reported by Mensat *et al.* (2006), who found that glucose improved the radicle growth of the osmotic pressure at  $0.0625$  MPa. However, at higher osmotic pressures of  $0.125$  and  $0.250$  MPa, reduced the radicle longitude, but the effects of the glucose on the longitude and shoot growth were uniform, with a reduction



germinación, pero presiones osmóticas superiores de 0,250 y 0,500 MPa redujeron el porcentaje de germinación en comparación con el testigo y las pocas semillas que germinaron a 0,500 MPa produjeron plántulas débiles y cloróticas y no procedieron con el alargamiento de la radícula y el desarrollo de los brotes.

A -1,2 MPa, la altura de la plántula se redujo 99,14; 99,20 y 97,4%, con respecto al testigo (0 MPa) para Cargill 633, Himeca 2003 y Pioneer 3031, respectivamente y la longitud de la radícula 98,38; 95,21 y 95,56%, respectivamente (figura 2). Resultados análogos en el cultivo de ajonjolí fueron reportados por Mensat *et al.* (2006), quienes encontraron que la glucosa mejoró el crecimiento radicular a la presión osmótica de 0,0625 MPa. Sin embargo, a mayores presiones osmóticas de 0,125 y 0,250 MPa, se redujo la longitud de la radícula, pero los efectos de la glucosa sobre la longitud y crecimiento del vástago fueron uniformes, con una disminución de la longitud del vástago a medida que aumentó la presión osmótica. En el potencial osmótico más alto (0,500 MPa), no hubo crecimiento de las plántulas después de la germinación de las semillas.

Resultados similares para la longitud del vástago fueron reportados por Khalil y Ezzat (2010), quienes investigaron el efecto de diferentes niveles de humedad del suelo (75, 55 y 35% de agotamiento del agua disponible en el suelo) en el cultivo de soya (*Glycine max* (L.) Merrill) y encontraron que el estrés hídrico creciente de 35 a 75% causó una disminución significativa en la longitud del vástago

of the shoot longitude at the time that increased the osmotic pressure. In the highest osmotic potential (0.500 MPa) there was not any growth of seedling after the germination of seeds.

Khalil and Ezzat (2010) reported similar results for the shoot longitude, who investigated the effect of different humidity levels in the soil (75, 55 and 35% of water exhaustion available in the soil) in soy crops (*Glycine max* (L.) Merrill) and found that the increasing water stress from 35 to 75% caused a significant reduction in the root longitude where the highest means for this trait were observed in plants developed under the highest level (75%), followed by the moderate level of water (55%), the difference among the two levels was not significant, this result occurred for all the vegetative and floral phases, while, the root longitude increased with the increment of stress levels, where the significant stress in the root longitude was obtained in plants developed under the most stressful level (75%), and this result was obtained in both phases (vegetative and floral).

The reduction in the shoot longitude in response to drought may be due to the reduction in the cellular elongation resultant of the water scarcity, which carried to reduce the cellular swelling or the cellular volume and finally the cellular growth (Boyer, 1988) and/or due to a block to the xylem and phloem vases, defaulting any displacement among them (Abdalla and El-Khoshiban, 2007). On the other hand, Khalil and Ezzat (2010) indicated that an increment in the root longitude in response to drought attributed to the increment in

donde los promedios más altos para este carácter se observaron en las plantas desarrolladas bajo el nivel más alto (75%), seguido por el nivel moderado de agua (55%), la diferencia entre los dos niveles fue no significativa, este resultado ocurrió tanto para las etapas vegetativas y de floración, mientras que la longitud de la raíz se incrementó con el aumento de los niveles de estrés, donde el incremento significativo en la longitud de la raíz se obtuvo en las plantas desarrolladas bajo el nivel más estresante (75%) y este resultado se obtuvo en ambas etapas (vegetativa y de floración).

La disminución en la longitud del vástago en respuesta a la sequía se podría deber a la disminución en la elongación celular resultante de la escasez de agua, la cual condujo a disminuir la turgencia celular o el volumen celular y finalmente el crecimiento celular (Boyer, 1988) y/o debido a un bloqueo de los vasos del xilema y floema dificultando así cualquier desplazamiento a través de ellos (Abdalla y El-Khoshiban, 2007). Por otra parte, Khalil y Ezzat (2010) indicaron que un incremento en la longitud de la raíz en respuesta a la sequía se atribuyó al aumento en el contenido de giberelinas y citoquininas de la raíz en respuesta a la sequía la cual, en turno estimula la división celular y el alargamiento de la raíz.

El número de hojas también fue afectado negativamente a -1.2 MPa con reducciones de 99,06; 96,20 y 92,54%, para Cargill 633, Himeca 2003 y Pioneer 3031, respectivamente. Resultados similares fueron reportados en soya por Khalil y Ezzat

the content of gibberellins and cytokinins of the root in response of the drought, which stimulate the cellular division and the root swelling.

The number of leaves was also affected negatively at -1.2 MPa with reduction of 99.06, 96.20 and 92.54% for Cargill 633, Himeca 2003 and Pioneer 3031, respectively. Khalil and Ezzat (2010) reported similar results in soy, who investigated the effect of different humidity levels of the soil (75, 55 and 35% of water exhaustion available in the soil), and found that there was an inverse relation between the increment of drought and the number of leaves/plants, where the highest values were obtained under the highest humidity level of the soil (35% of exhaustion) followed by the moderate level of humidity of the soil (55%) where the difference among the two levels was not significant. The reduction in the number of leaves per plant due to water stress may be attributed to its direct effect in the cellular division, which emerged from the reduction in the synthesis of nucleic acid and/or an increment of its degrading (Khalil and Ezzat, 2010). This can also be attributed to the hormonal disequilibrium that originated from the increment on the levels of abscisic acid and the reduction on the levels of acetic indol acid in stressed plants (Xu *et al.*, 2002).

Seedlings dry biomass was strongly depressed at -1.2 MPa with reductions from 97.76, 95.69 to 95.26% respectively, the same happened with the radicle dry biomass at this potential, with reductions from 92.28, 95.81 to 91.17% respectively. The tolerance to water stress of the

(2010), quienes investigaron el efecto de diferentes niveles de humedad del suelo (75, 55 y 35% de agotamiento del agua disponible en el suelo) y encontraron que hubo una relación inversa entre el incremento de la sequía y el número de hojas/plantas, donde los valores más altos se obtuvieron bajo el nivel más alto de humedad del suelo (35% de agotamiento) seguido por el nivel moderado de humedad del suelo (55%) donde la diferencia entre los dos niveles no fue significativa. La reducción en el número de hojas por planta debido al estrés hídrico podría ser atribuida a su efecto directo en la división celular la cual surgió de la reducción en la síntesis del ácido nucleico y/o un aumento de su degradación (Khalil y Ezzat, 2010). Esto también podría atribuirse al desequilibrio hormonal que se originó del aumento de los niveles de ácido abscísico y la disminución de los niveles de ácido indol acético en las plantas estresadas (Xu *et al.*, 2002).

La biomasa seca de las plántulas fue fuertemente deprimida a -1,2 MPa con reducciones de 97,76; 95,69 y 95,26%, respectivamente, igual sucedió con la biomasa seca de la radícula a este potencial con reducciones de 92,28; 95,81 y 91,17%, respectivamente. La tolerancia al estrés hídrico de los tres cultivares fue mejor diferenciado en soluciones con potenciales osmóticos de -0,3 y -0,6 MPa. Resultados similares fueron encontrados por Khalil y Ezzat (2010) en soya quienes indicaron que la biomasa fresca y seca disminuyó significativamente bajo el nivel hídrico más estresante (75% de agotamiento del agua disponible en el suelo) tanto en la etapa

three cultivars was better differentiated in solutions with osmotic potentials of -0.3 and -0.6 MPa. Similar results were found by Khalil and Ezzat (2010) in soy, who indicated that the fresh and dry biomass reduced significantly under the most stressful water level (75% of water exhaustion available in the soil) in both the vegetative and floral phases. The reduction on the fresh biomass might be attributed to the reduction in the water content of cells and vegetal tissues under stress, which carried to the lost on their swelling and therefore, such tissues reduced (Boyer, 1988). The reduction, in the fresh and dry biomass of shoots under stress, revealed the influence of water in stimulating and regulating the photosynthetic enzymes, which had effect in both the dry and fresh biomass (Abdalla y El-Khoshiban, 2007).

## Conclusion

The tolerance towards water stress of all cultivars was better differentiated in solutions with an osmotic potential from -0.3 to -0.6 MPa, which suggest the use of these potentials to select genotypes tolerant to drought. The order of tolerance towards drought of hybrids was Cargill 633, Himeca 2003 and Pioneer 3031. In general, a reduction in the osmotic potential caused a reduction in the germination and the seedlings growth.

*End of english version*

---

vegetativa como de floración. La reducción de la biomasa fresca se podría atribuir a la disminución en el contenido de agua de las células y tejidos vegetales estresados, lo cual condujo a la pérdida de su turgencia y por lo tanto se redujeron dichos tejidos (Boyer, 1988). La disminución, tanto en la biomasa fresca y seca de los vástagos bajo estrés, reveló la influencia del agua en estimular y regular las enzimas fotosintéticas, las cuales tuvieron efecto tanto en la producción de biomasa seca como fresca (Abdalla y El-Khoshiban, 2007).

## Conclusión

La tolerancia al estrés hídrico de todos los cultivares fue mejor diferenciada en soluciones con un potencial osmótico de -0,3 y -0,6 MPa, lo cual sugiere el uso de estos potenciales para seleccionar genotipos tolerantes a la sequía. El orden de tolerancia a la sequía de los híbridos 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

Abdalla, M.M. y N.H. El Khoshiban. 2007. The influence of water stress on growth, relative water content, photosynthetic pigments, some metabolic and hormonal contents of two *Triticum aestivum* cultivars. *Journal of Applied Sciences Research* 3(12):2062-2074.

- Boyer, J.S. 1988. Cell enlargement and growth-induced water potentials. *Physiol. Plant* 73(2):311-316.
- Khalil, S.E. y E.G. Ismael. 2010. Growth, yield and seed quality of *Lupinus termis* as affected by different soil moisture levels and different ways of yeast application. *Journal of American Science* 6(8):141-153.
- Maiti, P.K. y S. Mukherji. 1982. Light and hormone effects on mungbean (*Phaseolus aureus* L.) seed germination under water stress. *Science and Culture* 48(10):343-345.
- Mensah, J.K., B.O. Obadoni, P.G. Eruotor y F. Onome Irieguna. 2006. Simulated flooding and drought effects on germination, growth, and yield parameters of sesame (*Sesamum indicum* L.). *African Journal of Biotechnology* 5(13):1249-1253.
- Xu, S., L. An, H. Feng, X. Wang y X. Li. 2002. The seasonal effects of water stress on *Ammopiptanthus mongolicus* in a desert environment. *Journal of Arid Environ.* 51:437-447.
- Salisbury, F.B. y C.W. Ross. 1978. *Plant Physiology*. Second Edition. Wadsworth Publishing Company, Inc. Belmont, California. pp. 18-31.
- Smith, M.A.L., L.A. Spomer y E.S. Skiles. 1989. Cell osmolarity adjustment in *Licopersicon* in response to stress pretreatments. *Journal of Plant Nutrition* 12(2):233-244.