

## Germinación y características de plántulas de variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) sometidas a estrés salino\*

### Germination and seedling traits of basil varieties (*Ocimum basilicum* L.) under salt stress

Juan José Reyes-Pérez<sup>1</sup>, Bernardo Murillo-Amador<sup>1§</sup>, Alejandra Nieto-Garibay<sup>1</sup>, Enrique Troyo-Diéguez<sup>1</sup>, Inés María Reynaldo-Escobar<sup>2</sup> y Edgar Omar Rueda-Puente<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S. C. Domicilio fiscal: Instituto Politécnico Nacional # 195, Colonia: Playa Palo de Santa Rita Sur, La Paz, Baja California Sur, México. C. P. 23096. Tel. +52-612-123-84-84. Ext. 3440. Directo: 123-84-40. Fax. +52-612-123-85-25. (jjreyesp1981@gmail.com), (anieto04@cibnor.mx), (etroyo04@cibnor.mx). <sup>2</sup>Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Mayabeque, Cuba. Gaveta Postal No. 1, San José de las Lajas. C. P. 32700. Tel. +53 47 863867. (ines@inca.edu.cu). <sup>3</sup>Universidad de Sonora, Carretera Bahía de Kino, km. 21. Apdo. Postal 305. Hermosillo, Sonora, México. (erueda04@santana.uson.mx). <sup>§</sup>Autor de correspondencia: bmurillo04@cibnor.mx.

#### Resumen

La albahaca (*Ocimum basilicum* L.) es una especie que presenta variabilidad en la tolerancia a distintos tipos de estrés abiótico y se considera una planta sensible a la salinidad en las etapas iniciales de su crecimiento. El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de la salinidad en la germinación de albahaca. Veinte variedades se sometieron a tres concentraciones de NaCl (0, 50 y 100 mM) en un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. El trabajo se desarrolló en cámara de germinación. Las variables que se midieron fueron tasa y porcentaje de germinación, longitud de radícula, altura de plántula, biomasa fresca y seca de radícula y parte aérea. Los resultados evidenciaron que las variedades Sweet Dani, Red Rubin, Genovese Italian, Mrs Burns, Cinnamon, Emily y Dolly tuvieron una mejor respuesta en las variables germinación, tasa de germinación, longitud de radícula, altura de plántula, biomasa fresca y seca de radícula y parte aérea. Se discute la respuesta diferencial entre las variedades al someterlas a diferentes niveles de NaCl.

**Palabras claves:** agricultura en zonas áridas, biomasa, NaCl, tasa de germinación.

#### Abstract

Basil (*Ocimum basilicum* L.) is a species that has variability in tolerance to different abiotic stress and is considered a sensitive plant to salinity in the early stages of its growth. The objective of this study was to determine the effect of salinity on basil germination. Twenty varieties were subjected to three NaCl concentrations (0, 50 and 100 mM) in a completely randomized design with four replications. The study was developed in a germination chamber. The variables measured were rate and percentage of germination, radicle length, seedling height, fresh and dry biomass of radicle and shoot. The results showed that Sweet Dani, Red Rubin, Genovese Italian, Mrs Burns, Cinnamon, Emily and Dolly varieties had a better response in germination, germination rate, radicle length, seedling height, fresh and dry biomass radicle and shoot variables. It is discussed the differential response between varieties when subjected to different levels of NaCl.

**Key words:** agriculture in arid zones, biomass, NaCl, germination rate.

\* Recibido: diciembre de 2012  
Aceptado: mayo de 2013

## Introducción

Uno de los principales problemas a los que se enfrenta la agricultura prácticamente en todo el mundo es la salinidad (Chen *et al.*, 2008) ya que ésta afecta las funciones de la planta (Hoque *et al.*, 2008). En las regiones áridas y semiáridas, la salinidad es considerada como principal factor ambiental limitante de la productividad vegetal (Tester, 2003). La salinidad reduce la absorción de agua y disminuye el crecimiento (Munns, 2002). Las concentraciones mayores de sales en la solución externa de las células provoca sequía osmótica, toxicidad por absorción excesiva de Na y Cl, así como un desbalance nutrimental (Trinchant *et al.*, 2004; Karimi *et al.*, 2005). La tolerancia a la salinidad es incompatible con variables cuantitativas, como tasa grande de crecimiento o producción de biomasa, por lo que han realizado investigaciones en las que se evalúan variedades en condiciones salinas (Grieve *et al.*, 1999).

La agricultura científica inició en el decenio de 1950 con estudios sobre la tolerancia de las plantas a la salinidad (Ayers *et al.*, 1952; Bernstein y Hayward, 1958; Mehta y Desai, 1959); por lo que, existe interés para trabajar en el tema (Pessarakli, 1999). Especies de trigos tolerantes a la salinidad se han cultivado con la finalidad de recuperar suelos salinos (González *et al.*, 2002); cianobacterias fijadoras de nitrógeno tolerantes a salinidad, se utilizan para recuperar y mejorar suelos salinos (Apte y Thomas, 1997); asimismo, especies perennes se adaptan con propósitos de rehabilitación de suelos salinos (De Villiers *et al.*, 1997).

Por su parte Lombardo y Saladino (1997) evaluaron el efecto de la salinidad en la germinación de hortalizas (*Cichorium endivia* L., *Chicorium intybus* L., *Daucus carota* L. y *Petroselinum crispum* L.), de forrajes (*Trifolium alexandrinum* L., *Vicia sativa* L., *Medicago sativa* L., *Hedysarum coronarium* L. y *Lens culinaris* L.) y encontraron que conforme la conductividad eléctrica se incrementó, la germinación disminuyó. Mientras que Said-Alah *et al.* (2010) estudiaron el efecto de la salinidad en el contenido de aceites esenciales en albahaca, pero no determinaron tolerancia o sensibilidad en las variedades.

La sustitución o reemplazo de cultivos sensibles a la salinidad con cultivos tolerantes es una estrategia para enfrentar a la salinidad (Shannon, 1996). Sin embargo, la diferencia a la tolerancia a la salinidad entre especies de plantas en el crecimiento, es de suma importancia para la investigación

## Introduction

One of the main problems facing agriculture around the world is salinity (Chen *et al.*, 2008) as it affects the functions of the plant (Hoque *et al.*, 2008). In arid and semi-arid regions, salinity is considered as the main environmental factor limiting plant productivity (Tester, 2003). Salinity reduces water absorption and growth (Munns, 2002). Higher concentrations of salts in the external solution of the cells causes osmotic drought, toxicity by excessive absorption of Na and Cl, and a nutrient imbalance (Trinchant *et al.*, 2004; Karimi *et al.*, 2005). Tolerance to salinity is incompatible with quantitative variables such as growth rate and biomass production, for which has been done research to evaluate varieties under saline conditions (Grieve *et al.*, 1999).

Scientific agriculture began in the 1950s with studies on plant tolerance to salinity (Ayers *et al.*, 1952, Bernstein and Hayward, 1958; Mehta and Desai, 1959); thus, there is an interest to work in the subject (Pessarakli, 1999). Wheat species, tolerant to salt have been grown for the purpose of recovering saline soils (González *et al.*, 2002); nitrogen-fixing cyanobacteria tolerant to salinity are used to recover and improve saline soils (Apte and Thomas, 1997); also perennial species adapt in order to rehab saline soils (De Villiers *et al.*, 1997).

Meanwhile Lombardo and Saladino (1997) evaluated the effect of salinity on germination of vegetables (*Cichorium endivia* L., *Cichorium intybus* L., *Daucus carota* L. and *Petroselinum crispum* L.), fodder (*Trifolium alexandrinum* L., *Vicia sativa* L., *Medicago sativa* L., *Hedysarum coronarium* L. and *Lens culinaris* L.) and found that as the electrical conductivity increased, germination decreased. While Said-Allah *et al.* (2010) studied the effect of salinity on the content of essential oils in basil, but did not determine tolerance or sensitivity in varieties.

Substitution or replacement of sensitive crops to salinity with tolerant crops is a strategy to face salinity (Shannon, 1996). However, the difference in salinity tolerance among plant species in growth, is very important for research and which is not fully understood (Pessarakli, 1999), thus identify species tolerant or moderately tolerant salinity is a necessity.

y la cual no está del todo entendida (Pessarakli, 1999), por lo que identificar especies tolerantes o moderadamente tolerantes a la salinidad es una necesidad.

Las plantas aromáticas como la albahaca son económicamente importantes en el mundo, por la demanda en los mercados. La albahaca es una planta cuyo aceite se utiliza en alimentos, perfumería e industria médica. Por lo tanto, es una fuente de compuestos de aroma, con actividades biológicas y propiedades antioxidantes (Lee *et al.*, 2005). En México, la albahaca se cultiva en regiones con clima cálido, semicálido, seco, semiseco y templado; se realiza junto con otras especies aromáticas y hortalizas y se vende en centros comerciales como planta fresca.

El cultivo de albahaca orgánica es económicamente rentable y Baja California Sur es el principal Estado del país exportador a Estados Unidos de América y a otros países (Bermúdez, 2005). El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto del estrés salino en la germinación y crecimiento de plántulas de variedades de albahaca para establecer posibles diferencias que permitan considerarlo como criterio en la selección de material genético tolerante y sensible al estrés salino.

## Materiales y métodos

El experimento se realizó en el laboratorio de Fisiotecnia Vegetal del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, México. Se utilizaron 20 variedades: Sweet Dani, Lemon, Sweet Genovese, Siam Queen, Red Rubin, Thai, Dark Opal, Spicy Glove, Licorice, Cinnamon, Mrs Buns, Purple Ruffles, Lettuce Leaf, Italian Large Leaf, Genovese, Dolly, Emily, Genovese Italian, Dolce Vita Blend y Napoletano. Todas las variedades se adquirieron en el extranjero (EE. UU) y no se cuenta con información sobre la tolerancia o sensibilidad a la salinidad. Previamente se realizó una prueba de germinación sin incluir los tratamientos de NaCl (ISTA, 1999). El experimento se estableció en un diseño completamente al azar con arreglo factorial considerando las variedades como factor A y los tratamientos salinos como factor B, con cuatro repeticiones de 30 semillas cada una. Los tratamientos salinos fueron 0, 50, y 100 mM de NaCl. Cajas Petri de 150 x 15 mm con lámina de papel de filtro se utilizaron como sustrato. Posteriormente 25 mL de solución salina se aplicaron a cada caja Petri, correspondiente a cada tratamiento; para el tratamiento control se utilizó agua

Aromatic herbs such as basil are economically important in the world, by its demand in the market Basil is a plant whose oil is used in foods, perfumes and medical industry. Therefore, a source of aroma compounds with antioxidant properties and biological activities (Lee *et al.*, 2005). In Mexico, basil is grown in regions with warm, semi dry, dry and mild climate; is grown along other aromatic spices and vegetables and sold in malls as fresh plant.

The organic basil crop is economically profitable and Baja California Sur is the main exporter to the United States of America and other countries (Bermúdez, 2005). The objective of this study was to determine the effect of salt stress on germination and seedling growth in basil varieties to establish possible differences allowing consider as a criterion in the selection of genetic material tolerant and sensitive to salt stress.

## Materials and methods

The experiment was conducted in the laboratory of Vegetal Physiology in the Biological Research Center of the Northwest, Mexico. 20 varieties were used: Sweet Dani, Lemon, Sweet Genovese, Siam Queen, Red Rubin, Thai, Dark Opal, Spicy Glove, Licorice, Cinnamon, Mrs Buns, Purple Ruffles, Lettuce Leaf, Italian Large Leaf, Genovese, Dolly, Emily, Genovese Italian, Dolce Vita Blend and Napoletano. All varieties were acquired abroad (U.S.) and there is no information on the tolerance or sensitivity to salinity. Previously was performed a germination test excluding NaCl treatments (ISTA, 1999). The experiment was established in a completely randomized design with factorial arrangement considering varieties as factor A and saline treatments as factor B with four replicates of 30 seeds each. Saline treatments were 0, 50, and 100 mM NaCl. Petri dish of 150 x 15 mm with a sheet of filter paper was used as substrate. Subsequently 25 mL of saline solution were applied to each Petri dish corresponding to each treatment; for the control treatment was used distilled water. The Petri dishes with the seeds inside were incubated in a germination chamber (Lumistell, IES-OS model, series 1408-88-01) at a temperature of  $25 \pm 1$  °C, 80% humidity and 12 h of continuous light.

Germination was recorded daily and the final percentage was determined at day seven. Germination rate was calculated with the equation of Maguire (1962):  $M = n1/t1$

destilada. Las cajas Petri con las semillas dentro, se incubaron en una cámara de germinación (Lumistell, modelo IES-OS, serie 1408-88-01) a una temperatura de  $25 \pm 1$  °C, 80% de humedad y 12 h de luz continua.

La germinación se registró diariamente y el porcentaje final se determinó a los siete días. La tasa de germinación se calculó con la ecuación de Maguire (1962):  $M = n1/t1 + n2/t2 + \dots + n30/t7$ ; donde  $n1, n2, \dots, n30$  son el número de semillas germinadas en los tiempos  $t1, t2, \dots, t7$  (hasta los siete días). Las semillas germinadas se mantuvieron por 14 días y se seleccionaron al azar 10 plántulas por repetición. A cada plántula se le midió longitud de radícula y de parte aérea, peso fresco y seco de radícula y de parte aérea, utilizando una balanza analítica (Mettler Toledo, modelo AG204).

Los tejidos vegetales se colocaron en bolsas de papel y se introdujeron en una estufa de secado (Shel-Lab, modelo FX-5, serie-1000203) a una temperatura de 80 °C durante 72 h hasta peso constante. Análisis de varianza y comparaciones múltiples de medias (Scheffe,  $p = 0.05$ ) se realizaron con el programa Statistica v. 10.0 para Windows (StatSoft, Inc., 2011). El porcentaje de germinación se transformó mediante la fórmula  $\text{Arc sen } \sqrt{x}$  (Little y Hills, 1989; Steel y Torrie, 1995).

## Resultados y discusión

**Tasa y porcentaje de germinación.** Considerando sólo el factor de interacción de variedades\*salinidad para porcentaje ( $F_{38,180} = 3.7, p \leq 0.000001$ ) y tasa de germinación ( $F_{38,180} = 7.04; p \leq 0.000001$ ), se observa en el Cuadro 1 que las variedades exhibieron valores mayores de porcentaje y tasa de germinación en la concentración de 0 mM de NaCl y valores menores en 50 y 100 mM de NaCl. Los resultados indican una reducción en porcentaje y tasa de germinación a partir de la concentración de 50 mM NaCl, como lo reportan Camejo y Torres (2001) quienes encontraron que conforme se incrementan la salinidad a partir de 50 hasta 100 mM de NaCl, la tasa y el porcentaje de germinación de tomate se reduce.

Los resultados del presente estudio coinciden con Jones (1986) quien reportó que la tolerancia a la salinidad en la etapa de germinación es una habilidad de las semillas para tolerar sales solubles que disminuyen el potencial hídrico, por lo que las semillas deben generar suficiente potencial osmótico para mejorar el estatus hídrico de los embriones y permitir su crecimiento. En éste estudio, el retraso en la

+  $n2/t2 + \dots + n30/t7$ ; where  $n1, n2 \dots n30$  are the number of seeds germinated at times  $t1, t2, t7 \dots$  (to seven days). The germinated seeds were kept 14 days and randomly selected 10 seedlings per replicate. Each seedling was measured radicle length and shoot, fresh and dry weight of radicle and shoot, using an analytical balance (Mettler Toledo, model AG204).

Plant tissues were placed in paper bags and placed in a drying oven (Shel-Lab, model FX-5, series-1000203) at a temperature of 80 °C for 72 h to constant weight. Analysis of variance and multiple comparisons of means (Scheffe,  $p = 0.05$ ) were made with the program Statistica v. 10.0 for Windows (StatSoft, Inc., 2011). The germination percentage was transformed using the formula  $\text{arcsin } \sqrt{x}$  (Little and Hills, 1989; Steel and Torrie, 1995).

## Results and discussion

**Rate and percentage of germination.** Considering only the interaction factor of varieties \* salinity for percentage ( $F_{38,180} = 3.7, p \leq 0.000001$ ) and germination rate ( $F_{38,180} = 7.04, p \leq 0.000001$ ), in Table 1 note that the varieties exhibited higher values of percentage and germination rate at concentration 0 mM of NaCl and lower values in 50 and 100 mM NaCl. The results indicate a decrease in percentage and germination rate from the concentration of 50 mM NaCl, as reported by Camejo and Torres (2001) who found that as the salinity increases from 50 to 100 mM NaCl, the rate and germination percentage of tomato is reduced.

The results of this study match with Jones (1986) who reported that tolerance to salinity at germination stage is an ability of seeds to tolerate soluble salts that lower water potential, so seeds must generate enough osmotic potential to improve water status of embryos and allow its growth. In this study, the delay in germination rate is possibly due to the decreased absorption of water or a toxic effect of the ions, which affect enzymatic and hormone levels.

It is also known that NaCl causes physical and chemical changes in the seeds that retard or reduce germination (Chartzoulakis and Loupassaki 1997). Is appreciable that the salinity gradient had a significant effect on the response variables, where each variety showed a particularly trend,

tasa de germinación se debe posiblemente a la disminución en la absorción de agua o a un efecto tóxico de los iones, los cuales afectan los niveles enzimático y hormonal.

since salt tolerance is a heritable trait, that is used as a criterion for selecting populations tolerant to salinity (Kaya *et al.*, 2008).

**Cuadro 1. Respuesta de la interacción de los factores variedad\*salinidad en la tasa y el porcentaje de germinación de variedades de albahaca sometidas a estrés salino.**

**Table 1. Interaction response of variety\*salinity factors on rate and germination percentage of basil varieties subjected to salt stress.**

Variedades	Germinación (%)			Tasa de emergencia		
	0 mM NaCl	50 mM NaCl	100 mM NaCl	0 mM NaCl	50 mM NaCl	100 mM NaCl
Sweet Dani	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	27.3 <sup>a</sup>	26 <sup>abcd</sup>	20.9 <sup>abcdefgijkl</sup>
Lemon	100 <sup>a</sup>	85 <sup>ab</sup>	73.3 <sup>ab</sup>	24.9 <sup>abcdef</sup>	19.6 <sup>abcdefgijkl</sup>	12.1 <sup>ghijkl</sup>
Sweet Genovese	76.6 <sup>ab</sup>	79.1 <sup>ab</sup>	75 <sup>ab</sup>	13.9 <sup>cdefghijkl</sup>	14 <sup>bcdefghijkl</sup>	11.8 <sup>ghijkl</sup>
Siam Queen	90.8 <sup>ab</sup>	87.5 <sup>ab</sup>	68.3 <sup>ab</sup>	17.7 <sup>abcdefgijkl</sup>	14 <sup>bcdefghijkl</sup>	9.2 <sup>kl</sup>
Red Rubin	96.6 <sup>ab</sup>	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	27.2 <sup>a</sup>	21.7 <sup>abcdefgijk</sup>	20 <sup>abcdefgijk</sup>
Thai	100 <sup>a</sup>	96.6 <sup>ab</sup>	96.6 <sup>ab</sup>	26.5 <sup>abc</sup>	24 <sup>abdefg</sup>	17.5 <sup>abcdefgijkl</sup>
Dark Opal	98.3 <sup>a</sup>	83.3 <sup>ab</sup>	60.8 <sup>ab</sup>	22.6 <sup>bcdefghi</sup>	14.5 <sup>bcdefghijkl</sup>	9.5 <sup>kl</sup>
Spicy Glove	95.8 <sup>ab</sup>	100 <sup>a</sup>	95 <sup>ab</sup>	21 <sup>abcdefgijk</sup>	19.7 <sup>abcdefgijkl</sup>	12.2 <sup>ghijkl</sup>
Licorice	58.3 <sup>ab</sup>	76.6 <sup>ab</sup>	63.3 <sup>ab</sup>	15.5 <sup>abcdefgijkl</sup>	20.4 <sup>abcdefgijk</sup>	18.3 <sup>abcdefgijkl</sup>
Cinnamon	100 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	83.3 <sup>ab</sup>	23.8 <sup>abdefg</sup>	22.8 <sup>abdefgh</sup>	14.5 <sup>bcdefghijkl</sup>
Mrs Burns	80.8 <sup>ab</sup>	77.5 <sup>ab</sup>	80 <sup>ab</sup>	21.2 <sup>abcdefgijk</sup>	17.6 <sup>abcdefgijkl</sup>	14.9 <sup>abcdefgijkl</sup>
Purple Ruffles	69.1 <sup>ab</sup>	66.6 <sup>ab</sup>	63.3 <sup>ab</sup>	9.9 <sup>ijkl</sup>	10 <sup>ijkl</sup>	9.3 <sup>kl</sup>
Lettuce Leaf	72.5 <sup>ab</sup>	69.1 <sup>ab</sup>	80.8 <sup>ab</sup>	15 <sup>abcdefgijkl</sup>	11.5 <sup>ghijkl</sup>	11.1 <sup>hijkl</sup>
Italian Large Leaf	88.3 <sup>ab</sup>	83.3 <sup>ab</sup>	86.6 <sup>ab</sup>	22.3 <sup>abcdefghij</sup>	23.6 <sup>abdefgh</sup>	22.3 <sup>abcdefghij</sup>
Genovese	78.3 <sup>ab</sup>	74.1 <sup>ab</sup>	82.5 <sup>ab</sup>	11.5 <sup>ghijkl</sup>	13.6 <sup>defghijkl</sup>	12.1 <sup>ghijkl</sup>
Dolly	83.3 <sup>ab</sup>	86.6 <sup>ab</sup>	82.5 <sup>ab</sup>	12.1 <sup>ghijkl</sup>	13 <sup>efghijkl</sup>	12.3 <sup>efghijkl</sup>
Emily	76.6 <sup>ab</sup>	74.1 <sup>ab</sup>	80.8 <sup>ab</sup>	11.5 <sup>ghijkl</sup>	11.1 <sup>hijkl</sup>	12 <sup>ghijkl</sup>
Genovese Italian	85 <sup>ab</sup>	89.1 <sup>ab</sup>	92.5 <sup>ab</sup>	25.2 <sup>abcde</sup>	26.6 <sup>ab</sup>	26.2 <sup>abcd</sup>
Dolce Vita Blend	69.1 <sup>ab</sup>	62.5 <sup>ab</sup>	74.1 <sup>ab</sup>	16.8 <sup>abcdefgijkl</sup>	15.2 <sup>abcdefgijkl</sup>	16.1 <sup>abcdefgijkl</sup>
Napoletano	54.1 <sup>ab</sup>	54.1 <sup>ab</sup>	50.8 <sup>b</sup>	12.7 <sup>efghijkl</sup>	9.5 <sup>kl</sup>	7.3 <sup>l</sup>

Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Scheffe,  $p=0.05$ ).

También se sabe que el NaCl provoca cambios físico-químicos en las semillas que retardan o disminuyen la germinación (Chartzoulakis y Loupassaki, 1997). Es apreciable que el gradiente de salinidad tuvo un efecto significativo en las variables de respuesta, donde cada variedad mostró una tendencia particular, ya que la tolerancia a la salinidad es una característica heredable, que se usa como criterio para seleccionar poblaciones tolerantes a salinidad (Kaya *et al.*, 2008).

En condiciones naturales las semillas y plántulas jóvenes se enfrentan a salinidades mayores, porque la germinación ocurre en la superficie del suelo donde se acumulan sales solubles como resultado de la evaporación y elevación capilar (Almansouri *et al.*, 2001). En el presente estudio fue relevante determinar el porcentaje de germinación como indicador de tolerancia a estrés salino, ya que con éste es posible estimar la respuesta potencial de las semillas en ambientes salinos (Dantas *et al.*, 2005).

Under natural conditions the seeds and young seedlings face higher salinity because germination occurs in the soil surface where soluble salt accumulates as a result of evaporation and capillary rise (Almansouri *et al.*, 2001). In the present study was important to determine the germination percentage as an indicator of tolerance to salt stress; since it is possible to estimate the potential response of seeds in saline environments (Dantas *et al.*, 2005).

The inhibitory phenomenon of germination percentage can be attributed to osmotic stress or toxicity caused by an excess of NaCl (Flowers *et al.*, 2010). This phenomenon has been demonstrated in studies that evaluated the effect of osmotic potential in water uptake and germination of alfalfa seeds, finding that seeds absorb water slowly and accumulates NaCl from a NaCl solution as the osmotic potential of the solution concentration decreases.

El fenómeno inhibitorio del porcentaje de germinación puede atribuirse al estrés osmótico o a la toxicidad provocada por exceso de NaCl (Flowers *et al.*, 2010). Este fenómeno se ha evidenciado en estudios donde evaluaron el efecto del potencial osmótico en la absorción de agua y germinación de semillas de alfalfa, encontrándose que las semillas absorben agua lentamente y acumulan NaCl a partir de una solución de NaCl conforme el potencial osmótico de la solución disminuye su concentración.

El efecto físico-químico del NaCl redujo la emergencia que se asocia a su concentración (Flowers *et al.*, 2010). Sin embargo, no es claro si los componentes del estrés salino tienen efectos similares en las propiedades fisiológicas asociadas con germinación y si es igual en todos los genotipos (Almansouri *et al.*, 2001). La salinidad reduce y retarda la germinación (González *et al.*, 2011). Infiere de manera deletérea disminuyendo el potencial osmótico de la solución del suelo para retardar la absorción de agua (Khan and Ungar, 1991) y la toxicidad al embrión (Murillo-Amador *et al.*, 2002). En especies de hortalizas al incrementar la presión osmótica de -0.33 hasta -0.86 MPa, la germinación se redujo 50% (Colla *et al.*, 2010).

También coinciden con los resultados obtenidos por Flowers *et al.* (2010) quienes trabajaron con garbanzo sometido a estrés salino. La germinación fue mayor en un potencial de agua de -0.03 MPa. Al respecto Kaya *et al.* (2008) evaluaron el NaCl en garbanzo y encontraron diferencias entre variedades. Las sales afectan las funciones de la membrana y la pared celular (Mahdavi y Modarres, 2007), ya que el NaCl afecta la permeabilidad de las membranas plasmáticas e incrementa el influjo de iones externos y el eflujo de solutos citosólicos (Allen *et al.*, 1995). El NaCl también causa endurecimiento de la pared celular y un aumento en la conductividad hídrica de la membrana plasmática, afectando el potencial del citosol y la extensibilidad celular, disminuyendo la germinación y el crecimiento de las plántulas. La reducción de la germinación en condición salina también se debe a que la latencia se incrementa en las semillas (Mahdavi y Modarres, 2007).

### Variables morfométricas

En el Cuadro 2 se muestran las diferencias estadísticas significativas entre la interacción variedad\*salinidad para longitud de radícula ( $F_{38,2340} = 43.9$ ;  $p = 0.00000$ ) y altura de plántula ( $F_{38,2340} = 22.8$ ;  $p = 0.00000$ ) y el Cuadro 3 para la biomasa fresca ( $F_{38,180} = 12.3$ ,  $p = 0.00000$ ) y seca de radícula ( $F_{38,180} = 3.2$ ;  $p = 0.00000$ ); biomasa fresca ( $F_{38,180} = 4.2$ ,  $p = 0.00000$ ) y seca de parte aérea ( $F_{38,180} = 9.9$ ,  $p = 0.00000$ ). Las variedades mostraron valores mayores de longitud de radícula

The physical-chemical effect of NaCl reduced the emergency which is associated with its concentration (Flowers *et al.*, 2010). However, it is unclear if the components of salt stress have similar effects on the physiological properties associated with germination and if it is the same for all genotypes (Almansouri *et al.*, 2001). Salinity reduces and slows down germination (González *et al.*, 2011). It influences in a poisonous way, decreasing the osmotic potential of the solution from the soil to delay water absorption (Khan and Ungar, 1991) and toxicity to the embryo (Murillo-Amador *et al.*, 2002). In species of vegetables by increasing the osmotic pressure from -0.33 to -0.86 MPa, germination was reduced 50% (Colla *et al.*, 2010).

Also consistent with the results obtained by Flowers *et al.* (2010) who worked with chickpea subjected to salt stress. Germination was greater in a water potential of -0.03 MPa. About, Kaya *et al.* (2008) evaluated NaCl in chickpea and found differences between varieties. Salt affects the functions of the membrane and cell wall (Mahdavi and Modarres, 2007), as the NaCl affects the permeability of plasma membranes and increases the external ion flux and flux of cytosolic solutes (Allen *et al.* 1995). NaCl also causes the hardening of the cell wall and an increase in water conductivity of the plasma membrane, affecting the potential of cytosol and cell extensibility, reducing germination and seedling growth. The reduction of germination under saline conditions is also because latency is increased in the seeds (and Modarres Mahdavi, 2007).

### Morphometric variables

Table 2 shows the statistically significant differences between the interaction variety \* salinity for radicle length ( $F_{38,2340} = 43.9$ ;  $p = 0.00000$ ) and seedling height ( $F_{38,2340} = 22.8$ ;  $p = 0.00000$ ) and Table 3 for fresh biomass ( $F_{38,180} = 12.3$ ,  $p = 0.00000$ ) and dry biomass of radicle ( $F_{38,180} = 3.2$ ,  $p = 0.00000$ ); fresh biomass ( $F_{38,180} = 4.2$ ,  $p = 0.00000$ ) and dry shoots ( $F_{38,180} = 9.9$ ,  $p = 0.00000$ ). The varieties showed higher values of radicle length (Table 2) in 0 mM and lower values at 50 and 100 mM, results that match those mentioned by Abrisqueta *et al.* (1991) who found that with increasing salinity from 50 to 100 mM, radicle length was reduced; this is attributed to the growth restriction due to low water potential and to the interference of salt ions with nutrition or to the toxicity of accumulated ions, that lead to cell death (Cuartero and Fernández- Muñoz, 1999).

(Cuadro 2) en 0 mM y valores menores en 50 y 100 mM, resultados que coinciden con los señalados por Abrisqueta *et al.* (1991) quienes encontraron que conforme se incrementa la salinidad a partir de 50 y 100 mM, se reduje la longitud de radícula, esto se atribuye a la restricción en el crecimiento, debido al potencial bajo de agua y a la interferencia de los iones salinos con la nutrición o a la toxicidad de iones acumulados que conducen a la muerte celular (Cuartero y Fernández-Muñoz, 1999).

In fresh and dry biomass of radicle (Table 3), note a trend of increase from 50 to 100 mM, to reduce in 0 mM. The results corroborate that fresh and dry biomass of radicle increased from 50 mM, as reported by Cramer *et al.* (1988) by studying the effect of salinity on corn. Another study attributed this effect to the impact of salinity on growth, to the effect of osmotic stress in the root zone, and this brings a weight reduction of the stem, which coincides with

**Cuadro 2. Respuesta de la interacción de los factores variedad\*salinidad en la longitud de la radícula y altura de la plántula de variedades de albahaca sometidas a estrés salino.**

**Table 2. Interaction response of variety \* salinity factors on radicle length and seedling height of basil varieties subjected to salt stress.**

Variedades	Longitud de radícula (cm)			Altura de plántula (cm)		
	0 mM NaCl	50 mM NaCl	100 mM NaCl	0 mM NaCl	50 mM NaCl	100 mM NaCl
Sweet Dani	3.50 <sup>defg</sup>	2.23 <sup>ijklmno</sup>	1.49 <sup>mnoqrstuvw</sup>	1.52 <sup>cdefghijkl</sup>	2.00 <sup>ab</sup>	1.19 <sup>ijklmno</sup>
Lemon	3.44 <sup>defgh</sup>	3.14 <sup>defghij</sup>	1.59 <sup>lmnoqrstuvw</sup>	1.41 <sup>defghijklmno</sup>	1.80 <sup>abcdef</sup>	1.05 <sup>mno</sup>
Sweet Genovese	2.49 <sup>ghijklmn</sup>	1.52 <sup>nopqrstuvw</sup>	1.06 <sup>pqrstuvw</sup>	1.49 <sup>cdefghijklmn</sup>	1.76 <sup>abcdefg</sup>	1.03 <sup>no</sup>
Siam Queen	2.15 <sup>ijklmno</sup>	1.76 <sup>klmno</sup>	1.27 <sup>opqrstuvw</sup>	1.55 <sup>cdefghij</sup>	1.31 <sup>ghijklmno</sup>	1.00 <sup>op</sup>
Red Rubin	2.16 <sup>ijklmno</sup>	1.96 <sup>klmno</sup>	1.74 <sup>klmno</sup>	1.50 <sup>cdefghijklm</sup>	2.05 <sup>ab</sup>	1.20 <sup>ijklmno</sup>
Thai	3.08 <sup>defghij</sup>	2.08 <sup>ijklmno</sup>	1.36 <sup>no</sup>	1.44 <sup>defghijklmno</sup>	1.85 <sup>abcde</sup>	1.09 <sup>klmno</sup>
Dark Opal	1.94 <sup>klmno</sup>	1.70 <sup>klmno</sup>	0.92 <sup>tu</sup>	1.48 <sup>defghijklmno</sup>	1.76 <sup>abcdefg</sup>	1.07 <sup>lmno</sup>
Spicy Glove	1.61 <sup>lmno</sup>	1.61 <sup>lmno</sup>	0.97 <sup>stuvw</sup>	1.55 <sup>cdefghij</sup>	1.36 <sup>ghijklmno</sup>	1.04 <sup>mno</sup>
Licorice	3.99 <sup>bcd</sup>	2.67 <sup>ghijkl</sup>	1.09 <sup>pqrstuvw</sup>	1.47 <sup>defghijklmno</sup>	2.17 <sup>a</sup>	0.87 <sup>pqrstu</sup>
Cinnamon	2.25 <sup>ijklmno</sup>	2.04 <sup>ijklmno</sup>	2.08 <sup>ijklmno</sup>	1.70 <sup>bedefgh</sup>	1.70 <sup>bedefgh</sup>	1.27 <sup>hijklmno</sup>
Mrs Burns	5.44 <sup>a</sup>	4.63 <sup>ab</sup>	2.58 <sup>ghijklm</sup>	1.52 <sup>cdefghijkl</sup>	1.86 <sup>abcd</sup>	1.33 <sup>ghijklmno</sup>
Purple Ruffles	2.79 <sup>efghijk</sup>	2.32 <sup>ijklmno</sup>	1.45 <sup>nopqrstuvw</sup>	1.22 <sup>ijklmno</sup>	1.53 <sup>cdefghijk</sup>	0.61 <sup>stu</sup>
Lettuce Leaf	4.30 <sup>bc</sup>	3.17 <sup>defghi</sup>	0.98 <sup>stuvw</sup>	1.49 <sup>defghij</sup>	1.64 <sup>bedefghij</sup>	0.65 <sup>stu</sup>
Italian Large Leaf	3.80 <sup>bcde</sup>	2.58 <sup>ghijklm</sup>	0.49 <sup>w</sup>	1.40 <sup>efghijklmno</sup>	1.32 <sup>ghijklmno</sup>	0.45 <sup>u</sup>
Genovese	3.94 <sup>bed</sup>	2.35 <sup>hijklmno</sup>	1.05 <sup>qrstuvw</sup>	1.38 <sup>ghijklmno</sup>	1.35 <sup>ghijklmno</sup>	0.78 <sup>qrstu</sup>
Dolly	4.39 <sup>abc</sup>	2.43 <sup>ghijklmno</sup>	0.71 <sup>uvw</sup>	1.04 <sup>mno</sup>	1.21 <sup>ijklmno</sup>	0.49 <sup>u</sup>
Emily	3.79 <sup>bcde</sup>	2.45 <sup>ghijklmno</sup>	0.82 <sup>uvw</sup>	1.35 <sup>ghijklmno</sup>	1.46 <sup>defghijklmno</sup>	0.50 <sup>u</sup>
Genovese Italian	3.80 <sup>bcde</sup>	2.65 <sup>ghijkl</sup>	0.58 <sup>vw</sup>	1.29 <sup>hijklmno</sup>	1.40 <sup>ghijklmno</sup>	0.47 <sup>u</sup>
Dolce Vita Blend	4.50 <sup>abc</sup>	3.07 <sup>defghij</sup>	1.07 <sup>pqrstuvw</sup>	1.46 <sup>defghijklmno</sup>	1.94 <sup>abc</sup>	0.72 <sup>rstu</sup>
Napoletano	3.55 <sup>bcdef</sup>	2.23 <sup>ijklmno</sup>	0.71 <sup>uvw</sup>	1.43 <sup>defghijklmno</sup>	1.65 <sup>bcdefghi</sup>	0.58 <sup>tu</sup>

Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Scheffe  $p=0.05$ ).

En biomasa fresca y seca de radícula (Cuadro 3), se observa una tendencia de incremento a partir de 50 y 100 mM, para disminuir en 0 mM. Los resultados corroboran que biomasa fresca y seca de radícula se incrementó a partir de 50 mM, como lo reportó Cramer *et al.* (1988) al estudiar el efecto de la salinidad en maíz. Otro estudio atribuye este efecto al impacto de la salinidad en el crecimiento, al efecto del estrés osmótico en la zona radical y esto trae consigo la reducción de peso del vástago, que coincide con la reducción de área foliar y biomasa de planta (Urrestarazu, 2004). La respuesta en características morfológicas de raíz de albahaca, muestra que el estrés salino conduce a cambios en crecimiento y en consecuencia en morfología, así como en la fisiología de

a reduction of leaf area and plant biomass (Urrestarazu, 2004). The response in morphological traits of root in basil, shows that salt stress leads to changes in growth and morphology, thus in the physiology of this organ, which will result in changes on water absorption and ions in the production of signals (hormones) communicating information to the aerial part.

In physiological and metabolism terms, root as an absorption organ, is important in response to short and long term to salt stress. Here is synthesized abscisic acid (ABA) one of the stress signals, capable of producing physiological changes (hydraulic conductivity) and distance (stomatal

este órgano, lo que turnará en cambios en la absorción de agua e iones en la producción de señales (hormonas) que comunican información a la parte aérea.

closure) (Hartung *et al.*, 2002), so that the anatomical and morphological traits of the root have an effect on the adaptability to the salinity (Maggio *et al.*, 2001). The

**Cuadro 3. Respuesta de la interacción de los factores variedad\*salinidad en variables morfométricas de variedades de albahaca sometidas a estrés salino.**

**Table 3. Interaction response of variety \* salinity factors on morphometric variables of basil varieties subjected to salt stress.**

Variedades	Biomasa fresca de radícula (mg)			Biomasa seca de radícula (mg)			Biomasa fresca parte aérea (mg)			Biomasa seca parte aérea (mg)		
	0	NaCl 50	100	0	NaCl 50	100	0	NaCl 50	100	0	NaCl 50	100
Sweet Dani	0.020 <sup>cd</sup>	0.021 <sup>cd</sup>	0.015 <sup>cd</sup>	0.002 <sup>a</sup>	0.001 <sup>a</sup>	0.001 <sup>a</sup>	0.15 <sup>ab</sup>	0.21 <sup>ab</sup>	0.16 <sup>ab</sup>	0.005 <sup>b</sup>	0.007 <sup>b</sup>	0.008 <sup>b</sup>
Lemon	0.027 <sup>cd</sup>	0.021 <sup>cd</sup>	0.023 <sup>cd</sup>	0.001 <sup>a</sup>	0.001 <sup>a</sup>	0.001 <sup>a</sup>	0.11 <sup>ab</sup>	0.11 <sup>ab</sup>	0.09 <sup>ab</sup>	0.005 <sup>b</sup>	0.005 <sup>b</sup>	0.005 <sup>b</sup>
Sweet Genovese	0.18 <sup>a</sup>	0.033 <sup>bcd</sup>	0.029 <sup>cd</sup>	0.001 <sup>a</sup>	0.001 <sup>a</sup>	0.001 <sup>a</sup>	0.18 <sup>ab</sup>	0.17 <sup>ab</sup>	0.13 <sup>ab</sup>	0.006 <sup>b</sup>	0.007 <sup>b</sup>	0.007 <sup>b</sup>
Siam Queen	0.009 <sup>d</sup>	0.013 <sup>d</sup>	0.013 <sup>d</sup>	0.001 <sup>a</sup>	0.001 <sup>a</sup>	0.003 <sup>a</sup>	0.10 <sup>ab</sup>	0.09 <sup>ab</sup>	0.09 <sup>ab</sup>	0.013 <sup>b</sup>	0.005 <sup>b</sup>	0.004 <sup>b</sup>
Red Rubin	0.020 <sup>cd</sup>	0.021 <sup>cd</sup>	0.029 <sup>cd</sup>	0.001 <sup>a</sup>	0.001 <sup>a</sup>	0.001 <sup>a</sup>	0.11 <sup>ab</sup>	0.14 <sup>ab</sup>	0.13 <sup>ab</sup>	0.004 <sup>b</sup>	0.005 <sup>b</sup>	0.006 <sup>b</sup>
Thai	0.015 <sup>cd</sup>	0.024 <sup>cd</sup>	0.031 <sup>bcd</sup>	0.001 <sup>a</sup>	0.001 <sup>a</sup>	0.001 <sup>a</sup>	0.13 <sup>ab</sup>	0.16 <sup>ab</sup>	0.14 <sup>ab</sup>	0.005 <sup>b</sup>	0.006 <sup>b</sup>	0.006 <sup>b</sup>
Dark Opal	0.019 <sup>cd</sup>	0.021 <sup>cd</sup>	0.014 <sup>d</sup>	0.004 <sup>a</sup>	0.001 <sup>a</sup>	0.002 <sup>a</sup>	0.10 <sup>ab</sup>	0.10 <sup>ab</sup>	0.10 <sup>ab</sup>	0.004 <sup>b</sup>	0.004 <sup>b</sup>	0.005 <sup>b</sup>
Spicy Glove	0.024 <sup>cd</sup>	0.032 <sup>bcd</sup>	0.033 <sup>bcd</sup>	0.001 <sup>a</sup>	0.001 <sup>a</sup>	0.001 <sup>a</sup>	0.08 <sup>ab</sup>	0.11 <sup>ab</sup>	0.08 <sup>ab</sup>	0.003 <sup>b</sup>	0.003 <sup>b</sup>	0.003 <sup>b</sup>
Licorice	0.035 <sup>bcd</sup>	0.055 <sup>bcd</sup>	0.026 <sup>cd</sup>	0.003 <sup>a</sup>	0.002 <sup>a</sup>	0.002 <sup>a</sup>	0.09 <sup>ab</sup>	0.22 <sup>ab</sup>	0.21 <sup>ab</sup>	0.006 <sup>b</sup>	0.008 <sup>b</sup>	0.009 <sup>b</sup>
Cinnamon	0.013 <sup>d</sup>	0.018 <sup>cd</sup>	0.018 <sup>cd</sup>	0.002 <sup>a</sup>	0.001 <sup>a</sup>	0.001 <sup>a</sup>	0.05 <sup>b</sup>	0.08 <sup>ab</sup>	0.09 <sup>ab</sup>	0.002 <sup>b</sup>	0.004 <sup>b</sup>	0.004 <sup>b</sup>
Mrs Burns	0.043 <sup>bcd</sup>	0.053 <sup>bcd</sup>	0.055 <sup>bcd</sup>	0.001 <sup>a</sup>	0.002 <sup>a</sup>	0.004 <sup>a</sup>	0.11 <sup>ab</sup>	0.18 <sup>ab</sup>	0.21 <sup>ab</sup>	0.005 <sup>b</sup>	0.007 <sup>b</sup>	0.008 <sup>b</sup>
Purple Ruffles	0.039 <sup>bcd</sup>	0.041 <sup>bcd</sup>	0.030 <sup>bcd</sup>	0.001 <sup>a</sup>	0.001 <sup>a</sup>	0.003 <sup>a</sup>	0.10 <sup>ab</sup>	0.15 <sup>ab</sup>	0.21 <sup>ab</sup>	0.005 <sup>b</sup>	0.006 <sup>b</sup>	0.006 <sup>b</sup>
Lettuce Leaf	0.044 <sup>bcd</sup>	0.081 <sup>bcd</sup>	0.029 <sup>cd</sup>	0.003 <sup>a</sup>	0.004 <sup>a</sup>	0.007 <sup>a</sup>	0.14 <sup>ab</sup>	0.27 <sup>ab</sup>	0.24 <sup>ab</sup>	0.007 <sup>b</sup>	0.011 <sup>b</sup>	0.008 <sup>b</sup>
Italian Large Leaf	0.049 <sup>bcd</sup>	0.050 <sup>bcd</sup>	0.014 <sup>d</sup>	0.003 <sup>a</sup>	0.003 <sup>a</sup>	0.001 <sup>a</sup>	0.11 <sup>ab</sup>	0.16 <sup>ab</sup>	0.17 <sup>ab</sup>	0.006 <sup>b</sup>	0.007 <sup>b</sup>	0.009 <sup>b</sup>
Genovese	0.047 <sup>bcd</sup>	0.067 <sup>bcd</sup>	0.034 <sup>bcd</sup>	0.003 <sup>a</sup>	0.003 <sup>a</sup>	0.002 <sup>a</sup>	0.10 <sup>ab</sup>	0.16 <sup>ab</sup>	0.21 <sup>ab</sup>	0.006 <sup>b</sup>	0.008 <sup>b</sup>	0.011 <sup>b</sup>
Dolly	0.040 <sup>bcd</sup>	0.077 <sup>bcd</sup>	0.028 <sup>cd</sup>	0.004 <sup>a</sup>	0.004 <sup>a</sup>	0.002 <sup>a</sup>	0.11 <sup>ab</sup>	0.29 <sup>ab</sup>	0.32 <sup>ab</sup>	0.007 <sup>b</sup>	0.009 <sup>b</sup>	0.012 <sup>b</sup>
Emily	0.12 <sup>ab</sup>	0.10 <sup>abc</sup>	0.033 <sup>bcd</sup>	0.011 <sup>a</sup>	0.009 <sup>a</sup>	0.003 <sup>a</sup>	0.11 <sup>ab</sup>	0.18 <sup>ab</sup>	0.20 <sup>ab</sup>	0.006 <sup>b</sup>	0.008 <sup>b</sup>	0.010 <sup>b</sup>
Genovese Italian	0.033 <sup>bcd</sup>	0.060 <sup>bcd</sup>	0.072 <sup>bcd</sup>	0.010 <sup>a</sup>	0.004 <sup>a</sup>	0.001 <sup>a</sup>	0.09 <sup>ab</sup>	0.35 <sup>a</sup>	0.21 <sup>ab</sup>	0.006 <sup>b</sup>	0.009 <sup>b</sup>	0.14 <sup>a</sup>
Dolce Vita Blend	0.048 <sup>bcd</sup>	0.071 <sup>bcd</sup>	0.055 <sup>bcd</sup>	0.003 <sup>a</sup>	0.004 <sup>a</sup>	0.006 <sup>a</sup>	0.13 <sup>ab</sup>	0.29 <sup>ab</sup>	0.24 <sup>ab</sup>	0.007 <sup>b</sup>	0.013 <sup>b</sup>	0.008 <sup>b</sup>
Napoletano	0.044 <sup>bcd</sup>	0.045 <sup>bcd</sup>	0.020 <sup>cd</sup>	0.003 <sup>a</sup>	0.002 <sup>a</sup>	0.002 <sup>a</sup>	0.12 <sup>ab</sup>	0.23 <sup>ab</sup>	0.24 <sup>ab</sup>	0.007 <sup>b</sup>	0.010 <sup>b</sup>	0.011 <sup>b</sup>

Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Scheffe,  $p=0.05$ ).

En términos fisiológicos y de metabolismo, la raíz como órgano de adsorción, tiene importancia en la respuesta a corto y largo plazo al estrés salino. Aquí se sintetiza ácido abscísico (ABA) una de las señales de estrés, capaz de producir cambios fisiológicos (conductividad hidráulica) y a distancia (cierre estomático) (Hartung *et al.*, 2002), por lo que las características anatómicas y morfológicas de la raíz tienen efecto en la capacidad de adaptación a la salinidad (Maggio *et al.*, 2001). La relación salinidad y crecimiento de raíz resulta compleja, ya que factores como la composición iónica de las sales, la relación Na: Ca, afectan la respuesta del crecimiento de raíz e incrementan su biomasa (Snapp y Shennan, 1992).

Las variedades de albahaca mostraron respuesta diferencial para altura de plántula (Cuadro 2), observándose valores mayores en 0 mM y menores en 50 y 100 mM. Estos resultados

relationship between salinity and root growth is complex, since factors such as the ionic composition of salts, Na: Ca relation affects the response of root growth and increase its biomass (Snapp and Shennan, 1992).

Basil varieties showed differential response to seedling height (Table 2), with values higher in 0 mM and lower at 50 and 100 mM. These results coincide with those of Wahome (2003) which states that plants respond to salt stress by decreasing the growth rate, height, size and number of leaves, suggesting that salt tolerance is determined by the height, which is attributed to reduce water access and decreases growth, causing cellular damage through leave transpiration, so it inhibits growth (Munns *et al.*, 2006). Statistical differences for fresh and dry biomass of shoots (Table 3) showed higher values in 50 and 100 mM and lower values in 0 mM.



coinciden con los de Wahome (2003) que señala que las plantas responden al estrés salino al disminuir la tasa de crecimiento, la altura, el tamaño y número de hojas, sugiriendo que la tolerancia a salinidad está determinada por la altura, que se atribuye a que la salinidad reduce el acceso de agua y disminuye el crecimiento, causando daños celulares a través de la transpiración en hojas, por lo que se inhibe el crecimiento (Munns *et al.*, 2006). Las diferencias estadísticas para biomasa fresca y seca de parte aérea (Cuadro 3) mostró para las variedades valores mayores en 50 y 100 mM y valores inferiores en 0 mM.

La variedad Genovese Italian mostró valor mayor en biomasa seca de parte aérea y el resto de variedades tuvieron respuesta similar en las concentraciones salinas. Éste incremento en los valores de biomasa seca a concentraciones moderadas y relativamente elevadas es posible que se deba a un incremento en la síntesis de solutos orgánicos (azúcares, prolinas, aminoácidos) para contrarrestar los efectos osmóticos de la salinidad en esta etapa del desarrollo, lo que pudiera estar asociado con la presencia de mecanismos de tolerancia a la salinidad en las variedades. Se reporta que las plantas para ajustarse osmóticamente e incrementar su potencial osmótico interno en condiciones de salinidad (Balibrea, 1996) utilizan una porción de sus fotosintatos.

Por su parte Gupta y Sharma (1990) encontraron que las plantas de tomate tratadas con niveles de 50 mM de NaCl, presentaron un crecimiento de biomasa similar o superior al control, en correspondencia con un incremento en el contenido de azúcares reductores totales y de prolina en tallo y raíz. Los resultados de la interacción variedad\*salinidad en características morfométricas de albahaca, mostraron similitud con otro estudio, donde se asevera que la salinidad disminuye el crecimiento y desarrollo de plantas, especialmente glicófitas, mediante la inducción de mal funcionamiento de procesos fisiológicos (Shannon *et al.*, 1994), además la exposición de las plantas al NaCl, afecta el transporte de iones y agua (Lauchli y Epstein, 1990). La salinidad afecta a las plantas en la germinación, emergencia y desarrollo vegetativo, así como disminuyó el crecimiento (Ebert *et al.*, 1999).

Los resultados del presente estudio coinciden con los de Mohammad *et al.* (1998) quienes determinaron que el tomate en estrés salino, reduce la tasa de expansión de la superficie foliar, disminuye la biomasa seca, la altura, el número de hojas, la longitud de raíz y el área radicular. Por su parte, Meloni *et al.* (2001) reportan que en algodón el incremento de NaCl disminuye el crecimiento de raíz, parte aérea y biomasa foliar, pero incrementa la relación raíz/tallo. El presente

The Italian Genovese variety showed higher value for dry biomass of shoot and the other varieties had similar response in salt concentrations. This increase in the values of dry biomass at moderate concentrations and relatively high may be due to an increase in the synthesis of organic solutes (sugars, proline, amino acids) to counter the osmotic effects of salinity in this stage of development, that might be associated with the presence of mechanisms of salinity tolerance in varieties. It is reported that plants to adjust osmotically and increase their internal osmotic potential under salinity conditions (Balibrea, 1996) use a portion of their photosynthate.

Meanwhile Gupta and Sharma (1990) found that tomato plants treated with levels of 50 mM NaCl, showed similar growth in biomass or superior to the control, in correspondence with an increase in the content of reducing sugars and proline in stem and root. The results of the interaction variety \* salinity in morphometric traits of basil, showed similarity with another study, which asserts that salinity reduces plant growth and development, especially glycophytes, through inducing malfunction of the physiological processes (Shannon *et al.*, 1994), besides the exposure of plants to NaCl, affects ions and water transport (Lauchli and Epstein, 1990). Salinity affects plants on germination, emergence and vegetative development, thus decreased growth (Ebert *et al.*, 1999).

The results of this study match with those of Mohammad *et al.* (1998) who determined that tomato under salt stress, reduces the rate of leaf area expansion, decreases dry biomass, height, leaf number, root length and radicle area. Meanwhile, Meloni *et al.* (2001) reported that increasing NaCl in cotton decreases root growth, shoot and leaf biomass, but increases root / stem relation. This study is consistent with that reported by Villafañe (1997) who mentioned that salts affect the growth of shoot and root development by restricting water absorption by decreasing osmotic potential.

This is because stressed plants modify leaf morphology and accumulate Na and Cl ions, suggesting the absence of exclusion mechanisms of these ions. Meanwhile Farhatullah and Raziuddin (2002) found that the fresh weight and seedling height decrease with increasing NaCl content. The decreasing of dry weight of shoot does not depend on the reduction of leaf number, that occurs at electric conductivities higher than 6 dS<sup>-1</sup> (Cruz and Cuartero, 1990) but a reduction in leaf area is reduced proportionally more than the dry weight of stem.

estudio coincide con lo reportado por Villafañe (1997) quien mencionó que las sales afectan el crecimiento de parte aérea y el desarrollo de raíces, al restringir la absorción de agua con la disminución del potencial osmótico.

Esto debido a que las plantas estresadas modifican la morfología de las hojas y acumulan iones de Na y Cl, sugiriendo ausencia de mecanismos de exclusión de estos iones. Por su parte Farhatullah y Raziuddin (2002) encontraron que el peso fresco y altura de plántula disminuyen conforme el contenido de NaCl aumenta. La disminución del peso seco de parte aérea no depende de la reducción del número de hojas, que ocurre en conductividades eléctricas mayores a  $6 \text{ dSm}^{-1}$  (Cruz y Cuartero, 1990) pero una reducción del área foliar se reduce proporcionalmente más que el peso seco de tallo.

## Conclusiones

Se observó una respuesta diferencial de las variables morfométricas entre variedades en condiciones de estrés salino, destacándose las variedades Sweet Dani, Red Rubin, Genovese Italian, Mrs Burns, Cinnamon, Emily y Dolly como las de mejor respuesta en las variables germinación, tasa de germinación, longitud de la radícula, altura de plántula, biomasa fresca y seca de radícula y parte aérea.

Se determinó que existe una respuesta diferencial entre las variedades de albahaca al someterlas a diferentes niveles de salinidad en la etapa de germinación, dado que para todas las variables morfométricas medidas en esta etapa, se encontraron diferencias significativas entre la interacción variedades\* salinidad.

## Agradecimientos

El autor principal agradece al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), y al Programa de Agricultura en Zonas Áridas, que lograron la aprobación del proyecto "Innovación Tecnológica de Sistemas de Producción y Comercialización de Especies Aromáticas y Cultivos Élite en Agricultura Orgánica protegida con Energías Alternativas de Bajo Costo", financiado por SAGARPA-CONACYT. Al personal técnico del laboratorio de Fisiotecnia Vegetal, Carmen Mercado Guido y Lidia Hirales.

## Conclusions

There was a differential response in morphometric variables between varieties under salt stress conditions, highlighting the Dani Sweet, Red Rubin, Genovese Italian, Mrs. Burns, Cinnamon, Emily and Dolly varieties as the best response in germination, germination rate, radicle length, seedling height, fresh and dry biomass of radicle and shoot variables.

It was determined that there is a differential response between varieties of basil when subjected to different levels of salinity in the germination stage, since for all morphometric variables measured in this stage, significant differences were found between varieties\* salinity interaction.

*End of the English version*



## Literatura citada

- Abrisqueta, J. M.; Hernández-Sáez, A.; Alarcón, J. J. and Lozano, M. A. 1991. Root growth dynamics of two tomato genotypes under saline conditions. *Suelo y Planta*. 1:351-361.
- Allen, G. J.; Wyn, J. R. G. and Leigh, R. A. 1995. Sodium transport measured in plasma membrane vesicles isolated from wheat genotypes with different  $\text{K}^+/\text{Na}^+$  discrimination traits. *Plant Cell Environ*. 18:105-115.
- Almansouri, M.; Kinet, J. and Lutts, S. 2001. Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Plant and Soil*. 231:243-254.
- Apte, S. K. and Thomas, J. 1997. Possible amelioration of coastal soil salinity using halotolerant nitrogen-fixing Cyanobacteria. *Plant Soil*. 189:205-211.
- Ayers, A. D. 1952. Seed germination as affected by soil moisture and salinity. *Agron. J.* 44:82-84.
- Balibrea, M. 1996. Sucrolytic activities in relation to sink strength and carbohydrate composition in tomato fruit growing under salinity. *Plant Sci*. 118:47-55.
- Bermúdez, G. I. 2005. Planes rectores, sistemas productos estratégicos de baja california sur- sistema producto orgánicos: albahaca. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). La Paz, Baja California Sur, México. 74 p.
- Bernstein, L. and Hayward, H. E. 1958. Physiology of salt tolerance. *Ann. Rev. Plant Physiol*. 9:25-64.
- Camejo, D. y Torres, W. 2001. La salinidad y su efecto en los estados iniciales del desarrollo de los cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Cultivos Tropicales*. 21:23-26.
- Colla, G.; Roupheal, Y.; Leonardi, Ch. and Bie, Z. 2010. Role of grafting in vegetable crops grown under saline conditions. *Scientia Horticulturae*. 127:147-155.

- Cramer, G. R.; Epstein, E. and Lauchli, A. 1988. Kinetics of root elongation of maize in response to short-term exposure to NaCl and elevated calcium concentrations. *J. Exp. Bot.* 39:1513-1522.
- Cruz, V and Cuartero, J. 1990. Effects of salinity at several developmental stages of six genotypes of tomato (*Lycopersicon* spp.). In: Cuartero, J.; Gómez-Guillamon, M. L. and Fernández-Muñoz, R. (Eds.), *Eucarpia Tomato 90*, Proc. XI<sup>th</sup> Eucarpia Meeting on Tomato Genetics and Breeding, Málaga, Spain. 81-86 pp.
- Cuartero, J. and Fernández-Muñoz, R. 1999. Tomato and salinity. *Sci Hort.* 78:83-125.
- Chartzoulakis, K. S. and Loupassaki, M. H. 1997. Effects of NaCl salinity on germination, growth, gas exchange and yield of greenhouse eggplant. *Agric. Water Manag.* 32:215-225.
- Chen, Z.; Shabala, S.; Mendham, N.; Newman, I.; Zhang, G. and Zhou, M. 2008. Combining ability of salinity tolerance on the basis of NaCl-induced K<sup>+</sup> flux from roots of barley. *Crop Sci.* 48: 1382-1388.
- Dantas, B. F.; De S Ribeiro, L. and Arago, C. A. 2005. Physiological response of cowpea seeds to salinity stress. *Rev. Brasileira de Sementes.* 27:144-148.
- De Villiers, A. J.; Van Rooyen, M. W.; Theron, G. K. and Claassens, A. S. 1997. Tolerance of six namaqualand pioneer species to saline soils conditions. *South Afr. J. Plant Soil.* 14:38-42.
- Ebert, G.; Casierra, F. and Ludders, P. 1999. Influence of NaCl salinity on growth and mineral uptake of lulo (*Solanum quitoense*). *Angewandte Botanik.* 73:31-33.
- Farhatula, R. M. and Raziuddin. 2002. *In vitro* effect of salt on the vigot of potato (*Solanum tuberosom* L.) plantlets. *Biotechnology, Agricultural University, Peshawar, Pakistan.* 1(2-4):737-777.
- Flowers, T. J.; Gaur, P. M.; Laxmipathi, G. C. L.; Krishnamurthy, L.; Samineni, S.; Siddique, K. H. M.; Turner, N. C.; Vadez, V.; Varshney, R. K. and Colmer, T. D. 2010. Salt sensitivity in chickpea. *Plant. Cell Environ.* 33:490-509.
- González, S.; Franco, O.; Ramírez, C.; Ortega, H.; Quero, A. y Trejo, C. 2011. Germinación y crecimiento de alfalfa bajo condiciones salinas. *Rev. Mex. Cienc. Agric.* 2:169-174.
- González, L. M.; Torres, W. y González, M. C. 2002. Apuntes sobre la fisiología de las plantas cultivadas bajo estres de salinidad. *Cultivos Tropicales.* 23:312-315.
- Grieve, M. C.; Guzy, M. R.; Poss, J. A. and Shannon, M. C. 1999. Screening Eucalyptus clones for salt tolerance. *HortScience* 34:867-870.
- Gupta, S. K. and Sharma, S. K. 1990. Response of crops to high exchangeable sodium percentage. *Irrig. Sci.* 11:173-179.
- Hartung, W.; Sauter, A.; Hose, E. 2002. Abscisic acid in the xylem: where does it come from, where does it goes to? *J. Exp. Bot.* 53:27-32.
- Hoque, A.; Akhter, N.; Nakamura, Y.; Shimoishi, Y. and Murata, Y. 2008. Proline and glycinebetaine enhance antioxidant defense and methylglyoxal detoxification systems and reduce NaCl-induced damage in cultured tobacco cells. *J. Plant Physiol.* 16:813-824.
- International Seed Testing Association (ISTA). (1999). *International Rules for Seed Testing*. Zurich, Switzerland. 321 p.
- Jones, R. A. 1986. High salt tolerance potential in *Lycopersicon* species during germination. *Euphytica*, 35:575-582.
- Karimi, G.; Ghorbani, M.; Heidari, H.; Khavari, R. and Assareh, M. 2005. The effects of NaCl on growth, water relations, osmolytes and ion content in Kochia. *Environ* 28:239-250.
- Kaya, M.; Kaya, G.; Kaya, M. D.; Atak, M.; Saglam, S.; Khawar, K. M. and Ciftci, C. Y. 2008. Interaction between seed size and NaCl on germination and early seedling growth of some Turkish cultivars of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *J. Zhejiang University-Science B.* 9:371-377.
- Khan, M. A. and Ungar, I. A. 1991. Seed polymorphism and germination responses to salinity stress in *Atriplex triangularis* Willd. *Bot. Gaz.* 145:487-494.
- Lee, S. J.; Umamo, K.; Shibamoto, T. and Lee, K. G. 2005. Identification of volatile components in basil (*Ocimum basilicum* L.) and thyme leaves (*Thymus vulgaris* L.) and their antioxidant properties. *Food Chem.* 91:131-137.
- Läuchli, A. and Epstein, E. 1990. Plant responses to saline and sodic conditions. In: *agricultural salinity assessment and management*. Tanji KK (Ed.). Am. Soc. Civil Eng. New York. 113-137 pp.
- Little, T. M. and Hills, F. J. 1989. *Statistical methods in agricultural research*. Ver. español. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Trillas (Ed.). México. 270 p.
- Lombardo, V. and Saladino, L. 1997. Influence of saline water on seed germination. *Irrigacione e Drenaggio, Istituto di Agronomia Generale e Coltivazioni Erbacee. Univ. Palermo Italy, Irrigazione e Drenaggi.* 44:3-7.
- Maggio, A.; Hasegawa, P. M.; Bressan, R. A.; Consiglio, M. F. and Joly, R. J. 2001. Unravelling the functional relationship between root anatomy and stress tolerance. *Australian J. Plant Physiol.* 28:999-1004.
- Maguire, J. D. 1962. Speed of germination - aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Sci.* 2:176-177.
- Mahdavi, B. and Modarres, S. 2007. Germination and seedling growth in grasspea (*Lathyrus sativus*) cultivars under salinity conditions. *Pak. J. Biol. Sci.* 10:273-279.
- Mehta, B. B. and Desai, R. S. 1959. Salt tolerance studies: effect of soil salinity on the growth and chemical composition of plants. Part I. *J Soil Water Conser India.* 7:101-105.
- Meloni, D. A.; Oliva, M. A.; Ruiz, H. A. and Martínez, C. A. 2001. Contribution of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress. *J. Plant Nutr.* 24:599-612.
- Mohammad, M.; Shibli, R.; Ajouni, M. and Nimri, L. 1998. Tomato root and shoot responses to salt stress under different levels of phosphorus nutrition. *J. Plant Nutr.* 21:1667-1680.
- Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Prostrate. Biol. Plant* 49:301-304.
- Munns, R., R. A. James and A. Lauchli. 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *J. Exp. Bot.* 57: 1025-1043.
- Murillo-Amador, B.; Troyo-Diéguez, E.; García-Hernández, J. L.; Larrinaga-Mayoral, J. A.; Nieto-Garibay, A. y López-Cortés, A. 2002. Efecto de la salinidad en genotipos de chicharo de vaca *Vigna unguiculata* (L.) Walp. durante la etapa de plántula. *Agrochimica.* 46:73-87.
- Pessaraki, M. 1999. Response of green beans (*Phaseolus vulgaris* L.) to salt stress. In: *Handbook of plant and crop stress*. Pessaraki, M. and Marcel, D. (Ed.) Inc. USA. 827-842 pp.
- Said- Al Ahl, H. A.; Meawad, A. A.; Abou- Zeid, E. N and Ali, M. S. 2010. Response of diferent basil varieties to soil salinity. *Int. Agrophysics.* 24:183-188.

- Shannon, M. C. 1996. New insights in plant breeding efforts for improved salt tolerance. Salt management workshop proceedings. Hort Tech. 6:96-99.
- Shannon, M. C.; Grieve, C. M. and Francois, L. E. 1994. Whole-plant to salinity. *In*: Wilkinson, R. E. (Ed.). Plant- Environment Interactions. Nueva York. 99- 244 pp.
- Snapp, S. S. and Shennan, C. 1992. Effects of salinity on root growth and death dynamics of tomato, *Lycopersicon esculentum* Mill. New Phytol. 121:71-79.
- Statistical Analysis System (SAS) Institute. 2011. SAS user's guide. Statistics. Version 8. SAS Inst., Cary, NC. USA. 1098 p.
- Steel, G. D. R. and Torrie, J. H. 1988. Bioestadística. Principios y procedimientos. Ed. McGraw Hill. México. 622 p.
- Tester, M. and Davenport, R. 2003. Review: Na<sup>+</sup> tolerance and Na<sup>+</sup> transport in higher plants. Ann. Bot. 91:503-527.
- Trinchant, J. C.; Boscari, A.; Spennato, G.; Van de Sype, G. and LeRudulier, D. 2004. Proline betaine accumulation and metabolism in alfalfa plants under sodium chloride stress exploring its compartmentalization in nodules. Plant Physiol. 135:1583-1594.
- Urrestarazu, G. de M. 2004. Tratado de Cultivos sin Suelo. Ed. Mundi Prensa Libros, S. A. 3ª edición. 914 p.
- Villafañe, R. 1997. Efecto de la salinidad del suelo sobre el crecimiento de la batata. Agronomía Tropical 47:131-139.
- Wahome, P. K. 2003. Mechanisms of salt (NaCl) stress tolerance in horticultural crops- mini Review. Acta Hort. 609: 127-131.