

Emergencia y crecimiento de plántulas de variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) en condiciones salinas

Seedling emergence and growth of basil varieties under saline conditions

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

Originales: Recepción: 14/03/2013 - Aceptación: 30/08/2013

RESUMEN

La albahaca presenta variabilidad en la tolerancia al estrés salino y se considera una planta sensible a la salinidad al inicio del crecimiento. El objetivo del estudio fue determinar el efecto del NaCl en la emergencia y crecimiento de albahaca. Se utilizaron veinte variedades sometidas a 0; 50 y 100 mM de NaCl, en un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. Las variables medidas fueron porcentaje y tasa de emergencia, longitud de radícula, altura de plántula, biomasa fresca y seca de radícula y de parte aérea. Los resultados mostraron que la variedad con mayor porcentaje de emergencia fue *Thai*, mientras que *Sweet Genovese* y *Napoletano* exhibieron los menores porcentajes. La variedad *Thai* mostró la mayor tasa de emergencia y *Sweet Genovese* la menor. *Sweet Dani*, *Thai*, *Italian Large Leaf* y *Red Rubin* presentaron mayor longitud de radícula, mientras que *Sweet Dani*, *Italian Large Leaf*, *Dolly* y *Emily* mostraron mayor biomasa fresca y seca de radícula. *Sweet Dani*, *Licorice*, *Genovese* y *Napoletano* exhibieron mayor altura de plántula, mientras que *Sweet Genovese*, *Thai* y *Dolly* presentaron mayor biomasa fresca y seca de parte aérea. Se discute la respuesta diferencial de las variedades al NaCl en la emergencia de plántulas.

ABSTRACT

The basil presents variability in the tolerance to salt stress and it is considered a sensitive plant to the salinity at the beginning of the growing period. In this study the effect of NaCl on basil emergence and growth was investigated by subjecting twenty varieties to 3 salinity levels: 0, 50 and 100 mm of NaCl, in a completely randomized design with 4 replications. The variables measured were emergence rate and percentage, radicle length, plantlet height, fresh and dry biomass of radical and of aerial part. *Thai* showed the greatest emergence percentage while *Sweet Genovese* and *Napoletano* exhibited the smallest ones. *Thai* also showed the highest emergency rate and *Sweet Genovese* the lowest rate. *Sweet Dani*, *Thai*, *Italian Large Leaf* and *Net Rubin* presented the maximum radicle length, while *Sweet Dani*, *Italian Large Leaf*, *Dolly* and *Emily* showed the largest fresh and dry biomass of radicle. *Sweet Dani*, *Licorice*, *Genovese* and *Napoletano* had the maximum plantlet height, while *Sweet Genovese*, *Thai* and *Dolly* had the largest fresh and dry biomass of aerial part. The different varieties response to NaCl in the plantlets emergency is discussed.

-
- 1 Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. Instituto Politécnico Nacional N° 195. Colonia Playa Palo de Santa Rita Sur. La Paz. Baja California Sur. México. C. P. 23096. bmurillo04@cibnor.mx.
 - 2 Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Mayabeque. Cuba.
 - 3 Universidad de Sonora. Hermosillo. Sonora. México.

Palabras clave

NaCl • semilla • porcentaje de emergencia • hierbas aromáticas

Keywords

NaCl • seeds • emergence percentage • green herbs

INTRODUCCIÓN

La salinidad del suelo es uno de los factores ambientales que incide negativamente en la productividad agrícola y limita el uso potencial de nuevas áreas de cultivo (27, 28). El 40% de la superficie mundial corresponde a regiones áridas y semiáridas caracterizadas por suelos secos debido a la escasez de lluvias, temperaturas extremas y una alta evapotranspiración, donde la producción agrícola depende fuertemente de la irrigación.

En estas condiciones, el efecto acumulativo del uso continuado de aguas que contienen sales disueltas, elevada evapotranspiración y la baja capacidad de lixiviación de algunos suelos, así como el uso de elevadas cantidades de fertilizantes y la penetración del agua del mar en zonas costeras y marismas, ocasionan la salinización de los suelos (27). La salinidad reduce el crecimiento de los cultivos al afectar negativamente la germinación y/o la emergencia de las plántulas (8).

Una solución parcial a estos problemas es la selección de variedades tolerantes a la salinidad. En albahaca, la identificación de variedades resistentes ofrecería alternativas a los productores (11, 26). Por otro lado, la sustitución o el reemplazo de cultivos sensibles a la salinidad con cultivos tolerantes, se realizan desde los inicios de la agricultura (37) y es aún una de las estrategias fáciles y prácticas para enfrentar el problema de la salinidad.

Las plantas aromáticas son económicamente importantes a nivel mundial, debido a la continua y creciente demanda en los mercados locales y extranjeros. Una especie de planta representativa es la albahaca (*Ocimum basilicum* L.), pues su aceite esencial se utiliza ampliamente en los alimentos, perfumería y las industrias médicas. También se considera como una fuente de compuestos de aroma y posee una gama de actividades biológicas, así como propiedades antioxidantes (19).

La emergencia y el crecimiento inicial de las plantas constituyen una fase importante en el establecimiento y función de la planta (15, 33). Como la albahaca es una aromática y lo que se utiliza son las hojas y tallos, evaluar el crecimiento es importante porque está directamente relacionado con el rendimiento económico del cultivo.

En el presente estudio se eligió la especie *Ocimum basilicum* L. porque los efectos de la salinidad en la emergencia y crecimiento de dicha especie no han sido estudiados, salvo en este trabajo. Por ello, el objetivo fue determinar el efecto del estrés salino en la emergencia y crecimiento de plántulas de variedades de albahaca.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio

El experimento se realizó en una estructura de malla sombra del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, México, localizado al norte de la ciudad de La Paz, Baja California Sur, México, a los 24°08'10.03" LN y 110°25'35.31" L. O., a 7 m s. n. m.

Material genético

Se utilizaron semillas de veinte variedades de albahaca provenientes de la empresa Seed Company: Sweet Dani, Lemon, Sweet Genovese, Siam Queen, Red Rubin, Thai, Dark Opal, Spicy Glove, Licorice, Cinnamon, Mrs Burns, Purple Ruffles, Lettuce Leaf, Italian Large Leaf, Genovese, Dolly, Emily, Genovese Italian, Dolce Vita Blend y Napoletano. Estos genotipos tienen su centro de origen en los Estados Unidos de América y no existe información acerca de la respuesta de estas variedades a la salinidad. Con el fin de evaluar la calidad de las semillas de las variedades en estudio, previo al experimento se realizó una prueba de germinación, utilizando la metodología propuesta por ISTA (16).

Diseño experimental y tratamientos

El experimento se estableció en un diseño completamente al azar con arreglo factorial considerando las variedades como factor uno y los tratamientos salinos como factor dos, con tres repeticiones de 20 semillas cada una. Las semillas se sembraron en bandejas de poliestireno de 200 cavidades, las cuales contenían sogemix PM^{MR} como sustrato. La aplicación de los tratamientos salinos (0; 50 y 100 mM) se realizó desde el momento de la siembra de las semillas en las charolas, utilizando agua destilada como control y manteniendo la humedad del sustrato. La emergencia se registró diariamente y el porcentaje final se determinó a los catorce días. La tasa de emergencia se calculó utilizando la ecuación de Maguire (23):

$$M = n_1/t_1 + n_2/t_2 + \dots n_{20}/t_{14}$$

donde:

n_1, n_2, \dots, n_{20} = número de semillas germinadas en los tiempos t_1, t_2, \dots, t_{14} (en días).

Variables morfológicas

A los catorce días posteriores a la siembra, se seleccionaron al azar 10 plántulas por repetición, a las cuales se les midió longitud de radícula (cm) y de parte aérea, peso fresco (g) y seco (g) de radícula y de parte aérea, que se determinaron por el método destructivo. Estas variables se obtuvieron al dividir cada plántula en tallos y hojas y pesar cada una por separado, utilizando para ello una balanza analítica (Mettler Toledo, AG204). Posteriormente se sumaron los pesos correspondientes, los mismos que fueron expresados en g de materia vegetal fresca. Una vez que se obtuvo el peso fresco de raíces y tallos, estas se colocaron en bolsas de papel y se introdujeron en una estufa de secado (Shel-Lab, FX-5, serie-1000203) a una temperatura de 80°C hasta obtener peso constante (aproximadamente 72 horas). Posteriormente se pesaron en balanza analítica (Mettler Toledo, AG204) expresando el peso en g de materia vegetal seca.

Análisis estadísticos

Se realizaron análisis de varianza y comparaciones múltiples de medias (Tukey, $p = 0,05$). Los datos de porcentaje de emergencia se transformaron mediante arcoseno (20, 40). Los análisis se realizaron con el programa estadístico Statistica v. 10.0 para Windows (39).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Porcentaje y tasa de emergencia

Se presentaron diferencias significativas entre variedades ($F_{19,120} = 1,99$; $p \leq 0,01$) y entre tratamientos de NaCl ($F_{2,120} = 16,69$; $p \leq 0,001$) para porcentaje de emergencia. La interacción variedades x NaCl no mostró diferencias significativas ($p > 0,05$). La tabla 1 muestra la respuesta diferencial del porcentaje de emergencia de las variedades de albahaca sometidas a estrés por NaCl.

Tabla 1. Porcentaje y tasa de emergencia de variedades de albahaca sometidas a estrés salino.

Table 1. Rate and percentage of emergence of basil varieties under saline stress.

Variedades	Porcentaje de emergencia* (%)	Tasa de emergencia*
<i>Sweet Dani</i>	65,00 ^{bc}	1,44 ^{bcd}
<i>Lemon</i>	67,77 ^{bc}	1,44 ^{bcd}
<i>Sweet Genovese</i>	63,33 ^c	1,33 ^d
<i>Siam Queen</i>	70,00 ^{bc}	1,51 ^{abcd}
<i>Red Rubin</i>	75,00 ^{ab}	1,66 ^{abc}
<i>Thai</i>	82,22 ^a	1,75 ^a
<i>Dark Opal</i>	71,66 ^{bc}	1,56 ^{abcd}
<i>Spicy Glove</i>	68,88 ^{bc}	1,57 ^{abcd}
<i>Licorice</i>	70,00 ^{bc}	1,62 ^{abc}
<i>Cinnamon</i>	75,55 ^{ab}	1,71 ^{ab}
<i>Mrs. Burns</i>	69,44 ^{bc}	1,52 ^{abcd}
<i>Purple Ruffles</i>	64,44 ^{bc}	1,40 ^{cd}
<i>Lettuce Leaf</i>	65,55 ^{bc}	1,51 ^{abcd}
<i>Italian Large Leaf</i>	68,33 ^{bc}	1,57 ^{abcd}
<i>Genovese</i>	68,88 ^{bc}	1,61 ^{abcd}
<i>Dolly</i>	69,44 ^{bc}	1,54 ^{abcd}
<i>Emily</i>	67,22 ^{bc}	1,48 ^{abcd}
<i>Genovese Italian</i>	67,22 ^{bc}	1,45 ^{bcd}
<i>Dolce Vita Blend</i>	64,44 ^{bc}	1,38 ^{cd}
<i>Napoletano</i>	62,22 ^c	1,38 ^{cd}

* Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey $p = 0,05$).

* Values within the same column with common letters are not significantly different at $p < 0.05$ (Tukey).

La variedad con mayor porcentaje de emergencia fue *Thai*, mientras que *Sweet Genovese* y *Napoletano* exhibieron los menores porcentajes para esta variable. En relación con los tratamientos de NaCl, el porcentaje de emergencia fue mayor en el control (0 mM) y en 50 mM, seguido de 100 mM (figura, pág. 261).

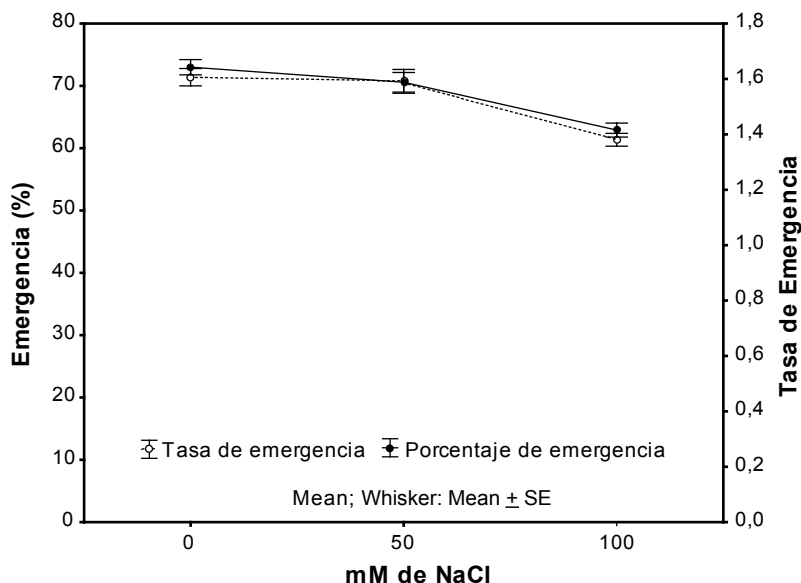


Figura. Efecto del NaCl en el porcentaje y tasa de emergencia de variedades de albahaca.

Figure. Effect of NaCl in rate and percentage of emergence of basil varieties.

La tasa de emergencia mostró diferencias significativas entre variedades ($F_{19,120} = 1,78$; $p \leq 0,03$) y entre tratamientos de NaCl ($F_{2,120} = 14,87$; $p \leq 0,001$). La interacción variedades x NaCl no mostró diferencias significativas ($p > 0,844$). La tabla 1 (pág. 260) muestra que la variedad *Thai* presentó la mayor tasa de emergencia, seguida por *Cinnamon*, mientras que la variedad con tasa menor fue *Sweet Genovese*. En relación con los tratamientos de NaCl, la tasa de emergencia fue mayor en el control (0 mM) y en 50 mM, mostrando valores inferiores en 100 mM (figura). Estos resultados concuerdan con estudios, tanto en halófitas como en glicófitas, en los cuales encontraron una emergencia mayor en las menores concentraciones de salinidad y el control (12, 13, 17). Resultados similares reportó Ruiz (35) trabajando en condiciones de laboratorio, quien encontró que conforme se incrementaron los niveles de salinidad en el agua de riego (de 6,09 dS/m a 26,5 dS/m), aumentó el tiempo para lograr la emergencia de plántulas.

En este estudio, al incrementar la salinidad, el porcentaje disminuyó, debido a salinidades elevadas que impiden una correcta imbibición y la germinación se ve inhibida (10, 31). Aunque la mayoría de las reservas de movilización de los tejidos de la semilla ocurre después de la emergencia de la radícula (4, 9), existen reservas de movilización de diferentes partes de la semilla durante la imbibición inicial (2, 4, 29), sobre todo la movilización del almidón, esto sucede en las semillas de leguminosas principalmente durante el establecimiento de la plántula (4, 29) y es altamente sensible a la salinidad (31). Las diferencias encontradas en las variedades demuestran que también en la etapa de emergencia existe una gran variabilidad entre variedades en respuesta al estrés salino, que es una característica que desde el punto de vista del mejoramiento genético debe

aprovecharse. Este hecho demuestra que la tolerancia de plantas a la salinidad no solo varía entre especies, sino también entre variedades de la misma especie y que además cambia durante el crecimiento y desarrollo del cultivo (22). Asimismo, se ha demostrado que la tolerancia a la salinidad durante la emergencia varía considerablemente entre variedades; sin embargo, no está bien correlacionada con los parámetros de tolerancia determinados como funciones de la respuesta del rendimiento (21).

Variabes morfométricas

Se presentaron diferencias significativas entre variedades ($F_{19,120} = 16.93$; $p \leq 0,001$), tratamientos de NaCl ($F_{2,120} = 1120,73$; $p \leq 0,001$) y la interacción de ambos factores, variedades x NaCl ($F_{38,120} = 8,30$; $p \leq 0,001$) para longitud de radícula. La variable biomasa fresca de radícula también mostró diferencias significativas entre variedades ($F_{19,120} = 130,10$; $p \leq 0,001$), tratamientos de NaCl ($F_{2,120} = 212,08$; $p \leq 0,001$) y la interacción variedades x NaCl ($F_{38,120} = 8,46$; $p \leq 0,001$). Biomasa seca de radícula también mostró diferencias significativas entre variedades ($F_{19,120} = 23,70$; $p \leq 0,001$), tratamientos de NaCl ($F_{2,120} = 36,28$; $p \leq 0,001$) y la interacción variedades x NaCl ($F_{38,120} = 2,77$; $p \leq 0,001$). La altura de plántula también mostró diferencias significativas entre variedades ($F_{19,120} = 7,14$; $p \leq 0,001$), tratamientos de NaCl ($F_{2,120} = 308,67$; $p \leq 0,001$) y la interacción variedades x NaCl ($F_{38,120} = 9,97$; $p \leq 0,001$). Biomasa fresca de parte aérea presentó diferencias significativas entre variedades ($F_{19,120} = 146,28$; $p \leq 0,001$), tratamientos de NaCl ($F_{2,120} = 619,26$; $p \leq 0,001$) y la interacción variedades x NaCl ($F_{38,120} = 13,65$; $p \leq 0,001$). También la variable biomasa seca de parte aérea mostró diferencias significativas entre variedades ($F_{19,120} = 80,00$; $p \leq 0,001$), tratamientos de NaCl ($F_{2,120} = 711,63$; $p \leq 0,001$) y la interacción variedades x NaCl ($F_{38,120} = 13,06$; $p \leq 0,001$).

Las variedades mostraron mayores valores de longitud de radícula, biomasa fresca de radícula y biomasa seca de radícula (tabla 2, pág. 263) en la concentración de 0 mM y los valores menores en las concentraciones salinas mayores de 50 y 100 mM. La longitud de radícula (tabla 2, pág. 263) indica que las variedades *Sweet Dani*, *Italian Large Leaf* y *Thai* tuvieron la mayor longitud de radícula en 50 mM, mientras que el valor menor lo presentó la variedad *Siam Queen*. En 100 mM, la variedad *Red Rubin* mostró la mayor longitud de radícula, mientras que las variedades *Sweet Genovese*, *Emily* y *Genovese* registraron los valores inferiores para esta variable. *Sweet Dani* también mostró los valores mayores en longitud de radícula en el control, mientras que *Cinnamon* mostró la longitud menor de radícula. Para biomasa fresca de la radícula (tabla 2, pág. 263) la variedad *Sweet Dani* mostró los valores mayores en 0 mM, mientras que el valor menor lo presentó la variedad *Purple Ruffles*. En 50 y 100 mM, la variedad *Italian Large Leaf* exhibió la mayor biomasa fresca de radícula y la variedad *Genovese Italian* mostró el valor inferior.

La biomasa seca de la radícula (tabla 2, pág. 263) fue mayor en las variedades *Sweet Dani* y *Dolly* en 0 mM, mientras que el valor menor lo presentó la variedad *Siam Queen*. *Dolly* también registró mayor biomasa seca de radícula en 50 mM y la variedad *Siam Queen*, el valor inferior. Por su parte, *Emily* mostró mayor biomasa seca en 100 mM, mientras que las variedades *Purple Ruffles*, *Siam Queen* y *Cinnamon* presentaron la menor biomasa fresca de radícula, respectivamente.

Tabla 2. Respuesta de la interacción de los factores variedad x salinidad en la longitud de la radícula y la biomasa fresca y seca de la radícula de variedades de albahaca sometidas a estrés salino.**Table 2.** Response of the factorial variety x salinity interaction in the root length, root fresh and dry biomass of basil varieties under saline stress.

Variedades	Longitud de radícula* (cm)			Biomasa fresca de radícula* (mg)			Biomasa seca de radícula* (mg)		
	0	mM NaCl		0	mM NaCl		0	mM NaCl	
		50	100		50	100		50	100
<i>Sweet Dani</i>	6,38 ^a	2,92 ^a	1,49 ^{abc}	671,70 ^a	478,93 ^{ab}	219,13 ^b	44,66 ^a	24,13 ^b	11,30 ^{bc}
<i>Lemon</i>	3,30 ^{cdefg}	2,29 ^{abc}	1,60 ^{abc}	158,57 ^{ghi}	131,00 ^{gh}	105,17 ^{def}	8,93 ^{ghi}	7,56 ^{gh}	6,36 ^{bc}
<i>Sweet Genovese</i>	3,10 ^{defg}	2,76 ^{ab}	1,07 ^c	367,47 ^{abcd}	364,03 ^{bcde}	244,47 ^b	16,63 ^{de}	11,33 ^{efg}	11,00 ^{bc}
<i>Siam Queen</i>	2,75 ^g	1,81 ^c	1,17 ^{abc}	121,80 ^{hij}	77,00 ^{gh}	44,33 ^g	5,10 ^j	3,93 ^h	2,86 ^c
<i>Red Rubin</i>	3,60 ^{bcddef}	2,40 ^{abc}	1,76 ^a	478,10 ^b	308,70 ^{de}	231,00 ^b	23,00 ^c	15,06 ^{cde}	11,33 ^{bc}
<i>Thai</i>	3,65 ^{bcddef}	2,77 ^a	1,57 ^{abc}	354,57 ^{cde}	250,20 ^{ef}	155,60 ^{cd}	16,53 ^{de}	14,23 ^{def}	10,40 ^{bc}
<i>Dark Opal</i>	3,55 ^{bcddef}	2,39 ^{abc}	1,11 ^{bc}	284,73 ^{def}	182,37 ^{fg}	131,87 ^{cde}	10,83 ^{gh}	8,50 ^{efgh}	6,13 ^{bc}
<i>Spicy Glove</i>	3,03 ^{efg}	2,50 ^{abc}	1,15 ^{abc}	275,13 ^{defg}	189,63 ^g	122,76 ^{de}	14,66 ^{ef}	12,47 ^{def}	9,00 ^{bc}
<i>Licorice</i>	3,61 ^{bcddef}	2,23 ^{abc}	1,14 ^{abc}	178,43 ^{fgh}	116,10 ^{gh}	91,00 ^{efg}	22,33 ^c	12,73 ^{def}	5,66 ^{bc}
<i>Cinnamon</i>	2,54 ^g	2,03 ^{abc}	1,17 ^{abc}	241,30 ^{efgh}	141,57 ^{fgh}	104,90 ^{def}	12,96 ^{efg}	10,53 ^{efgh}	5,00 ^c
<i>Mrs. Burns</i>	4,18 ^b	2,41 ^{abc}	1,51 ^{abc}	348,83 ^{cde}	257,70 ^{ef}	188,40 ^{bc}	16,50 ^{de}	9,50 ^{efgh}	7,10 ^{bc}
<i>Purple Ruffles</i>	3,04 ^{efg}	2,16 ^{abc}	1,45 ^{abc}	13,10 ^j	73,00 ^{gh}	56,73 ^g	6,23 ^{hi}	4,23 ^{gh}	2,23 ^c
<i>Lettuce Leaf</i>	3,32 ^{cdefg}	1,86 ^{bc}	1,23 ^{abc}	361,87 ^{bcd}	350,57 ^{cde}	187,97 ^{bc}	22,93 ^c	18,53 ^{bcd}	18,23 ^{abc}
<i>Italian Large Leaf</i>	3,67 ^{bcdde}	2,82 ^a	1,44 ^{abc}	477,83 ^b	494,80 ^a	364,87 ^a	35,00 ^b	22,56 ^b	24,07 ^{abc}
<i>Genovese</i>	3,92 ^{bcd}	2,19 ^{abc}	0,99 ^c	385,66 ^{bcd}	387,40 ^{abcd}	228,87 ^b	32,60 ^b	21,83 ^{bc}	22,80 ^{abc}
<i>Dolly</i>	4,03 ^{bc}	2,34 ^{abc}	1,71 ^{ab}	432,63 ^{bc}	434,97 ^{abc}	354,80 ^a	43,16 ^a	31,56 ^a	31,80 ^{ab}
<i>Emily</i>	3,60 ^{bcddef}	2,46 ^{abc}	1,04 ^c	180,36 ^{fgh}	170,47 ^g	120,37 ^{de}	23,76 ^c	15,13 ^{cde}	40,76 ^a
<i>Genovese Italian</i>	3,63 ^{bcdde}	2,56 ^{abc}	1,49 ^{abc}	51,93 ^j	51,17 ^h	38,00 ^g	21,13 ^{cd}	10,60 ^{efgh}	10,86 ^{bc}
<i>Dolce Vita Blend</i>	3,08 ^{d^{efg}}	2,53 ^{abc}	1,49 ^{abc}	139,33 ^{hi}	139,73 ^{fgh}	105,50 ^{def}	15,20 ^{ef}	10,73 ^{efgh}	11,06 ^{bc}
<i>Napolitano</i>	3,62 ^{bcdde}	2,37 ^{abc}	1,24 ^{abc}	169,40 ^{fghi}	168,47 ^{fgh}	116,57 ^{de}	15,33 ^{ef}	9,76 ^{efgh}	9,70 ^{bc}

* Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey $p = 0,05$).* Values within the same column with common letters are not significantly different at $p < 0.05$ (Tukey).

Otros estudios (1) han encontrado que conforme se incrementaron los niveles de salinidad a partir de 50 hasta 100 mM de NaCl, se redujo la biomasa fresca de radícula en tomate, lo cual se atribuye a la 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 (6).

La acumulación de biomasa seca se usa ampliamente como una medida de crecimiento de la planta, porque refleja un balance entre la producción total de fotosintetizados y la respiración. Según Shani & Ben-Gal (36), su reducción como consecuencia de la salinidad puede estar asociada a múltiples respuestas, como efectos tóxicos de iones, daños en las membranas y cloroplastos como resultado de la formación de especies reactivas de oxígeno (ROS). La acumulación menor de biomasa fresca y seca observada en los tratamientos salinos se atribuye al efecto osmótico que resulta de la concentración elevada de sales disueltas que disminuyen el potencial osmótico de la solución y consecuentemente la disponibilidad del agua para la planta (41, 43).

Los resultados del estudio aquí reportado son comparables con los señalados por Pio *et al.* (30) quienes encontraron que la materia seca de cinco porta-injertos de vid disminuyó proporcionalmente con los niveles de salinidad. Por su parte, Cavagnaro *et al.* (5) reportaron respuestas diferenciales al someter a salinidad cultivares de vid europeos como 'Malbec', 'Cabernet Sauvignon' y 'Chardonnay' junto a cultivares criollos argentinos, ya que estos últimos presentaron mayores contenidos de biomasa fresca y seca. Los resultados obtenidos respecto de la interacción variedad x salinidad en las variables morfométricas de las variedades de albahaca, mostraron, en términos generales, similitud con otros estudios publicados en los cuales se confirma que la salinidad causa numerosos problemas para el crecimiento y desarrollo de las plantas, especialmente para glicófitas, debido a la inducción de mal funcionamiento de procesos fisiológicos (38), además de que la exposición de las plantas al NaCl, afecta también el transporte de iones y agua en las plantas (18, 24). Asimismo, la salinidad afecta las plantas cultivadas tanto en la fase de germinación, emergencia y desarrollo vegetativo, por tanto, causa reducción en las variables del crecimiento (3, 7).

También se presentaron diferencias significativas en la interacción variedad x salinidad para altura de plántula (tabla 3, pág. 265) observándose en la concentración de 0 mM valores superiores para las variedades y valores inferiores en 50 y 100 mM. Las variedades *Sweet Dani* y *Genovese* presentaron la mayor altura en 0 mM, mientras que el valor menor lo presentaron las variedades *Siam Queen* y *Spicy Glove*. En 50 mM, las variedades *Licorice* y *Napoletano* exhibieron la mayor altura de la plántula, mientras que la variedad *Lettuce Leaf* mostró el valor inferior. *Sweet Dani* también presentó los valores mayores de altura en 100 mM, siendo *Emily* e *Italian Large Leaf* las que mostraron menor altura. Estos resultados concuerdan con lo establecido por Wahome (42) quien menciona que las plantas responden al estrés salino: al disminuir su tasa de crecimiento, forman hojas más pequeñas y menor cantidad de ellas, disminuyen su altura. Esto sugiere que la tolerancia de las plantas a la salinidad puede ser determinada por su altura, lo cual se atribuye a que la salinidad reduce el acceso de agua por la planta y disminuye su crecimiento.

Tabla 3. Respuesta de la interacción de los factores variedad x salinidad en la altura de la plántula y la biomasa fresca y seca de parte aérea de variedades de albahaca sometidas a estrés salino.

Table 3. Response of the factorial variety x salinity interaction in the seedling height, shoot fresh and dry biomass of basil varieties under saline stress.

Variedades	Altura de plántula* (cm)			Biomasa fresca parte aérea* (mg)			Biomasa seca parte aérea* (mg)		
	0	mM NaCl		0	mM NaCl		0	mM NaCl	
		50	100		50	100		50	100
<i>Sweet Dani</i>	1,98 ^a	1,37 ^{ab}	1,20 ^a	652,36 ^{abc}	454,33 ^{bcd}	253,16 ^{defg}	54,00 ^{ab}	34,00 ^{bcd}	16,06 ^{ghij}
<i>Lemon</i>	1,09 ^{gh}	1,18 ^{bc}	0,99 ^{abc}	282,13 ^{hi}	261,03 ^{hij}	238,70 ^g	40,00 ^{efg}	28,10 ^{efghi}	22,70 ^{def}
<i>Sweet Genovese</i>	1,14 ^{gh}	1,34 ^{ab}	1,11 ^{ab}	542,50 ^{de}	544,50 ^{ab}	451,30 ^a	58,00 ^{ab}	48,00 ^a	38,23 ^{ab}
<i>Slam Queen</i>	1,01 ^h	1,16 ^{bc}	0,95 ^{abcd}	361,86 ^{gh}	265,30 ^{hij}	151,57 ^{hij}	41,23 ^{efg}	29,03 ^{defghi}	11,23 ^{ijk}
<i>Red Rubin</i>	1,49 ^{bcd}	1,22 ^{bc}	0,98 ^{abc}	618,36 ^{bcd}	521,60 ^{abc}	317,57 ^{cde}	50,00 ^{bcd}	37,86 ^{abcde}	26,33 ^{cd}
<i>Thai</i>	1,33 ^{defgh}	1,15 ^{bc}	1,10 ^{ab}	732,40 ^a	536,00 ^{ab}	374,23 ^{bc}	64,00 ^a	44,66 ^{ab}	24,00 ^{cde}
<i>Dark Opal</i>	1,38 ^{cdefgh}	1,13 ^{bc}	0,97 ^{abcd}	421,60 ^{fg}	427,30 ^{cde}	221,30 ^{fghi}	43,33 ^{def}	29,73 ^{defghi}	9,93 ^{jk}
<i>Spicy Glove</i>	1,01 ^h	1,16 ^{bc}	1,01 ^{abc}	414,76 ^g	319,00 ^{fgh}	212,00 ^{fghi}	41,00 ^{efg}	24,10 ^{ghij}	10,33 ^{kl}
<i>Licorice</i>	1,23 ^{efgh}	1,62 ^a	0,86 ^{abcd}	475,30 ^{ef}	279,96 ^{ghi}	178,67 ^{ghij}	43,33 ^{def}	25,00 ^{fghij}	10,00 ^{kl}
<i>Cinnamon</i>	1,29 ^{efgh}	1,50 ^{ab}	1,02 ^{abc}	242,13 ⁱ	183,06 ^j	121,70 ^j	47,00 ^{cdef}	21,43 ^{hij}	10,66 ^{ljk}
<i>Mrs. Burns</i>	1,34 ^{defgh}	1,31 ^{ab}	0,98 ^{abc}	680,07 ^{ab}	482,63 ^{abcd}	281,70 ^{def}	53,33 ^{bcd}	39,53 ^{abcd}	15,00 ^{ghijk}
<i>Purple Ruffles</i>	1,62 ^{abcde}	1,41 ^{ab}	0,62 ^{cd}	345,33 ^{gh}	276,53 ^{ghij}	162,20 ^{hij}	21,63 ^l	16,83 ^j	12,33 ^{hijk}
<i>Lettuce Leaf</i>	1,20 ^{efgh}	0,93 ^c	0,78 ^{abcd}	391,37 ^{fg}	379,30 ^{ef}	242,06 ^{efg}	39,33 ^g	26,40 ^{fghij}	26,06 ^{cd}
<i>Italian Large Leaf</i>	1,58 ^{abcdef}	1,14 ^{bc}	0,54 ^d	466,63 ^{ef}	449,50 ^{bcd}	381,30 ^{abc}	43,33 ^{def}	35,26 ^{bcd}	31,00 ^{bc}
<i>Genovese</i>	1,98 ^a	1,14 ^{bc}	0,80 ^{abcd}	411,07 ^g	409,13 ^{def}	319,50 ^{cd}	45,86 ^{cdef}	32,53 ^{cdefgh}	34,00 ^b
<i>Dolly</i>	1,80 ^{abc}	1,25 ^{abc}	0,72 ^{bcd}	570,03 ^{cd}	567,66 ^a	433,87 ^{ab}	51,96 ^{bcd}	42,00 ^{abc}	41,70 ^a
<i>Emily</i>	1,70 ^{abcd}	1,46 ^{ab}	0,54 ^d	277,56 ^{hi}	277,93 ^{ghij}	212,96 ^{fghi}	32,66 ^{gh}	20,10 ^j	20,40 ^{defg}
<i>Genovese Italian</i>	1,53 ^{abcde}	1,48 ^{ab}	0,62 ^{cd}	211,73 ⁱ	201,96 ^{ij}	149,66 ^{ij}	15,46 ^j	15,36 ^j	8,05 ^k
<i>Dolce Vita Blend</i>	1,54 ^{abcde}	1,21 ^{bc}	0,74 ^{bcd}	277,70 ^{hi}	258,46 ^{hij}	212,67 ^{fghi}	23,23 ^{hij}	20,00 ^l	19,63 ^{defgh}
<i>Napolitano</i>	1,93 ^{ab}	1,61 ^a	0,60 ^{cd}	374,33 ^g	371,03 ^{efg}	226,00 ^{fgh}	26,90 ^{hi}	26,50 ^{fghij}	17,90 ^{efghi}

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

* Values within the same column with common letters are not significantly different at $p < 0.05$ (Tukey).

Las diferencias estadísticas en la interacción variedad x salinidad para biomasa fresca y seca de parte aérea (tabla 3, pág. 265) exhibió valores mayores en la concentración de 0 mM y valores inferiores en 50 y 100 mM. La biomasa fresca de parte aérea fue mayor en *Thai* en 0 mM mientras que presentaron valores menores las variedades *Genovese Italian* y *Cinnamon*. En 50 mM, la variedad *Dolly* registró la mayor biomasa fresca de parte aérea, mientras que la variedad *Cinnamon* mostró los menores valores. *Sweet Genovese* tuvo los valores mayores en 100 mM mientras que *Cinnamon* mostró los valores menores. La biomasa seca de parte aérea fue mayor en *Thai* en 0 mM y menor en *Genovese Italian*. En 50 mM, la variedad *Sweet Genovese* presentó mayor biomasa seca, mientras que las variedades *Genovese Italian* y *Purple Ruffles* mostraron los menores valores. *Dolly* mostró mayor biomasa seca en 100 mM y *Genovese Italian* el valor menor.

Según Shani & Ben-Gal (36) la reducción de la biomasa fresca y seca de parte aérea como consecuencia de la salinidad está asociada con disminuciones equivalentes en la absorción de agua debidas a un efecto osmótico, ya que la biomasa fresca y seca de parte aérea declinó en 50 y 100 mM de NaCl. La acumulación menor de biomasa fresca y seca observada en los tratamientos salinos se atribuye al efecto osmótico que resulta de la concentración elevada de sales disueltas que disminuyen el potencial osmótico de la solución y consecuentemente la disponibilidad de agua para la planta (41, 43). El déficit hídrico inducido por la salinidad restringe el crecimiento y ocasiona una menor tasa de división y elongación celular, así como disminución de la asimilación de CO₂ (30, 34). Por su parte Gupta & Sharma (14) señalaron que las plantas de tomate en estrés salino reducen la tasa de expansión de la superficie foliar, disminuyen la biomasa seca, la altura, el número de hojas, la longitud de raíz y el área radicular. Los resultados de la interacción variedad x salinidad en características morfológicas de albahaca mostraron similitud con otros estudios, en los cuales se asevera que la salinidad disminuye el crecimiento y desarrollo de plantas, especialmente glicófitas, mediante la inducción de mal funcionamiento de procesos fisiológicos (38); además, la exposición de las plantas al NaCl afecta el transporte de iones y agua (18), así como la germinación, emergencia y desarrollo vegetativo, disminuyendo el crecimiento (7).

CONCLUSIONES

La variedad con mayor porcentaje de emergencia fue *Thai*, mientras que *Sweet Genovese* y *Napoletano* exhibieron los porcentajes menores. En relación con la tasa de emergencia mostró diferencias significativas entre variedades siendo la variedad *Thai* la de mayor tasa de emergencia, mientras que la variedad con menor tasa fue *Sweet Genovese*.

En la etapa de crecimiento las variedades *Sweet Dani*, *Thai*, *Italian Large Leaf* y *Red Rubin* presentaron mayor longitud de radícula, mientras que *Sweet Dani*, *Italian Large Leaf*, *Dolly* y *Emily* mostraron mayor biomasa fresca y seca de radícula. Las variedades *Sweet Dani*, *Licorice*, *Genovese* y *Napoletano* exhibieron mayor altura de plántula y las variedades *Sweet Genovese*, *Thai* y *Dolly* presentaron mayor biomasa fresca y seca de parte aérea.

Se observó una gran diversidad en la respuesta de crecimiento de las distintas variedades, por lo que no se presentaron patrones claros que permitan la agrupación de las diferentes variedades dependiendo de su respuesta. Sin embargo, dentro de los indicadores más significativos para la producción agrícola está la producción de biomasa fresca y seca de parte aérea ya que representa la parte de la planta que se comercializa. En este sentido, se observó que las variedades *Sweet Genovese*, *Thai* y *Dolly* fueron las que presentaron los valores más altos de estas variables al tratamiento de salinidad más severo, lo cual podría representar un cultivo alternativo para condiciones de salinidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. 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.
2. Ashford, A. E.; Gubler, F. 1984. Mobilization of polysaccharide reserves from endosperm. In: 'Seed physiology' (Ed. Murray DR). New York, Academic Press, USA. p. 117-162.
3. Aslam, M.; Qureshi, R. H.; Ahmad, N. 1993. A rapid screening technique for salt tolerance in rice (*Oryza sativa* L.). *Plant and Soil*. 150: 99-107.
4. Bewley, J. D.; Black, M. 1978. *Physiology and biochemistry of seeds*. New York, Springer-Verlag. p. 177-244.
5. Cavagnaro, J. B.; Ponce, M. T.; Guzmán, J.; Cirrione, M. A. 2006. Argentinean cultivars of *Vitis vinifera* grow better than european ones when cultures *in vitro* under salinity. *Biocell*. 30: 1-7.
6. Cuartero, J.; Fernández-Muñoz, R. 1999. Tomato and salinity. *Scientia Horticulturae*. 78: 83-125.
7. Ebert, G.; Casiera, F.; Ludders, P. 1999. Influence of NaCl salinity on growth and mineral uptake of lulo (*Solanum quitoense*). *Angewandte Botanik*. 73: 31-33.
8. Farahbakhsh, H.; Shamsaddin, M. 2011. Effect of seed priming with NaCl on maize germination under different saline conditions. *African Journal of Agricultural Research*. 6: 6095-6099.
9. Gomes-Filho, E.; Prisco, J. T. 1978. Effects of NaCl salinity *in vivo* and *in vitro* on the proteolytic activity of *Vigna sinensis* (L.) Savi cotyledons during germination. *Revista Brasileira de Botânica*. 1: 83-88.
10. Gomes-Filho, E.; Prisco, J. T.; Campos, F. A. P.; Enéas-Filho, J. 1983. Effects of NaCl salinity *in vivo* and *in vitro* on ribonuclease activity of *Vigna unguiculata* cotyledons during germination. *Physiologia Plantarum*. 59: 183-188.
11. González, L. M.; Ramírez, R. 2002. Los suelos salinos y su utilización en la producción agrícola. *Alimentaria*. 339: 103-107.
12. Gorai, M.; Neffati, M. 2007. Germination responses of *Reaumuria vermiculata* to salinity and temperature. *Annals of Applied Biology*. 151: 53-59.
13. Gulzar, S.; Khan, M. A.; Ungar, I. A. 2001. Effect of salinity and temperature on the germination of *Urochondra setulosa* (Trin) C. E. Hubbard. *Seed Science and Technol.* 29: 21-29.
14. Gupta, S. K.; Sharma, S. K. 1990. Response of crops to high exchangeable sodium percentage. *Irrigation Science*. 11: 173-179.
15. Hunt, R. 2003. Growth analysis, individual plants. In: Thomas, B.; Murphy, D. J.; Murray, D. (eds.). *Encyclopedia of applied plant sciences*. London. Academic Press. p. 588-596.
16. ISTA (International Seed Testing Association). 1999. *International Rules for Seed Testing*. Zurich, Switzerland. 321 p.
17. Khan, M. A.; Zaheer Ahmed, M.; Hameed, A. 2006. Effect of sea salt and Lascorbic acid on the seed germination of halophytes. *Journal of Arid Environments*. 67: 535-540.
18. Läuchli, A.; Epstein, E. 1990. Plant responses to saline and sodic conditions In *Agricultural Salinity Assessment and Management*. Tanji, K. K. (ed). American Society of Civil Engineers, New York. p. 113-137.
19. Lee, S. J.; Umamo, K.; Shibamoto, T.; Lee, K. G. 2005. Identification of volatile components in basil (*Ocimum basilicum* L.) and thyme leaves (*Thymus vulgaris* L.) and their antioxidant properties. *Food Chemistry*. 91: 131-137.
20. Little, T. M.; Hills, F. J. 1989. 'Statistical methods in agricultural research'. Versión en español. 'Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura'. México. Ed. Trillas. 128 p.
21. Maas, E. V. 1986. Salt tolerance of plants. *Applied Agricultural Research*. 1: 12-26.

22. Maas, E. V.; Hoffman, G. J. 1977. Crop salt tolerance - current assessment. *Journal of the Irrigation and Drainage*. 103: 115-134.
23. Maguire, J. D. 1962. Speed of germination - aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*. 2: 176-177.
24. Medrano, H.; Flexas, J. 2004. Respuesta de las plantas al estrés hídrico. En: *La ecofisiología vegetal, una ciencia de síntesis*. Reigosa, M.; Pedrol, N.; Sánchez, A. (eds). Madrid. Thomson Editores. p. 253-286.
25. Meloni, D. A. 2012. Respuestas fisiológicas a la suplementación con calcio de plántulas de vinal (*Prosopis ruscifolia* G.) estresadas con NaCl. *Rev. FCA UNCUIYO*. 44(2): 79-88.
26. Mesa, D. 2003. Obtención de plantas resistentes a la salinidad para los suelos salinos cubanos. *Ciencia Agrícola*. 37: 217-226.
27. Munns, R. 2005. Genes and salt tolerance: bringing them together. *New Phytologist*. 167: 645-663.
28. Munns, R.; Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Reviews Plant Biology*. 59: 651-681.
29. Murray, D. R. 1984. Axis-cotyledon relationships during reserve mobilization. In: Murray, D. R. (Ed.) *Seed physiology*. New York, Academic Press. p. 247-280.
30. Pio, V. A.; Horst Bruckner, C.; Prieto Martínez, H. E.; Martínez, C. A.; Huaman, P.; Mosquim, R. 2001. Características fisiológicas de porta-enxertos de videira em solução salina. *Scientia Agrícola*. 58: 139-143.
31. Prisco, J. T.; Vieira, G. H. F. 1976. Effect of NaCl salinity on nitrogenous compounds and proteases during germination of *Vigna sinensis* seeds. *Physiologia Plantarum*. 36: 317-320.
32. Prisco, J. T.; Enéas-Filho, J.; Gomes-Filho, E. 1981. Effect of NaCl salinity on cotyledon starch mobilization during germination of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. seeds. *Revista Brasileira de Botanica*, 4: 63-71.
33. Rodríguez, W.; Leihner, D. 2006. Análisis del crecimiento vegetal. Volumen 7 de la Serie: Fisiología de la producción de los cultivos tropicales. 1ª Ed. San José, Costa Rica. Editorial Universidad de Costa Rica. 37 p.
34. Romero, C.; Espinosa-Ruiz, A. M.; Cutanda, C.; Cortina, C.; Hernández, P.; Culiáñez-Maciá, F. A. 2004. La osmorregulación: mecanismos y significado. En: *La ecofisiología vegetal, una ciencia de síntesis*. Reigosa, M.; Pedrol, N.; Sánchez, A. (eds). Madrid. Thomson Editores. p. 603-620.
35. Ruiz, E. F. H. 1993. Respuesta de genotipos de frijol "chícharo de vaca" [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] con diferentes diluciones de agua de mar. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz, B. C. S. México. 70 p.
36. Shani, U.; Ben-Gal, A. 2005. Long-term response of grapevines to salinity: osmotic effects and ion toxicity. *American Journal Enology Viticulture*. 56: 148-154.
37. Shannon, M. C. 1996. New insights in plant breeding efforts for improved salt tolerance. *Salt management workshop proceedings*. Hort Technology. 6: 96-99.
38. Shannon, M. C.; Grieve, C. M.; Francois, L. E. 1994. Whole-Plant to salinity. In: Wilkinson, R. E. (Ed.) *Plant-Environment Interactions*. Nueva York: Marcel Dekker. p. 199-244.
39. StatSoft, Inc. 2011. *Statistica*. System reference. StatSoft, Inc., Tulsa, Oklahoma, USA. 1098 p.
40. Steel, G. D. R.; Torrie, J. H. 1995. *Bioestadística*. Principios y procedimientos. México. Ed. McGraw Hill. 92 p.
41. Tadeo, F. R.; Gómez-Cadena, A. 2008. Fisiología de las plantas y el estrés. En: *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. Azcón-Bieto, J.; Talón, M. (eds). Madrid. McGraw-Hill Interamericana. p. 577-597.
42. Wahome, P. K. 2003. Mechanisms of salt (NaCl) stress tolerance in horticultural crops - mini Review. *Acta Horticulturae*. 609: 127-131.
43. Willadino, L.; Camara, T. 2004. Origen y naturaleza de los ambientes salinos. En: *La ecofisiología vegetal, una ciencia de síntesis*. Reigosa, M.; Pedrol, N.; Sánchez, A. (eds). Madrid. Thomson Editores. p. 303-300.

Agradecimientos

Al Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) por el apoyo otorgado a través de los proyectos AGROT1 y 110C (SAGARPA-CONACYT).

A Carmen Mercado Guido y Lidia Hiraes Lucero por el apoyo técnico a través del laboratorio de fisiotecnia vegetal.