



RESPUESTA DE VARIEDADES DE ALBAHACA (*Ocimum basilicum* L.) A LA SALINIDAD EN LAS ETAPAS INICIALES DE CRECIMIENTO

ANSWER VARIETIES BASIL (*Ocimum basilicum* L.) TO SALINITY IN THE INITIAL STAGES GROWTH

Juan José Reyes-Pérez¹, Ramiro Gaybor Fernández², Bernardo Murillo-Amador^{3*}, Alejandra Nieto-Garibay³, Enrique Troyo-Diéguez³, Edgar Omar Rueda-Puente⁴, Karina Paola Marín Quevedo¹, Geovanna Paulina Parra Gallardo¹, Ricardo Luna Murillo¹, David Santiago Carrera Molina¹, Juan Antonio Torres Rodríguez⁵, Daniel Cabrera Bravo⁶

¹ Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná. Av. Los Almendros y Pujilí, Edificio Universitario, La Maná, Ecuador.

² Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Campus Ing. Manuel Haz Álvarez, Km 1,5 vía a Santo Domingo de los Tsáchilas, Quevedo, Ecuador. CP 1205544 Universidad de Sonora, México.

³ 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.

⁴ Universidad de Sonora. Carretera Bahía de Kino, km. 21. Apdo. Postal 305. Hermosillo, Sonora, México.

⁵ Universidad de Granma. Facultad de Ciencias Agrícolas. Carretera a Manzanillo Km 17 Peralejo, Apartado 21, Bayamo, Granma Cuba.

⁶ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

RESUMEN

La albahaca (*Ocimum basilicum* L.) presenta gran variabilidad en la tolerancia a distintos tipos de estrés. Es considerada una planta sensible a la salinidad en las etapas iniciales de su crecimiento. Con este trabajo se pretendió evaluar la respuesta de variedades de *O. basilicum* a la influencia de diferentes niveles de NaCl. Dichas variedades poseen buen comportamiento agrícola, pero se desconoce su tolerancia a la salinidad. La experiencia se llevó a cabo en condiciones controladas, donde las plantas se desarrollaron en una cámara de crecimiento en presencia de tenores salinos. Se realizaron evaluaciones de altura de la planta, longitud de la raíz y la biomasa expresada como unidad de biomasa fresca y seca de la raíz y tallo, al inicio y al finalizar el ensayo. El análisis de las respuestas de las variedades indicó que, éstas, en condiciones nutricionales normales, presentaron un ritmo de crecimiento relativamente semejante y que la adición de NaCl al medio provocó alteraciones en su crecimiento. Se observó que las Basil Genoveser Italiam, Basil Sweet Dani, Basil Red Rubin, Basil Thai, Basil Dolly, Basil Cinamon, Basil Mrs Burns, Basil Emily, Basil Sweet Genoveser, Basil Dolce Vita mostraron una mayor respuesta en los indicadores germinación, tasa de germinación, longitud de la radícula, altura de la planta, biomasa fresca y seca de la radícula, biomasa fresca y seca de la parte aérea y además los cultivares con menor respuesta en esta fase son cultivares Basil Lemon, Basil Siam Queen, Basil Dark Opal, Basil Spicy Glove, Basil Licorice, Basil Purple Ruffles, Basil Lettuce Leaf, Basil Italiam Large Leaf, Basil Genoveser, Basil Napoletano, las que se vieron afectadas negativamente por el NaCl, aunque el daño fue más pronunciado en unas variedades que en otras.

Palabras claves: estrés salino, germinación, crecimiento, plántulas.

ABSTRACT

Basil (*Ocimum basilicum* L.) presents great variability in tolerance to different types of stress. It is considered sensitive to salinity in the initial stages of plant growth. This work was intended to evaluate the response of varieties of *O. basilicum* to the influence of different levels of NaCl. The varieties have good agricultural performance, but its tolerance to salinity is unknown. The experiment was conducted under controlled conditions where the plants were grown in a growth chamber in the presence of saline tenors. Evaluations of plant height, root length and biomass expressed as a unit of fresh and dry biomass of the root and stem, at the beginning and end of the test were performed. The analysis of the responses of the varieties indicated that they, under normal nutritional conditions, showed a relatively similar rate of growth and that the addition of NaCl to the environment caused alterations in growth. It was observed that Basil Genoveser Italiam, Dani Sweet Basil, Basil Red Rubin Basil Thai Basil Dolly, Cinamon Basil, Basil Mrs Burns, Emily Basil, Sweet Basil Genoveser, Basil Dolce Vita showed a greater response in indicators germination rate, germination, radicle length, plant height, fresh and dry biomass of the radicle, fresh and dry biomass of the aerial part and also cultivars with reduced response at this stage are cultivars Basil Lemon, Basil Siam Queen, Dark Opal Basil Basil Spicy Glove, Basil Licorice, Basil Purple Ruffles Basil Lettuce Leaf, Basil Italiam Large Leaf Basil Genoveser, Basil Napoletano, which were negatively affected by NaCl, although the damage was more pronounced in some varieties than others.

Keywords: salt stress, germination, growth, seedlings.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, las plantas medicinales han alcanzado gran popularidad ante la necesidad de buscar alternativas en el enfrentamiento a diferentes dolencias. Sus propiedades aromáticas están determinadas por la presencia de aceites esenciales con principios volátiles, resultantes del metabolismo secundario que caracteriza a estas especies (Lorduy y Mache, 1991).

La albahaca (*Ocimum basilicum L.*) es una especie que se cultiva en gran número de países por sus cualidades medicinales, aromáticas, ornamentales y melíferas. Su esencia es utilizada en la industria de perfumería y cosméticos y como aromatizante de vinagres, vegetales en conserva y mostazas (Cheping, 1993).

Entre los procesos fisiológicos que tienen lugar en las plantas, el crecimiento es uno de los más sensibles al estrés salino con reducciones en la división, alargamiento y diferenciación celular. No obstante, existen especies como las aromáticas en las que resulta beneficioso someterlas a un estrés abiótico en algún momento de su ciclo biológico, con el objetivo de incrementar los contenidos de aceites esenciales por unidad de biomasa del vegetal (Azcón-Bieto y Talón, 2001).

Uno de los principales estrés abióticos a los que se enfrenta la agricultura en prácticamente todo el mundo es la salinidad del suelo (Chen *et al.*, 2008), debido, fundamentalmente, a que este tipo de estrés afecta a casi todas las funciones de la planta (Hoque *et al.*, 2008). Pero es, sobre todo, en las regiones áridas y semiáridas del planeta, donde la salinidad está considerada como el principal factor ambiental limitante de la productividad vegetal (Tester, 2003).

La salinidad reduce la capacidad de las plantas para absorber agua, lo que ocasiona una reducción en el crecimiento (Munns, 2002). Altas concentraciones de sales en la solución externa de las células vegetales provoca varios efectos, que pueden resumirse fundamentalmente en tres tipos: sequía osmótica, toxicidad debida a la excesiva absorción de cloro y sodio y desbalance nutricional (Trinchant *et al.*, 2004; Karimi *et al.*, 2005). Además, se ha señalado (Grieve *et al.*, 1999) que la tolerancia a la salinidad puede no resultar compatible con el comportamiento de variables cuantitativas deseables, como pudieran ser una alta tasa de crecimiento o una rápida producción de biomasa, lo que obliga a que se realicen investigaciones que permitan hacer una selección final de las variedades en condiciones salinas.

Considerándose la problemática antes señalada, se desarrolló el presente trabajo, con el objetivo de evaluar la influencia del estrés salino en el crecimiento de diferentes variedades de albahaca.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el laboratorio de Fisiotecnia Vegetal del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, México. Se tomaron semillas de veinte variedades de albahaca variedad Basil: Sweet Dani, Lemon, Sweet

Genoveser, Siam Queen, Red Rubin, Thai, Dark Opal, Spicy Glove, Licorice, Cinnamon, Mrs Buns, Purple Ruffles, Lettuce Leaf, Italiam Large Leaf, Genoveser, Dolly, Emily, Genoveser Italiam, Dolce Vita, Napoletano. Se inició el experimento sometiendo a las variedades mencionados a los tratamientos salinos de 0, 50, y 100 mM de NaCl, con cuatro repeticiones de 100 semillas cada una y bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial, considerándose las variedades como el factor A y a los tratamientos salinos como el factor B. Posterior a esta prueba y una vez que se determinó la viabilidad y el porcentaje de germinación de todos los genotipos, las semillas se colocaron en cajas Petri con una lámina de papel de filtro como sustrato. En la primera aplicación de los tratamientos, a cada caja Petri se le suministraron 25 mL de solución salina correspondiente a cada tratamiento y se usó como control agua destilada, manteniéndose la humedad del sustrato. Este experimento se realizó en una cámara de germinación marca Lumistell, modelo IES-OS, SERIE 1408-88-01 bajo condiciones controladas de temperatura ($25 \pm 1^\circ \text{C}$), humedad (80 %) y con luz (12 horas continuas) durante los 14 días del periodo de evaluación. A los 14 días, se muestrearon 10 plántulas por réplica, para evaluarse la altura de las plántulas, longitud de la raíz y la acumulación de biomasa fresca y seca de raíz y tallo.

Los datos obtenidos en cuatro repeticiones cumplieron con los supuestos teóricos de normalidad y homogeneidad de varianza y fueron analizados, según un modelo de clasificación simple y las medias se compararon según la prueba de rangos múltiples de Scheffé ($p \leq 0.05$); para estos análisis se utilizó el paquete estadístico STATISTICA, versión 10.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2, se observa la respuesta diferencial de la germinación de las variedades de albahaca en las concentraciones de NaCl, observándose una mayor respuesta de la longitud de la radícula en la variedad Basil M Burns, seguido por Basil Dolce Vita y Basil Lemon, mientras que las variedades Basil Spicy Glove y Basil Dark Opal presentaron los menores promedios en esta variable. En cuanto a la variable altura de la plántula se observó una mayor altura en las variedades Basil Red Rubin, Basil Sweet Dani, Basil M Burns y Basil Cinnamon, mientras que el cultivar Basil Dolly tuvo una reducción significativa con respecto al resto de los genotipos.

Por otra parte (Royo y Abió, 2003) encontró en la variedad WL- 711 una reducción del 50% en la altura de las plántulas medida a los 7 días posterior a la germinación y de un 20% en la longitud de la raíz para una solución de NaCl de $28 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$. Las afectaciones observadas en el crecimiento de las plántulas en estadios tempranos del desarrollo pudieran ser explicados por una reducción de la absorción de agua en el endospermo, en los ejes embrionarios y una disminución de la traslocación de los carbohidratos hacia estos ejes o por la inhibición de los procesos de división, alargamiento y diferenciación celular asociado al déficit hídrico o al efecto tóxico de los iones salinos.

Tabla 1. Origen de variedades de albahaca
Table 1. Origin of varieties of basil

Genotipos de Albahaca	Origen	Tolerancia a la Salinidad
B.S. Dani	Estados Unidos de América, USA	NIA
B. Lemon	Estados Unidos de América, USA	NIA
B.S.Genoveser	Estados Unidos de América, USA	NIA
B.S. Queen	Estados Unidos de América, USA	NIA
B.R. Rubin	Estados Unidos de América, USA	NIA
B.Thai	Estados Unidos de América, USA	NIA
B.D. Opal	Estados Unidos de América, USA	NIA
B.S Glove	Estados Unidos de América, USA	NIA
B. Licorice	Estados Unidos de América, USA	NIA
B. Cinamon	Estados Unidos de América, USA	NIA
B.M. Burns	Estados Unidos de América, USA	NIA
B. P. Ruffles	Estados Unidos de América, USA	NIA
B. Leduc. L	Estados Unidos de América, USA	NIA
B. Italian	Estados Unidos de América, USA	NIA
B.Genoveser	Estados Unidos de América, USA	NIA
B. Dolly	Estados Unidos de América, USA	NIA
B. Emily	Guerrero Negro, México	NIA
B.Genoveser I	Guerrero Negro, México	NIA
B.D.Vita	Guerrero Negro, México	NIA
B.Napoletano	Guerrero Negro, México	NIA

NIA = información no disponible
NIA = information not available

Tabla 2. Respuesta de algunos indicadores morfométricos en variedades de albahaca sometidos a estrés salino.
Table 2. Response of some morphometric indicators basil varieties under salt stress.

Genotipos	Longitud de la radícula (cm)	Altura de la planta (cm)	Biomasa fresca de la radícula (mg)	Biomasa seca de la radícula (mg)	Biomasa fresca de la parte aérea(mg)	Biomasa seca de la parte aérea(mg)
B.S. Dani	2,41 ^{def}	1,57 ^a	18,97 ^{efgh}	1,78 ^{bc}	180,59 ^{abcd}	7,26 ^b
B. Lemon	2,72 ^{bcd}	1,42 ^{abcde}	24,05 ^{defgh}	1,70 ^{bc}	106,98 ^{cde}	5,21 ^b
B.S.Genoveser	1,69 ^{ij}	1,43 ^{abcd}	82,84 ^{ab}	1,66 ^{bc}	163,52 ^{abcde}	7,12 ^b
B.S. Queen	1,72 ^{hij}	1,29 ^{defg}	12,19 ^h	1,78 ^{bc}	97,07 ^{de}	8,05 ^b
B.R. Rubin	1,95 ^{ghi}	1,58 ^a	23,78 ^{defgh}	1,47 ^{bc}	130,53 ^{bcd}	5,38 ^b
B.Thai	2,17 ^{fg}	1,46 ^{abc}	23,90 ^{defgh}	1,67 ^{bc}	150,57 ^{abcde}	5,94 ^b
B.D. Opal	1,52 ^j	1,44 ^{abcd}	18,51 ^{fgh}	2,66 ^{bc}	105,15 ^{cde}	4,70 ^b
B.S Glove	1,40 ^j	1,31 ^{cdefg}	30,00 ^{cdefgh}	1,19 ^c	95,25 ^{de}	3,55 ^b
B. Licorice	2,59 ^{bcd}	1,50 ^{ab}	39,34 ^{cdefgh}	2,73 ^{bc}	177,05 ^{abcd}	8,07 ^b
B. Cinamon	2,12 ^{fgh}	1,55 ^a	16,70 ^{gh}	1,66 ^{bc}	79,54 ^e	3,75 ^b
B.M. Burns	4,22 ^a	1,57 ^a	50,95 ^{bcdef}	2,70 ^{bc}	172,55 ^{abcde}	6,87 ^b
B. P.Ruffles	2,19 ^{fg}	1,12 ^{ghi}	37,36 ^{cdefgh}	2,02 ^{bc}	160,56 ^{abcde}	5,99 ^b
B. Leduc.L	2,81 ^{bc}	1,26 ^{efgh}	51,59 ^{bcd}	4,93 ^{abc}	223,36 ^{ab}	9,31 ^b
B. Italian	2,29 ^{efg}	1,06 ^{hij}	38,11 ^{cdefgh}	2,80 ^{bc}	150,12 ^{abcde}	7,80 ^b
B.Genoveser	2,45 ^{cdef}	1,17 ^{fghi}	49,83 ^{cdef}	3,20 ^{bc}	162,69 ^{abcde}	8,60 ^b
B. Dolly	2,51 ^{bcdef}	0,91 ^j	48,40 ^{cdefg}	3,95 ^{abc}	245,05 ^a	9,65 ^b
B. Emily	2,35 ^{def}	1,10 ^{ghi}	87,50 ^a	7,94 ^a	170,48 ^{abcde}	8,56 ^b
B.Genoveser I	2,34 ^{defg}	1,05 ^{ij}	55,81 ^{abcd}	5,36 ^{ab}	222,05 ^{ab}	54,75 ^a
B.D.Vita	2,88 ^b	1,37 ^{bcdef}	58,40 ^{abc}	4,81 ^{abc}	224,70 ^{ab}	9,82 ^b
B.Napoletano	2,16 ^{fg}	1,22 ^{fghi}	36,81 ^{cdefgh}	2,64 ^{bc}	199,09 ^{abc}	9,58 ^b

Medias con letras distintas en una misma columnas difieren ($P \leq 0.05$), según Prueba de Scheffe.

La producción de biomasa fresca y seca de la radícula y la parte aérea también se vio influida por la salinidad del medio, observándose un comportamiento diferenciado en cada cultivar (Tabla.3). El cultivar Basil Emily presentó un incremento significativo de la biomasa fresca y seca de la radícula respectivamente con el resto de los cultivares, mientras que el cultivar Basil Siam Queen fue el de menor respuesta para la biomasa fresca de la radícula y el cultivar Basil Spicy Glove mostro una reducción significativa para la biomasa seca de la radícula. En cuanto a la producción de biomasa fresca y seca de la parte aérea, se puede observar que el genotipo Basil Dolly tuvo una marcada diferencia significativa en la biomasa fresca y el genotipo Basil Cinamon fue el de menor respuesta significativa para esta misma variable de estudio, por otra parte en el indicador biomasa seca de la parte aérea el cultivar Basil Genoveser mostro una mayor biomasa estadísticamente en comparación con el resto de los cultivares estudiados. Todo esto se debe a que las plantas asentadas en sustratos salinos conviven con la misma, en contraposición al concepto de resistencia que implica evitar el desarrollo del agente estresante en la planta (Hasegawa *et al.*, 2000).

Los resultados son acordes a los reportado por Mohammad *et al.*, (1998) quienes determinaron que la respuesta inmediata al estrés salino en tomate, es la reducción de la tasa de expansión de la superficie foliar, reduciendo el peso

seco, la altura de la planta, el número de hojas por planta, la longitud de la raíz y el área de la superficie radicular. En otras especies como algodón, se reporta que el incremento en los niveles de NaCl resulta en una disminución significativa en el crecimiento de la raíz, la parte aérea y el crecimiento de la biomasa foliar, aunque se incrementa la relación raíz/tallo (Meloni *et al.*, 2001).

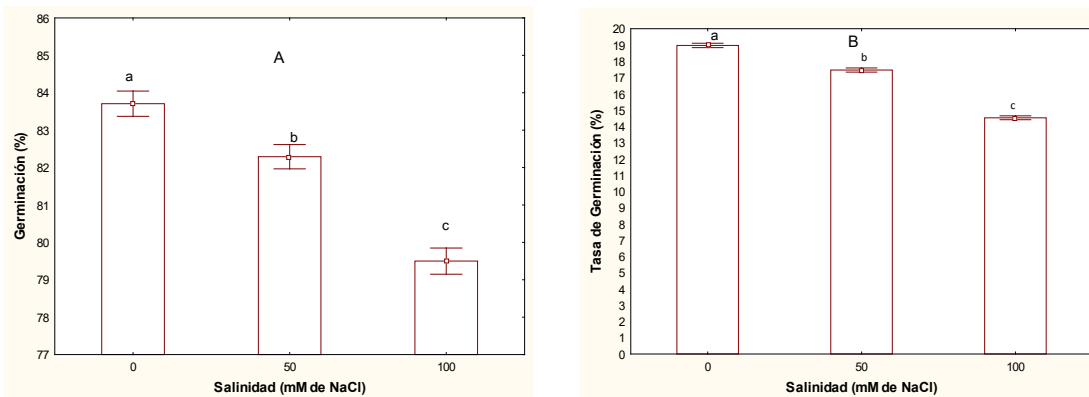
Por otra parte estos estudios coinciden con lo reportado por Villafañe, (1997) quien menciona que las sales acumuladas en el suelo del tratamiento salino afectaron el crecimiento de la parte aérea de la planta de tomate y el desarrollo de las raíces reservantes, al restringir la toma de agua con la disminución del potencial osmótico. Además, las plantas del tratamiento salino mostraron modificaciones morfológicas en las hojas y mayor acumulación de los iones de sodio y cloruro, lo que sugiere ausencia de mecanismos de exclusión de estos iones. Por su parte, Farhatulah y Raziuddin, (2002) encontraron que el porcentaje de variabilidad, el peso fresco y la altura de plántulas de papa disminuyeron con los niveles dados de NaCl. Por otro lado se ha demostrado que la disminución en el peso seco de parte aérea parece no depender de la reducción en el número de hojas (esto ocurre solamente en conductividades eléctricas por arriba de 6 dSm⁻¹ (Cruz y Cuartero, 1990) pero una reducción del área foliar puede reducirse proporcionalmente más que el peso seco de tallo.

La figura 1 muestra el efecto de las diferentes concentraciones salinas en el porcentaje de germinación (Fig.1 A) y la tasa de germinación (Fig.1 B), en la misma se observa que ésta disminuyó en ambas conforme se incrementaron los niveles de salinidad en el agua. En términos generales y como se esperaba en ambos indicadores evaluados porcentaje de germinación (Fig.1 A) y tasa de germinación (Fig.1 B), las variedades evaluadas mostraron los porcentajes y tasa de germinación mayores en la concentración de 0 mM de NaCl y los valores menores en las mayores concentraciones salinas (50 y 100 mM de NaCl). Los resultados indican que todos los genotipos redujeron la germinación y la tasa de germinación a partir de la concentración de 50 mM NaCl, tal como lo reportan Camejo y Torres, (2001), quienes encontraron que

conforme se incrementaron los niveles de salinidad a partir de 50 hasta 100 mM de NaCl, se redujo la tasa y el porcentaje de germinación.

La determinación de la germinación de las semillas dentro de un mismo cultivar en condiciones salinas puede mostrarse como un simple y conveniente parámetro por varias razones. Primero, la tolerancia a la salinidad en este estado ha demostrado ser una característica heredable que puede usarse como un eficaz criterio para la selección de poblaciones tolerantes a la salinidad, a pesar de que es un carácter poligénico ligado a complejas bases genéticas. Segundo, las semillas y plántulas jóvenes están frecuentemente enfrentadas a las más altas salinidades que aquellas plantas creciendo vigorosamente, debido a que la germinación usualmente ocurre en la superficie del suelo donde se acumulan sales solubles como resultado de la evaporación y elevación capilar del agua (Almansouri *et al.*, 2001). Uno de los métodos más extendidos a nivel mundial para la determinación de la tolerancia de las plantas a las sales es el porcentaje de germinación en soluciones salinas y la evaluación de la germinación de semillas tratadas con sal y controles, que está siendo usada como un indicador de la tolerancia de algunas especies y cultivares a la salinidad, así como, la prueba de germinación, las pruebas de vigor son útiles para evaluar la calidad fisiológica de las semillas durante el estrés salino, estas evaluaciones son importantes para estimar el comportamiento potencial de las semillas en ambientes estresantes salinos (Dantas *et al.*, 2005).

La inhibición inducida por la sal en la germinación de semillas puede ser atribuida al estrés osmótico o a la toxicidad específica del ión. Al estudiar el efecto del potencial osmótico sobre la absorción de agua y germinación de semillas de alfalfa se encontró que las semillas tienden a absorber agua más lentamente y a acumular cloruro a partir de una solución de cloruro de sodio en la medida en que el potencial osmótico de la solución disminuye, demostrando en condiciones de invernadero, que el resultado del efecto físico-químico de la sal fue una tasa reducida de emergencia, dependiente de la concentración (Uhvits, 1946). Sin embargo, no está claro



Medias con letras distintas difieren ($P \leq 0.05$), según Prueba de Scheffé

Figura 1. Efecto de diferentes concentraciones salinas en la germinación (A) y la tasa de germinación (B) de plántulas de variedades de albahaca.

Figure 1. Effect of different salt concentrations on germination (A) and germination rate (B) of basil seedlings varieties

si estos dos componentes del estrés salino tienen similares efectos sobre las propiedades fisiológicas asociadas con la germinación y si su relativa importancia es la misma en todos los genotipos (Almansouri *et al.*, 2001). La salinidad reduce el número total de semillas germinadas y pospone la iniciación de los procesos de germinación (Ungar, 1991). La salinidad influye de manera letérea en la germinación de las semillas principalmente disminuyendo lo suficiente el potencial osmótico de la solución del suelo para retardar la absorción de agua por las semillas (Khan y Ungar, 1991) y también por la toxicidad al embrión (Zekril, 1993).

En el estudio se observaron reducciones en el porcentaje de germinación en las tres especies investigadas al incrementar la presión osmótica, un 50% de reducción en la germinación promedio para todos los tratamientos salinos se presentó con valores osmóticos de -0.86 MPa en *Hordeum vulgare* L., -0.44 MPa para *Trifolium fragiferum* L. y -0.33 MPa para *Trifolium repens* L. (George y Williams, 1964). Diferencias en la germinación entre cultivares de maíz por efecto de soluciones salinas han sido señaladas por otros investigadores. Al comparar el porcentaje de germinación entre los cultivares de maíz Cargill 717 y Cargill 633 se obtuvo un mayor porcentaje de germinación con Cargill 717 y un potencial de agua de -0.03 MPa. Al evaluar soluciones de cloruro de sodio y su efecto en los cultivares de maíz Cargill 633, Himeca 2003 y Pioneer 3031, se encontró que para el porcentaje de germinación, se observó que Cargill 633 e Himeca 2003 presentaron porcentajes similares entre sí, pero superiores a aquéllos de Pioneer 3031. Al evaluar la germinación y emergencia de varias variedades de cebada en cultivos de suelo salinizado, se observó en 30 variedades, a nivel mundial, que los límites de tolerancia para un 50% de reducción en la germinación oscilan entre -1.22 MPa para Arivat y 20% para California Mariout (George y Williams, 1964).

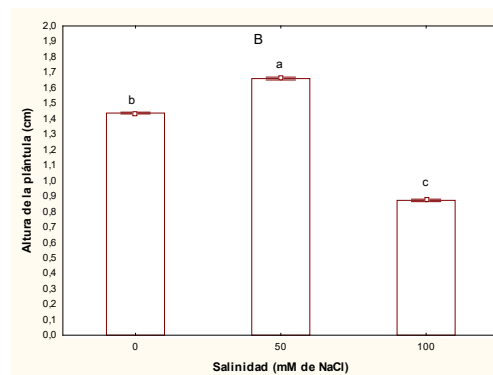
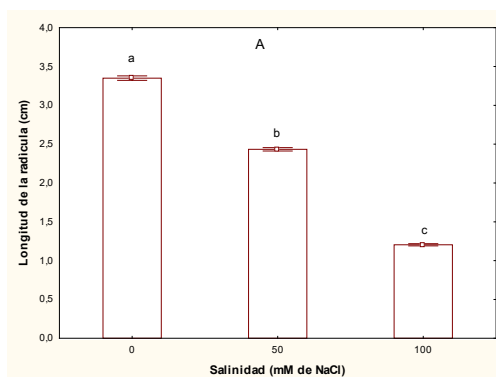
En general, el incremento de los niveles de salinidad (disminución del potencial osmótico) causó una disminución de la germinación y de los caracteres de crecimiento. Las sales afectan las funciones de la membrana y las paredes celulares (Mahdavi y Modarres, 2007).

Por otra parte el NaCl afecta la permeabilidad de las membranas plasmáticas e incrementa el flujo de iones externos y el flujo de solutos sistólicos (Allen *et al.*, 1995) en las células de las plantas. El NaCl también causa endurecimiento de la pared celular y un aumento en la conductividad hídrica de la membrana plasmática. Estos efectos sobre las funciones de las membranas y paredes celulares pueden afectar el potencial del citosol y la extensibilidad celular y así, puede también afectar la germinación de las semillas y el crecimiento de las plántulas. La reducción de la germinación bajo condición salina puede deberse al hecho de que la latencia se incrementa en las semillas de los cultivos bajo estrés salino (Mahdavi y Modarres, 2007).

La figura 2 presenta el efecto de las diferentes concentraciones salinas en la longitud de la radícula (Fig.2. A) y la altura de la plántula (Fig.2. B), en la (Fig.1A) se observa que esta disminuyó a medida que se incrementaron los niveles de salinidad en el agua, por otro lado en la variable altura de la plántula (Fig.2. B) se aprecia como la altura de la plántula no disminuyó de forma lineal como se esperaba conforme se incrementaron las concentraciones salinas, ya que al considerar los promedios de todas las variedades, los valores superiores para esta variable se presentaron en la concentración de 50 mM, seguido por la de 0 mM y posteriormente por la de 100 mM de NaCl.

La salinidad del suelo provoca una sintomatología relacionada con una inhibición irreversible del crecimiento: menor área foliar y talla de la planta (el crecimiento es lento y no llega a ser completo), menor producción de materia seca, quemaduras en los bordes de las hojas, entre otros factores (Porta *et al.*, 1999).

La salinidad puede inhibir el crecimiento de las plántulas debido a varios factores, incluyendo la toxicidad iónica, deficiencia en la nutrición mineral y cambios en las relaciones hídricas, siendo esto último un efecto similar al producido por la sequía. El grado en el que cada uno de estos factores puede afectar el crecimiento depende del genotipo de la planta y de las condiciones ambientales. Los principales iones salinos, Na⁺ y Cl⁻, pueden suprimir la absorción neta de



Medias con letras distintas difieren ($P \leq 0.05$), según Prueba de Scheffe

Figure 2. Efecto de diferentes concentraciones salinas en la longitud de la radícula (Fig.2 A) y altura de las plántulas (Fig.2 B) de variedades albahaca en la etapa de germinación.

Figure 2. Effect of different salt concentrations in the length of the radicle (Fig.2 A) and seedling height (Fig.2 B) basil varieties in the germination stage.

nutrimentos debido a las interacciones competitivas iónicas o afectar la integridad de la membrana, altos niveles de Na⁺ a menudo indican deficiencias de K⁺. La salinidad puede causar dos clases de estrés en los tejidos de las plantas: osmótico e iónico, siendo el primero similar al causado por la sequía, mientras que el último es a menudo asociado con altas relaciones Na⁺/K⁺ y Na⁺/Ca²⁺ y la acumulación de Na⁺ y Cl⁻ en los tejidos, lo cual es dañino para el metabolismo general de las células. Bajo estrés salino, el mantenimiento de K⁺ citosólico y la homeostasis de la concentración intracelular de iones es aún más crucial (De Araujo, 2006).

Los resultados obtenidos, muestran las consecuencias negativas de la exposición a la salinidad en el sustrato, donde se manifiestan las reducciones en el crecimiento y muerte de órganos, asociadas al ingreso de Na⁺, disminución en la concentración interna de K⁺ y Ca⁺⁺, restricciones al ingreso de agua y la expansión celular (Hasegawa *et al.*, 2002).

Este estudio coincide con los reportados por Dumbroff y Cooper, (1974) quienes mencionan que la salinidad disminuye el crecimiento de la parte aérea, sobre todo en el desarrollo en la etapa de plántula, donde las plántulas jóvenes salinizadas, reducen su crecimiento en altura. Con estos resultados queda comprobado que la salinidad afecta el crecimiento de los genotipos estudiados en esta investigación, debido a que reduce el potencial hídrico de la solución y crea un desequilibrio nutritivo dada la elevada concentración de iones Na⁺ y Cl⁻ que pueden interferir en la nutrición mineral y el metabolismo celular (Jain y Selvaraj, 1993; Yeo, 1998; Hasegawa *et al.*, 2000).

Resultados similares obtuvo (Llanes *et al.*, 2005) al estudiar la respuesta de la germinación y crecimiento de *Prosopis strombulifera* a soluciones monosalinas isoosmóticas de KCl, NaCl, Na₂SO₄, K₂SO₄ el cuál encontró que en todos los tratamientos salinos el crecimiento de los hipocotilos siguieron un patrón de inhibición del crecimiento similar al de las radículas.

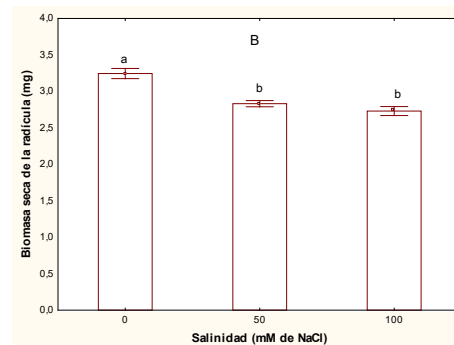
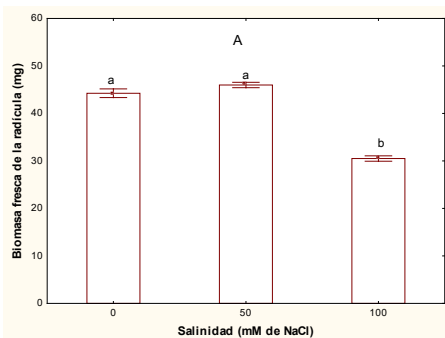
En la Fig.3. A, se muestra los valores de la biomasa fresca de la radícula en cada tratamiento salino, siendo mayor en

las concentraciones de 0 y 50 mM, para posteriormente disminuir conforme se incrementaron los niveles de salinidad y mostrar el valor inferior en 100 mM de NaCl. Respecto al efecto de la salinidad en la biomasa seca de la radícula (Fig.3 B), se observó que conforme los niveles de salinidad los valores de esta variable disminuyeron prácticamente de forma lineal; sin embargo, se distinguen las concentraciones salinas de 50 y 100 mM las cuales no difieren estadísticamente una de la otra y donde las plántulas mostraron los valores inferiores.

Los resultados obtenidos en la presente investigación respecto a las características de la biomasa fresca de raíces de plántulas de albahaca sometidas a estrés salino en la etapa de crecimiento vegetativo inicial, hace referencia a lo estudiado por Mora-Aguilar, (2004) quien realizó estudios de salinidad en plantas de papa y encontró que en todos los tratamientos, excepto en los de NaHCO₃ y salinidad sulfático-sódica, acumularon menos biomasa, lo que se atribuye a la disminución natural del crecimiento de la raíz al final del ciclo biológico de la planta, pero también al efecto salino.

Los resultados obtenidos en esta investigación coinciden con los obtenidos por Al-Karaki, (2000) quien evaluó el efecto del NaCl sobre las raíces de los cultivares de *L. esculentum*: Sera, 898, y Rohana, determinando que el aumento de la concentración de la sal afecta adversamente el crecimiento de las raíces, cuantificado como materia seca. Semejantes resultados se obtuvieron al tratar con NaCl el cultivar P73 de tomate (*L. esculentum*) caracterizado como sensible a la salinidad y la accesión silvestre PE47 de *L. pennelli*, en ambos el desarrollo de las raíces se redujo pero fue más acentuado en P73 (Abrisqueta *et al.*, 1991).

Existen varias razones posibles de la reducción en el crecimiento de la raíz bajo estrés salino: restricción en el crecimiento celular, debido al potencial bajo de agua del medio externo, a la interferencia de los iones salinos con la nutrición de las plantas o a la toxicidad de iones acumulados que conducen a la muerte celular (Cuartero y Fernández-Muñoz, 1999). Por su parte, Abrisqueta *et al.*, (1991) estimó que la biomasa radicular de plantas de tomate crecen con o sin 135 mM NaCl (alrededor de 13 dS m⁻¹). Encontraron



Medias con letras distintas difieren ($P \leq 0.05$), según Prueba de Scheffé

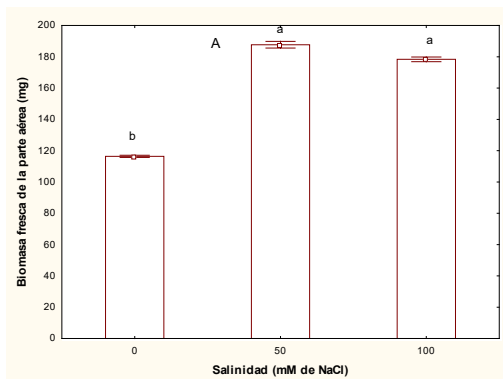
Figura 3. Efecto de diferentes concentraciones salinas en la biomasa fresca de la radícula (Fig.3 A) y biomasa seca de la radícula (Fig.3 B) de plántulas de variedades de albahaca en la etapa de germinación.

Figure 3. Effect of different salt concentrations on the fresh biomass radicle (Fig.3 A) and radicle dry biomass (Fig.3 B) seedling varieties of basil in the germination stage.

que con sal, las raíces aparecieron una semana después que sin el tratamiento salino, el cual tuvo un retraso de 20 días para alcanzar una profundidad de 80 cm y la densidad de la longitud radicular (cm de raíz/cm³ de 63 suelo) al final de la vida de las plantas fue de un cuarto con respecto a las plantas no tratadas. Por otro lado, se ha demostrado que la salinidad puede causar déficit hídrico en la zona radicular, similar a la que produce la sequía.

La producción de biomasa fresca y seca de la parte aérea se vio influida de manera significativa por la salinidad del medio. En la Fig.4 muestra que los valores promedio mayores para la biomasa fresca de la parte aérea (Fig.4 A) se presentaron en la concentración de 100 y 50 mM de NaCl, seguido en orden descendente por la concentración de 0 mM, por otro lado para el indicador biomasa seca de la parte aérea (Fig.4B) se aprecia que el mayor valor para esta variable se presentó significativamente en la concentración de 100 mM de NaCl, seguido en orden descendente por la concentración de 50 y 0 mM de NaCl y que no difieren estadísticamente entre sí.

Este incremento en los valores de biomasa seca a concentraciones moderadas y relativamente elevadas puede ser debido a un incremento en la síntesis de solutos orgánicos (azúcares, prolinas, amino ácidos) para contrarrestar los efectos osmóticos de la salinidad en esta etapa del desarrollo, lo que puede estar asociado con la presencia de mecanismos de tolerancia a la salinidad en el cultivar. Se ha señalado que las plantas en condiciones de salinidad (Balibrea, 1996), para ajustarse osmóticamente e incrementar su potencial osmótico interno utilizan una porción de sus fotosintatos. Se encontró que las plantas de tomate (Gupta y Sharma, 1990) tratadas con niveles moderados de salinidad (50 mM) presentaron un crecimiento de biomasa similar o superior al control (Dell Amico, 1998), en correspondencia con un incremento en el contenido de azúcares reductores, totales y de prolina en tallo y raíz. Además, se ha encontrado que la salinidad afectó el peso seco de las plántulas de arroz (Torres y Ehevarría, 1994), pero su reducción fue menor, comparado con el peso fresco.



CONCLUSIONES

El estrés salino afectó la germinación y el crecimiento de las plántulas de variedades albahaca y de forma más marcada con el incremento de las concentraciones, siendo el porcentaje de germinación, tasa de germinación, longitud de la radícula y altura de la planta.

Se observó una respuesta diferenciada de las variedades frente al estrés destacándose los cultivares Basil Genoveser Italian, Basil Sweet Dani, Basil Red Rubin, Basil Thai, Basil Dolly, Basil Cinamon, Basil Mrs Burns, Basil Emily, Basil Sweet Genoveser, Basil Dolce Vita, mientras que los cultivares Basil Lemon, Basil Siam Queen, Basil Dark Opal, Basil Spicy Glove, Basil Licorice, Basil Purple Ruffles, Basil Lettuce Leaf, Basil Italian Large Leaf, Basil Genoveser, Basil Napoletano.

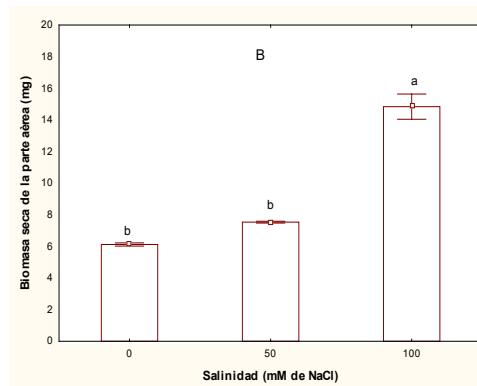
Se determinó que existe un diferencial potencial entre las variedades de albahaca en la etapa de germinación, como respuesta al estrés por salinidad (NaCl) dado que para todas las variables morfológicas medidas en esta etapa, se encontraron diferencias significativas para el factor genotipos.

AGRADECIMIENTOS

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.

REFERENCIAS

- Abrisqueta, J.M., Hernández-Sáez, A., Alarcón, J.J., Lozano, M.A. 1991. Root growth dynamics of two tomato genotypes under saline conditions. *Suelo y Planta*, 1:351-361.
- Allen, G.J, Wyn Jones, R.G. and Leigh, R.A. 1995. Sodium transport measured in plasma membrane vesicles isolated from wheat genotypes with different K⁺/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.



Medias con letras distintas difieren ($P \leq 0.05$), según Prueba de Scheffé

Figura 3. Efecto de diferentes concentraciones salinas en la biomasa fresca de la radícula (Fig.3 A) y biomasa seca de la radícula (Fig.3 B) de plántulas de variedades de albahaca en la etapa de germinación.

Figure 3. Effect of different salt concentrations on the fresh biomass radicle (Fig.3 A) and radicle dry biomass (Fig.3 B) seedling varieties of basil in the germination stage.

- Balibrea, M. 1996. Sucrolytic activities in relation to sink strength and carbohydrate composition in tomato fruit growing under salinity. *Plant Science*, 118: 47-55.
- 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.
- Chartzoulakis, K. S. and Loupassaki, M. H. 1997. Effects of NaCl salinity on germination, growth, gas exchange and yield of greenhouse eggplant. *Agricultural Water Management*, 32: 215-225.
- Chartzoulakis, K. S. and Loupassaki, M. H. 1997. Effects of NaCl salinity on germination, growth, gas exchange and yield of greenhouse eggplant. *Agricultural Water Management*, 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⁺ flux from roots of barley. *Crop Science*, 48: 1382-1388.
- Cheping, N. 1993. *Plantas Medicinales*. La Habana, MINSAP, 165 p.
- Cruz, V and Cuartero, J. 1990. Effects of salinity at several developmental stages of six genotypes of tomato (*Lycopersicon* spp.). In: Cuartero, J., Gomez-Guillamon, M.L., Fernández-Muñoz, R. (Eds.), *Eucarpia Tomato 90*, Proc. XIth Eucarpia Meeting on Tomato Genetics and Breeding, Málaga, Spain, pp. 81-86.
- Dantas, B.F., De S. Ribeiro, L. and Arago, C.A. 2005. Physiological response of cowpea seeds to salinity stress. *Revista Brasileira de Semente*, 27:144-148.
- De Araujo, S.A.M. 2006. Salinity tolerance of halophyte *Atriplex nummularia* L. grown under increasing NaCl levels. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 10: 848-854.
- Dell'Amico, J. M. 1998. Variaciones en el contenido de solutos orgánicos en hojas y raíces de plantas de to-mate cultivadas en condiciones de salinidad. *Cultivos Tropicales*, 19:15-18.
- Dumbroff, E.B and Cooper, A. 1974. Effects of salt stress applied in balanced nutrient solutions at several stages during growth of tomato. *Bot Gaz*, 135: 219-224.
- Farhatula, R.M and Raziuddin. 2002. In vitro effect of salt on the vigot of potato (*Solanum tuberosum* L) plantlets. *Biotechnology, Agricultural University, Peshawar, Pakistan*, 1(2-4): 737-777.
- George, L. and Williams, W. 1964. Germination and respiration of barley, strawberry, clover and ladino clover seeds in salt solutions. *Crop Science*, 4: 450-452.
- 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. *Irrigation Science*, 11: 173-179.
- Hasegawa, P.M., Bressan, R.A., Zhu, J.K., Bohnert, H.J. 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 52: 463-499.
- 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. *Journal of Plant Physiology*, 16: 813-824.
- Jain, R.K and Selvaraj, G. 1993. Molecular genetic improvement of salt tolerance in plants. *Biotechnology. Annual Review*, 3:245-267.
- 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., Assareh, M. 2005. The effects of NaCl on growth, water relations, osmolytes and ion content in *Kochia*. *Environ* 28: 239-250.
- Khan, M.A. and Ungar, I.A. 1984. Seed polymorphism and germination responses to salinity stress in *Atriplex triangularis* Willd. *Bot. Gaz*, 145:487-494.
- Llanes, A, Reinoso, H. and Luna, V. 2005. Germination and early growth of *Prosopis strombulifera* seedlings in different saline solutions. *Journal of Agricultural Sciences*, 1:120-128.
- Lorduy, E y Mache R. 1991. *Plantas medicinales, un potencial poco aprovechado*, CIDA. *Plantas Medicinales y Floricultura*, 1: 17-18.
- Lutts, S.; Kinet, J. M. and Bouharmont, J. 1996. Effects of salt stress on growth, mineral nutrition and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. *Plant Growth Regulation*, 19: 207-218.
- Mahdavi, B. and Modarres Sanavy. (2007). Germination and seedling growth in grasspea (*Lathyrus sativus*) cultivars under salinity conditions. *Journal of Biological Sciences*, 10: 273-279.
- Meloni, D.A., Oliva, M.A., Ruiz, H.A., Martinez, C.A. 2001. Contribution of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress. *Journal of Plant Nutrition*, 24: 599-612.
- Mohammad, M., Shibli, R., Ajouni, M., Nimri, L. 1998. Tomato root and shoot responses to salt stress under different levels of phosphorus nutrition. *Journal of Plant Nutrition*, 21: 1667-1680.
- Mora-Aguilar, R., Rodríguez-Pérez, J.E., Peña-Lomelí, A., Campos-Ángeles, D.A. 2004. Osmotic conditioning of potato (*Solanum tuberosum* L.) seed with saline solutions. *Chapingo, Serie Horticultura*, 10: 15-21.
- Munns R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell prostrate. Biol. Plant*, 49:301-304.
- Porta, C.J., López-Acevedo, R.M. y Roquero De, L.C. 1999. *Edafología Editorial Mundi-Prensa, España*.
- Royo, A. and D Abi6 (2003). Sal tolerance in durum wheat cultivars. *Spanich Journal of Agricultural Research*, 1: 27-35.
- Tester, M. y Davenport, R. 2003. Review: Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. *Annals of Botany*, 91: 503-527.
- Torres, W y Echevarría, I. 1994. Germination and seedling growth of rice (*Oryza sativa* L.) at different NaCl concentrations. *Cultivos Tropicales*, 15: 44-47.
- Trinchant, J.C., Boscari, A., Spennato, G., Van de Sype, G., LeRudulier, D. 2004. Proline betaine accumulation and metabolism in alfalfa plants under sodium chloride stress exploring its compartmentalization in nodules. *Journal of Plant Physiology*, 135:1583-1594.
- Uhvits, R. 1946. Effect of osmotic pressure on water absorption and germination of alfalfa seeds. *American Journal of Botany*, 3: 278-285.
- Ungar, I.A. 1991. *Ecophysiology of vascular halophytes* (CRC Press, Boca Raton, Florida, USA).
- Villafañe, R. 1997. Efecto de la salinidad del suelo sobre el crecimiento de la batata. *Agronomía Tropical* 47:131-139.
- Yeo, A.R. 1988. Molecular biology of salt tolerance in the context of whole-plant physiology. *Journal of Experimental Botany*, 49:915-929.
- Zekril, M. 1993. Salinity and calcium effects on emergence, growth and mineral composition of seedlings of eight citrus rootstocks. *Journal of Horticultural Science*, 68: 53-62.