

Efecto de Diferentes Niveles de Salinidad en la Germinación y Vigor de Semillas de Cinco Gramíneas Forrajeras



Effect of Different Salinity Levels in the Germination and Vigor of Seeds of Five Forage Grasses

Santiago Ruiz-Ramírez^{1*}, Antonio Valdés-Oyervides², Federico Facio-Parra², Leopoldo Arce-González³

¹Maestría en Tecnología de Granos y Semillas, ²Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas (CCDTS) del Departamento de Fitomejoramiento, ³Departamento de Botánica. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Colonia Buenavista, 25315. Saltillo, Coah., México. Correo-e: ruizr@s@hotmail.com. (*Autor responsable).

RESUMEN

La salinidad provoca serios problemas que afectan a los pastizales, disminuyendo la disponibilidad de alimentación animal en regiones áridas y semiáridas, por lo que se requiere la evaluación de genotipos tolerantes y resistentes al estrés salino. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de diferentes niveles de salinidad con KCl en la capacidad de germinación y vigor de la semilla de cinco gramíneas forrajeras. La investigación, se realizó en laboratorio e invernadero en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Buenavista, Saltillo, Coah., México, localizada a 25° 23' LN y 103° 01' LO, a una altitud de 1743 m. Se utilizó semilla de cinco especies de gramíneas forrajeras: pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), pasto Rhodes (*Chloris gayana* L.), pasto Toledo (*Brachiaria brizantha*), *Brachiaria* híbrido cv. Mulato II y *Panicum maximum* cv. Tanzania. Los tratamientos evaluados en ambas condiciones fueron seis concentraciones de salinidad, utilizando KCl: 0, 5, 10, 15, 20 y 25 dS/m, como testigo se utilizó agua destilada. Las variables evaluadas fueron: capacidad de germinación con las pruebas de vigor, índice velocidad de germinación, índice velocidad de emergencia, longitud media de plúmula, longitud media de radícula y peso seco de plántulas. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial con cuatro repeticiones. Los resultados indican que existen diferencias altamente significativas entre especies en las variables estudiadas, en los dos ambientes. Se encontró que al incrementar las concentraciones salinas, se afectó directamente la germinación y el vigor, obteniendo así un mayor número de semillas sin germinar y plántulas anormales. Se concluye que las especies más tolerantes a las sales en germinación y vigor son Tanzania y Brizantha.

Palabras clave: *Cenchrus ciliaris*, *Chloris gayana*, *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria híbrido*, *Panicum maximum*, germinación de gramíneas forrajeras.

ABSTRACT

Salinity causes serious problems that affect grasslands, reducing the availability of animal feed in arid and semiarid zones, as it requires the evaluation of genotypes tolerant and resistant to salt stress. The aim of this study was to evaluate the effect of different salinity levels with KCl in the capacity of germination and seed vigor of five forage grasses. The research was conducted in laboratory and greenhouse at the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro at Buenavista, Saltillo, Coah., Mexico, located at 25° 23' N and 103° 01' W, at an altitude of 1743 m. We used seeds of five species of forage grasses: Buffelgrass (*Cenchrus ciliaris* L.), Rhodes grass (*Chloris gayana* L.), palisade grass (*Brachiaria brizantha*), *Brachiaria* hybrid cv. Mulato II and *Panicum maximum* Jacq cv. Tanzania. The treatments evaluated in both conditions were salinity using six concentrations of KCl: 0, 5, 10, 15, 20 and 25 dS / m, was used distilled water as control. The variables evaluated were: ability to germinate with vigor tests, germination rate index, speed of emergence index, average length of plumule, average radicle length and seedling dry weight. We used a completely randomized design with factorial arrangement with four replications. The results indicate that there are significant differences between species in the variables studied in the two environments. It was found that increasing salt concentrations, it directly affected the germination and vigor, thus obtaining a greater number of ungerminated seeds and abnormal seedlings. It is concluded that salt-tolerant species in germination and vigor are Tanzania and Brizantha.

Key words: *Cenchrus ciliaris*, *Chloris gayana*, *Brachiaria brizantha*, *Brachiaria híbrido*, *Panicum maximum*, germination of forage grasses.

Recibido: Agosto, 2010.
Aceptado: Mayo, 2012.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de una amplia variedad de especies vegetales, así como la obtención de altos rendimientos en muchas áreas del mundo dedicadas a la agricultura, está teniendo más restricciones cada vez, debido a la salinización de los suelos.

La salinidad de los suelos es un factor muy importante que limita la productividad de las plantas y que afecta a aproximadamente 930 millones de hectáreas en el mundo (Munns, 2002; Kefu *et al.*, 2002). El PNUMA (Programa Ambiental de las Naciones Unidas) estima que al menos un 20 % de las tierras cultivables del mundo y más del 40 % de las tierras de regadío se encuentran en condiciones de estrés por sal en diversos grados (Rhoades y Loveday, 1990; Flowers y Yeo, 1995). Se estima que existen 397 millones de hectáreas afectadas por problemas de salinidad y 434 millones por condiciones asociadas a sodicidad (FAO, 2000; Munns, 2005). La salinidad de los suelos afecta la productividad de los cultivos, es uno de los principales fenómenos responsables de su deterioro en todas partes del mundo; provoca daños fisiológicos y morfológicos en las plantas afectando el vigor y la germinación de semillas (Singh y Chatrath, 2001).

La salinidad disminuye la germinación de las semillas, retrasa el desarrollo de las plantas y reduce el rendimiento de los cultivos (Epstein *et al.*, 1980).

El-Kharbotly *et al.* (2003) mencionan que la salinidad provoca serios problemas que afectan a los pastizales, disminuyendo la disponibilidad de alimentación animal en regiones áridas y semiáridas. El estrés salino afecta el crecimiento y la productividad de plantas en todas las etapas de desarrollo. Los pastizales no son áreas aptas para el cultivo y el crecimiento de las plantas se ve profundamente afectado por una combinación de estrés por sequía o alta salinidad, tales tipos de estrés se encuentran entre los factores más importantes responsables de las pérdidas sustanciales e imprevisibles en la producción de cultivos. Las altas concentraciones de sal en el suelo disminuyen el potencial de agua, lo que afecta la disponibilidad de agua.

Shokohifard *et al.* (1989) reportaron que el estrés salino afectó la germinación de semillas; osmóticamente al reducir la absorción de agua o iónicamente mediante la acumulación de Na y Cl, ocasionando un desequilibrio en la absorción de nutrientes y produciendo una toxicidad que afecta el contenido de los componentes de sales solubles en suelos salinos, cada uno de los cuales tiene un efecto diferente en el crecimiento inicial de las plantas (Redmann, 1974; Hardegree y Emmerich, 1990; Tobe *et al.*, 2002) y la composición de las sales solubles en los suelos salinos son diferentes entre localidades (Tobe *et al.*, 2002). La mayoría de estos informes se basan en experimentos con NaCl; sin embargo, otras sales pueden tener efectos similares sobre la función celular, pero en grados diferentes dependiendo de la sal. Se han realizado estudios con sales individuales, especialmente de NaCl para examinar los efectos de salinidad en el crecimiento inicial de las plantas. Se han utilizado soluciones de NaCl para estudiar los efectos de salinidad sobre la germinación; por ejemplo para evaluar la tolerancia a la salinidad en la germinación de *Hordeum vulgare* (Luque y Bingham 1981; Tsonev *et al.*, 1998). No obstante, existe poca información acerca del efecto de otras sales en la germinación de las semillas. Además, no se sabe si los resultados de los experimentos con sales individuales simulan el comportamiento real del crecimiento inicial de las plantas en suelos salinos. Para estudiar la respuesta de la germinación de las semillas y el crecimiento inicial de las plantas a la salinidad, se recomienda evaluar el efecto de diferentes sales.

El crecimiento y la producción de biomasa de las especies forrajeras potenciales en suelos salinos dependerá de la regulación del balance de salinidad, de su capacidad de ajuste osmótico y del mantenimiento del potencial hídrico favorable (Nedjimi, 2009).

Por esta razón, el objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de diferentes niveles de salinidad con KCl en la capacidad de germinación y vigor de la semilla de cinco gramíneas forrajeras.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en Buenavista, Saltillo, Coah., México, ubicada a los 25° 23' LN y 103° 01' LO, con una altitud de 1743 m; presenta una temperatura media anual de 19.8 °C y precipitación anual promedio de 298.5 mm.

Semilla

Se utilizó semilla de cinco especies de gramíneas forrajeras: pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.), pasto Rhodes (*Chloris gayana* L.), pasto Toledo (*Brachiaria brizantha*), *Brachiaria híbrido* cv. Mulato II y *Panicum maximum* cv. Tanzania.

Soluciones salinas

Se utilizó KCl para preparar las soluciones salinas. Los siguientes niveles de salinidad se evaluaron en laboratorio e invernadero: T1=Testigo (agua destilada), T2=5 dS/m, T3=10 dS/m, T4=15 dS/m, T5=20 dS/m y T6=25 dS/m.

Las variables evaluadas fueron: capacidad de germinación, plántulas normales, plántulas anormales, semillas sin germinar y las pruebas de vigor: índice velocidad de germinación, primer conteo, longitud media de plúmula, longitud media de radícula y peso seco de la plántula. Se determinó la calidad inicial a través del análisis de pureza física y porcentaje de germinación. El primer conteo se evaluó a los siete días después de la siembra.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial A x B, en donde A = pastos y B = niveles de sal (concentración de las soluciones salinas de KCl) con cuatro repeticiones por tratamiento. La información se analizó utilizando el paquete estadístico SAS versión 6.0 (1989).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Capacidad de germinación en laboratorio

Número de plántulas normales. El pasto Toledo mostró el mayor número de plántulas normales, seguido por Mulato y Rhodes, mientras que el porcentaje más bajo se presentó en el pasto Buffel (Cuadro 1). Estos resultados coinciden con los encontrados por Bazzigalupi *et al.* (2008) al realizar un experimento con *Thinopyrum ponticum*, en condiciones de laboratorio encontró una disminución en la germinación en relación con el testigo (0 dS/m) en 4.2, 18.6 y 61 % en semillas tratadas con soluciones de NaCl equivalentes a 6, 12 y 18 dS/m, respectivamente. Cuartero y Fernández-Muñoz (1999) realizaron un trabajo similar con semilla de tomate en condiciones salinas, mencionan que a medida que aumenta la concentración de sales en el medio, el porcentaje de germinación disminuye y el periodo de tiempo en que este proceso se lleva a cabo se prolonga.

Plántulas anormales. El pasto Buffel mostró el mayor número de plantas anormales, seguido por el pasto Toledo, mientras que Tanzania no tuvo plántulas anormales (Cuadro 1).

Semillas sin germinar. El pasto Rhodes presentó el menor porcentaje de semillas sin germinar y Mulato el mayor.

Pruebas de vigor en laboratorio

Índice velocidad de germinación. Tanzania presentó el índice de velocidad de germinación más alto seguido por el pasto Toledo; el pasto Buffel mostró el índice más bajo (Cuadro 1). Lo anterior tiene una relación con lo que encontraron Fanti y Pérez (2004), quienes relacionaron una reducción en el porcentaje de germinación y un atraso en el inicio

del proceso germinativo con el aumento del estrés salino, pues cuando existe un aumento de la concentración de sales en el medio germinativo, hay una disminución del potencial osmótico y consecuentemente una reducción del potencial hídrico.

Primer conteo. Buffel mostró el mayor valor, mientras que Tanzania y Mulato, reportaron los porcentajes más bajos.

Longitud media de plúmula. El pasto Toledo presentó la mayor longitud, mientras que Rhodes y Mulato fueron los pastos más afectados en el crecimiento de la parte aérea de la plántula, lo que nos indica que son más susceptibles a las concentraciones de sales. Estos resultados son similares a los que reportan Musito *et al.* (2004) quienes evaluaron en laboratorio, la longitud de la radícula y la plúmula de 13 genotipos de maíz en cinco niveles de salinidad (0, 3, 6, 9, 12 dS/m), se esperaba que cada genotipo mostrara una disminución en la longitud radicular a medida que se incrementara el nivel de salinidad, lo cual no

sucedió. Estos resultados coinciden con Argetel *et al.* (2006) quienes al realizar un estudio en laboratorio sobre el efecto de diferentes concentraciones salinas de NaCl con 12, 15, 22, 25 y 28 dS/m en trigo variedad Cuba-C-204, observaron un incremento significativo en la longitud de la plúmula y longitud de la raíz a medida que aumentaron las concentraciones de sales, y encontraron un 33 y 35 % más de plantas anormales respecto al testigo para niveles de 25 y 28 dS/m, respectivamente.

Longitud media de radícula. Brizantha alcanzó la mayor longitud de raíz, seguido de Buffel, por su parte Rhodes obtuvo la menor longitud de radícula. Estos resultados coinciden con los de Romero *et al.* (2001), los cuales indican que a nivel de las raíces, las sales alteran la absorción de agua afectando el crecimiento de estos órganos; además, que también actúan produciendo efectos tóxicos. Asimismo, Ye *et al.* (2005) mencionan que la emergencia radicular se demora con altas concentraciones salinas.

Cuadro 1. Capacidad de germinación y pruebas vigor de semilla de cinco gramíneas forrajeras bajo seis niveles de salinidad por KCl en condiciones de laboratorio.

Pastos	Capacidad de Germinación			IVG (%)	Pruebas de Vigor		
	PN (%)	PA (%)	SSG (%)		PC (%)	LMP (cm)	LMR (cm)
Buffel	16.00 c	19.50 a	65.00 c	2.458 a	41.67 a	2.352 b	2.129 b
Rhodes	53.67 a	12.83 b	33.83 d	1.766 b	17.50 b	1.066 c	0.715 d
Tanzania	26.67 b	0.00 c	73.33 b	0.657 c	4.33 c	2.114 b	1.454 c
Toledo	27.33 b	1.17 c	71.50 cb	0.848 c	15.17 b	4.811 a	3.641 a
Mulato	10.83 c	0.17 c	89.00 a	0.224 d	1.83 c	1.407 c	1.294 c

PN: Plántulas normales; **PA:** Plántulas anormales; **SSG:** Semillas sin germinar; **PC:** Primer conteo; **IVG:** Índice velocidad de germinación; **LMP:** Longitud media de plúmula; **LMR:** Longitud media de radícula. Medias con distinta letra en una columna son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$).

Capacidad de germinación en invernadero

Se detectaron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) entre especies para las variables evaluadas en las pruebas de capacidad de germinación y vigor.

Plántulas normales. Tanzania obtuvo el mayor porcentaje de plántulas normales y Buffel el menor, lo que indica que las concentraciones de salinidad afectan de forma considerable la germinación de las especies de gramíneas forrajeras. Esto coincide

con lo expresado por Basnayake *et al.* (1994) quienes mencionan que la ocurrencia excesiva de sales solubles en el suelo causa una reducción en el potencial osmótico y como consecuencia, una reducción en el gradiente del potencial entre el suelo y la semilla, dificultando el proceso de imbibición y comprometiendo la germinación. Da Silva *et al.* (2007) reportaron que la germinación de semillas de cebada disminuyó a medida que se incrementó el nivel de salinidad, reduciendo la viabilidad y vigor de las semillas debido a que la salinidad afectó la integridad de las membranas.

Plántulas anormales. Tanzania, pasto Toledo, Mulato y Buffel, presentaron el mayor número de plantas anormales y Rhodes el menor, como se muestra en el Cuadro 2. Ramos *et al.* (2004) encontraron resultados similares, ya que mencionan que el contenido elevado de sales en los suelos, afectan el crecimiento de las plantas modificando sus características morfológicas y anatómicas.

Semillas sin germinar. El pasto Tanzania presentó el menor porcentaje de semillas sin germinar, seguido del pasto Toledo, mientras que Rhodes, Mulato y Buffel presentaron los porcentajes más altos de 65 al 77 % (Cuadro 2).

Pruebas de vigor en invernadero

Velocidad de emergencia. Tanzania presentó una mejor respuesta con un índice de 3.23 %, seguido del pasto Toledo con 2.37 % estadísticamente diferentes, mientras que el grupo estadístico que conforma Mulato, Rhodes y Buffel, fueron estadísticamente iguales pero numéricamente diferentes con índices de 1.62, 1.54 y 1.73 %, siendo el pasto Buffel el que presentó el más bajo índice de velocidad de germinación esto numéricamente diferente. Cuadro 2, muestra el comportamiento de las especies, donde se observa la tendencia de cómo el efecto de salinidad influye en el índice de velocidad de emergencia, ya que a medida que va

en incremento tiene influencia en cada una de las especies en estudio.

Primer conteo. Los pastos Toledo, Buffel y Rhodes presentaron los mayores valores, mientras que Tanzania y Mulato los porcentajes más bajos (Cuadro 2).

Longitud media de plúmula. Rhodes presentó la mayor longitud, seguido por los pastos Toledo y Mulato, mientras que el pasto Buffel fue el más afectado en el desarrollo de la plántula por el efecto salino.

Longitud media de radícula. Los pastos Toledo, Mulato y Rhodes, alcanzaron la mayor longitud de radícula, por su parte el pasto Buffel obtuvo la menor longitud de radícula, siendo el pasto más susceptible a la salinidad (Cuadro 2). Estos resultados son similares a los obtenidos por Almasoum (2000), quien menciona que el efecto de las sales en las raíces de las plantas siempre resulta en un menor crecimiento de estos órganos, hecho que puede afectar el crecimiento general de la planta al reducirse el volumen de suelo que pueden explorar sus raíces. Al comparar los resultados con los obtenidos por Jeannette *et al.* (2002) que evaluaron la tolerancia a la salinidad durante la germinación y desarrollo de plántulas de 24 materiales de frijol de cuatro especies silvestres y cuatro de frijol común con concentraciones de 0, 60, 120 y 180 mM de NaCl, los resultados mostraron que la biomasa de la radícula y parte aérea decrecieron con el incremento en la salinidad.

Peso seco de plántula. Los resultados indican que los pastos que registraron el mayor peso de materia seca fueron los pastos Tanzania, Toledo y Mulato y Buffel obtuvo el menor peso seco, indicando que las concentraciones de sal afectan de forma considerable la producción de materia seca de la plántula (Cuadro 2). Datos similares fueron encontrados por Jaradat *et al.* (2004), al realizar un experimento con genotipos de cebada, sometieron a la semilla a 0 y 20 dS/m con NaCl

durante 10 d, encontraron que el porcentaje de germinación final a 20 dS/m tuvo una correlación negativamente significativa y en promedio de peso

seco de plántula y el número de raíces por plántula se redujo drásticamente en respuesta al estrés salino.

Cuadro 2. Capacidad de germinación y pruebas vigor de semilla de cinco gramíneas forrajeras bajo seis niveles de salinidad por KCl en condiciones de invernadero.

Pastos	Capacidad de Germinación				Pruebas de Vigor			
	PN (%)	PA (%)	SSG (%)	IVE (%)	PC (%)	LMP (cm)	LMR (cm)	PSP (mg)
Tanzania	66.50 a	10.00 ba	22.33 d	3.23 a	0.33 b	2.98 c	2.84 b	201.83 ba
Toledo	34.08 b	13.42 a	53.33 c	2.37 b	8.67 a	6.01 b	4.25 a	273.96 a
Mulato	26.00 cb	9.08 ba	65.25 b	1.62 c	3.67 b	5.29 b	3.46 ba	233.58 ba
Rhodes	19.58 cd	3.58 b	76.83 a	1.54 c	11.50 a	8.47 a	4.21 a	153.42 b
Buffel	14.50 d	11.83 a	73.67 ba	1.73 c	13.08 a	1.37 d	0.96 c	11.92 c

PN: Plántulas normales; **PA:** Plántulas anormales; **SSG:** Semillas sin germinar; **PC:** Primer conteo; **IVE:** Índice velocidad de emergencia; **LMP:** Longitud media de plúmula; **LMR:** Longitud media de radícula, **PSP:** Peso seco de plántula. Medias con distinta letra en una columna son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$).

CONCLUSIONES

La germinación y el vigor de las semillas de las especies en estudio son afectadas directamente al incrementar las concentraciones de sal, en las condiciones de laboratorio e invernadero, ya que se incrementa el número de semillas sin germinar y de plántulas anormales. En laboratorio, la salinidad afecta el porcentaje y la velocidad de germinación, sin embargo la semilla del pasto Toledo sobresale de las demás en capacidad de germinación, en las pruebas de vigor, ya que presenta un buen desarrollo de plúmula y radícula, asegurando un establecimiento en concentración salina de 10 dS/m. En invernadero, la respuesta fisiológica de la semilla de los pastos Toledo y Tanzania es mayor en la capacidad de germinación y en las pruebas de vigor y comienza a disminuir significativamente a concentraciones de 15 dS/m, también presentan los mayores porcentajes de germinación, desarrollo de plántulas, velocidad de emergencia y producción de materia seca. Los pastos más tolerantes al efecto de sales en la germinación y el vigor son los pastos Tanzania y Toledo.

LITERATURA CITADA

- Almasoum, A. A. 2000. Effect of planting depth on growth and productivity of tomatoes using drip irrigation with semi saline water. *Acta Hort.* (537): 773-778.
- Argetel, L., González, L. M. y Plana, R. 2006. Efecto de altas concentraciones salinas sobre la germinación y el crecimiento del Trigo (*Triticum aestivum*) variedad CUBA-C-204. *Rev. Cult. Trop.* 27 (3): 45-48.
- Basnayake, J., Cooper, M., Ludlow, M., Henkell, R. 1994. Combining ability variation for osmotic adjustment among a selected range of grain sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Field Crops Res.* (38): 147-155.
- Bazzigalupi, O., Pistorale, M. S. y Andrés, N. A. 2008. Tolerancia a la salinidad durante la germinación de semillas provenientes de poblaciones naturalizadas de agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*) *Cien. Inv. Agr.* 35(3): 277-285.
- Cuartero, J., Fernández-Muñoz, R. 1999. Tomato and salinity. *Sci. Horticult.* (78): 83-125.
- Da Silva, R., Fernandes Lopes, N., Munt de Moraes, D., De Almeida Pereira, A. y Loureiro Duarte. G. 2007. Physiological quality of barley seeds submitted to saline stress. *Rev. Bras. Sem.* 29(1): 40-44.
- El-Kharbotly, A., O. Mahgoub, A. Al-Subhi and A. Al-Halhali, 2003. Indigenous grass species with potential for maintaining rangeland and livestock feeding in Oman. *Agric. Ecosyst. Environ.* 95: 623-627.

- Epstein, E., J.D. Norlyn, D.W. Rush, R.W. Kinsbury, D.B. Kelly, G.A. Gunningham and A.F. Wrona, 1980. Saline culture of crops: A genetic approach. *Sci.* 210: 399-404.
- FAO. 2000. Global Network on Integrated Soil Management for Sustainable Use of Salt-Affected Soils. Retrieved from: <http://www.fao.org/ag/agl/agll/spush/topic2.htm#iran>
- Fanti, S. y Pérez, S. 2004. Processo germinativo de sementes de paineira sob estresses hídrico e salino. *Pesq. Agropecu. Bras.* 39(9): 903-909.
- Flowers, T.J.; A.R. Yeo, 1995. Breeding for salinity Rattan, L.A., 1998. Seed technology. LTD. Oxford, New resistance in crop plants. *Aust. J. Plant Physiol.*, 22: 875-884.
- Hardegree, S.P. and W.E. Emmerich, 1990. Partitioning water potential and specific salt effects on seed germination of four grasses. *Ann. Bot.* 66: 587-595.
- Jaradat, A. A., M. Shahid; A. Al-Maskri. 2004. Genetic diversity in the Batini Barley Landrace from Oman: II. Response to salinity stress. *Crop Sci.* (44): 007-1007.
- Jeannette, S. B. J., R. Craig; J. P. Lynch. 2002. Salinity tolerance of Phaseolus species during germination and early seedling growth. *Crop Sci.* (42):1584-1504.
- Kefu, Z., F. Hai, I.A. Ungar, 2002. Survey of halophyte species in China. *Plant Sci.*, 163(3), 491-498.
- Luque, A.A. and F.T. Bingham, 1981. the effect of the osmotic potential and specific ion concentration of the nutrient Solution on the uptake and reduction of nitrate by barley seedlings. *J. Plant and Soil* 2: 227-237.
- Munns, R., 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environ.* 25, 239-250.
- Munns, R. 2005. Genes and salt tolerance: bringing them together. *New Phytol.* 167(3): 645-660.
- Musito, R. N., Vega S. M. C. y Rodríguez V. J. G. 2004. Genotipos de maíz tolerantes a salinidad; un estudio preliminar para iniciar un programa de selección. *Agraria Nueva Época*1(3):18-23.
- Nedjimi, B. 2009. Salt tolerance strategies of *Lygeum spartum* L.: A new fodder crop for Algerian saline steppes. *Flora* 204: 747-754.
- Ramos, J. C., Perreta, G. M., Tivano, C. J. y Vegetti, C. A. 2004. Variaciones anatómicas en la raíz de *Pappophorum philippianum* inducidas por salinidad. *Rev. Int. Bot Exp.* 103-109.
- Redmann, R.E., 1974. Osmotic and specific ion effects on the germination of alfalfa. *Can. J. Bot.* 52: 803-808.
- Rhoades, J.D., J. Loveday, 1990. Salinity in irrigated agriculture. pp.1089-1142, In: Irrigation of agricultural crops. Eds. B.A. Stewart, D.R. Nielsen, Monograph, ASA, Madison, WI.
- Romero-Aranda, R., Soria, T., Cuartero, J. 2001. Tomato plant-water uptake and plant-water relationships under saline growth conditions. *Plant Sci.* (160): 265-272. Chile.
- SAS, Institute Inc. 1989. SAS/STAT User`s Guide. Version 6, Fourth Edition. Volume 2, Cary, NC, USA.
- Shokohifard, G., K.H. Sakagam; S. Matsumoto, 1989. Effect of amending materials on growth of radish plant in salinized soil. *J. Plant Nutr.* 12: 1195-1294.
- Singh, K. N., Chatrath, R. 2001. Salinity Tolerance, Chapter 8. pp: 101-111. In: Application of Physiology in Wheat Breeding. M.P., J.I. Ortiz-Monasterio, and A. McNab (eds.). Mexico, D.F.: CIMMYT.
- Tobe, K., X. Li and K. Omasa, 2002. Effects of sodium, magnesium and calcium salts on salts on seed germination and radicle survival of a halophyte, *Kalidium capsicum* (*Chenopo-diaceae*). *Australiant J. Bot.* 50: 163-169.
- Tsonev, T.D., G.N. Lazova, Z.G. Stoinova and L.P. Popova, 1998. A Possible Role Jasmonic Acid in Adaptation of Barley seedlings to Salinity Stress. *J. Plant Growth Regulation*, 3: 153-159.
- Ye, Y., Tan, N., Lu, Ch. and Wog, Y. 2005. Effects of salinity on germination, seedling growth and physiology of three salt-secreting mangrove species. *Aq. Bot.* 83(3): 193-205.

