

CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE VARIEDADES DE ALBAHACA (*OCIMUM BASILICUM* L.) EN CONDICIONES DE SALINIDAD

Juan José Reyes-Pérez¹, Bernardo Murillo-Amador², Alejandra Nieto-Garibay², Enrique Troyo-Diéquez², Inés María Reynaldo-Escobar³, Edgar Omar Rueda-Puente⁴, Jairo Leonardo Cuervo Andrade⁵

¹*Empresa Agropecuaria, Jiguaní, Granma.*

²*Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C., La Paz, Baja California Sur, México.*

³*Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Mayabeque, Cuba.*

⁴*Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México.*

⁵*Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia*

INTRODUCCIÓN

Actualmente la salinidad del suelo es el mayor factor limitante para la expansión de la frontera agrícola (Ashraf *et al.*, 2008) y las perspectivas al respecto no son muy alentadoras, ya que se espera que el incremento de la salinidad en las tierras cultivables resulte en una pérdida del 30% de tierras cultivables en los próximos 25 años y más del 50% para la segunda mitad del siglo XXI (Mahajan y Tuteja, 2005). El estrés salino afecta la mayoría de los procesos fisiológicos de los vegetales como el crecimiento, la fotosíntesis, la síntesis de proteínas y el metabolismo energético (Parida y Das, 2005); sin embargo la duración y severidad del período de estrés, al igual que la especie afectada, determinarán la magnitud de los efectos observables y los procesos fisiológicos afectados por esta condición.

Por tanto, muchos esfuerzos se están dirigiendo hacia la identificación de los procesos fisiológicos y bioquímicos que se ven afectados por el NaCl, con el propósito de aumentar la tolerancia a la salinidad (Tester y Davenport, 2003). A pesar de todos los esfuerzos, el papel que juega la tolerancia a la salinidad en causar las diferencias en el crecimiento y desarrollo, entre especies de plantas y en las diferentes etapas del crecimiento, es aún la mayor preocupación e interés entre los investigadores y no está del todo entendido (Pessaraki, 1999), por lo que el uso de especies tolerantes o moderadamente tolerantes a la salinidad es una necesidad apremiante y surge como otra posible solución para enfrentar el problema de la salinidad.

La albahaca es ingrediente primordial de la cocina italiana, aunque su uso como especia está ampliamente difundido. En México, además de usarse como especia, tiene numerosas aplicaciones en medicina tradicional. De la albahaca se obtiene un aceite esencial que contiene cineol, metilchavicol, linalol, estragol, eugenol y timol, de amplia aplicación en las industrias alimentaria, farmacéutica, cosmética y de perfumería (Benavides *et al.*, 2010). En el presente estudio se eligió la especie *Ocimum basilicum* L. ya que los efectos de la salinidad en el crecimiento y desarrollo en condiciones de estrés salino, no se ha estudiado. El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto del estrés salino en el crecimiento y desarrollo de plantas de variedades de albahaca.

MATERIALES Y MÉTODOS

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" LO, a 7 metros sobre el nivel del mar. Se utilizaron semillas de veinte variedades de albahaca provenientes de la empresa Seed Company las cuales son, *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*, cuyo

origen es Estados Unidos de América y no existe información sobre la tolerancia o sensibilidad de las 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 (1999).

Las semillas se sembraron en charolas de poliestireno de 200 cavidades, las cuales contenían sogemix PM^{MR} como sustrato. Para mantener la humedad, se aplicaron riegos diarios con el fin de lograr una emergencia homogénea de las plántulas. El trasplante se realizó cuando las plantas presentaron una altura promedio de 15 cm en macetas de aproximadamente 1 kg, mismas que contenían como sustrato comercial sogemix PM^{MR}. En cada maceta se colocó una planta con el fin de asegurar el éxito del trasplante. Una vez que se trasplantaron, se inició con la aplicación diaria del riego, utilizando para ello agua potable, la cual contenía una solución nutritiva preparada de acuerdo a Samperio (1997). Después de una semana del trasplante, se inició con la aplicación de los tratamientos salinos. El experimento se estableció en un diseño completamente al azar con arreglo factorial con cuatro repeticiones, considerando a las veinte variedades de albahaca como factor A y a los tratamientos salinos como factor B, con tres niveles (0, 50, 100 mM de NaCl). Cada repetición estuvo representada por una maceta conteniendo una planta cada una, con 12 macetas por variedad para un total de 240 macetas. Durante la segunda semana se inició con la aplicación gradual de los tratamientos salinos, con el fin de evitar un shock osmótico en las plántulas, acorde con la metodología propuesta por Murillo-Amador *et al.* (2007). La cantidad aplicada en cada riego fue de 500 mL, consiguiendo que la solución aplicada drenara a través de los orificios de las macetas, con el fin de evitar la acumulación de sales en el sustrato. El pH de la solución con los tratamientos salinos y los nutrientes se ajustó a 6.5, adicionando KOH.

Variables morfológicas

A los 45 días de aplicación de los tratamientos salinos, las plantas se trasladaron al laboratorio donde se procedió a separar raíz, tallo y hojas y se midió biomasa (g) fresca y seca de raíz, tallo, hoja y área foliar (cm²), la cual se determinó mediante integrador de área foliar (Li-Cor, modelo-LI-3000A, serie PAM 1701). Para determinar peso fresco y seco de biomasa, se utilizó una balanza analítica (Mettler Toledo, modelo AG204). Para obtener la biomasa seca en todas las etapas, los tejidos correspondientes a hojas, tallos o raíces, 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 hasta obtener su deshidratación completa (aproximadamente 72 horas). Posteriormente se pesaron en balanza analítica (Mettler Toledo, AG204) expresando el peso en gramos de materia vegetal seca. Se realizaron análisis de varianza y comparaciones múltiples de medias (Tukey, $p=0.05$). Los análisis se realizaron con el programa estadístico Statistica v. 10.0 para Windows (StatSoft, Inc., 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentaron diferencias significativas en la interacción variedades * NaCl para biomasa fresca de hoja ($F=_{38,180}=14.62$, $p\leq 0.001$); biomasa seca de hoja ($F=_{38,180}=8.06$, $p\leq 0.001$) y área foliar ($F=_{38,180}=3.46$, $p\leq 0.001$). Todas las variables de todas las variedades mostraron valores mayores en el control (0 mM) y disminuyeron conforme los niveles de NaCl se incrementaron (Tablas 1).

La variedad *Napoletano* mostró mayor biomasa fresca de hoja en 0, 50 y 100 mM mientras que *Emily* mostró el valor menor en 0 mM; *Purple Ruffles* y *Emily* exhibieron los valores menores en 50 mM y las variedades *Lemon* y *Purple Ruffles* mostraron los valores inferiores en 100 mM (Tabla 1). La variedad *Napoletano* presentó el valor mayor de biomasa seca de hoja en 0, 50 y 100 mM, mientras que el valor menor lo presentaron las variedades *Purple Ruffles* y *Emily* en

50 mM y la variedad *Purple Ruffles* en 100 mM (Tabla 1). La acumulación de osmorreguladores y iones en las hojas es una respuesta adaptativa de las plantas a altas concentraciones de sal en el medio. A través de este mecanismo, las plantas pueden hacer la regulación osmótica (Casierra-Posada y Rodríguez, 2006). El fenómeno de la osmorregulación se ha observado en hojas (Westgate y Boyer, 1985), es así como en muchas de las plantas evaluadas en condiciones de salinidad se ha encontrado una relación directamente proporcional entre el peso específico de las hojas y la concentración de sales en el sustrato (Casierra-Posada y Rodríguez, 2006); por el contrario, en algunos casos se ha encontrado que el peso específico de las hojas se reduce a niveles crecientes de NaCl en el sustrato (Ewe y Sternberg, 2005), lo que puede indicar que la salinidad induce la formación de hojas delgadas, además, es posible que en condiciones de salinidad se acumule menor cantidad de asimilados en las hojas, como consecuencia de una tasa reducida de fotosíntesis en respuesta a la acumulación de Na y Cl en las hojas, pues se ha encontrado que el aumento en niveles de iones Na y Cl en las hojas se debe a la salida pasiva de iones en las membranas para lograr el ajuste osmótico (Syeed y Khan, 2004). Al igual que en el presente ensayo, la respuesta de las plantas a la salinidad en lo relacionado con el peso específico de las hojas tiene un fuerte componente varietal (Ewe y Sternberg, 2005). Los resultados del presente estudio también coinciden con lo 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, lo que reduce la biomasa fresca y seca de la hoja. En otras especies como algodón, se indica que el incremento en los niveles de NaCl resulta en una disminución significativa en la parte aérea y el crecimiento de la biomasa foliar (Meloni *et al.*, 2001).

La variedad *Sweet Dani* mostró los valores mayores de área foliar en 0 y 50 mM, mientras que los valores menores lo presentaron las variedades *Emily* y *Genovese* para 0 y 50 mM. Las variedades *Sweet Dani* y *Sweet Genovese* exhibieron la mayor área foliar en 100 mM y las variedades *Genovese Italian* y *Emily* mostraron valores inferiores (Tabla 1). La salinidad reduce el crecimiento de la parte aérea suprimiendo la iniciación y la expansión de las hojas así como el crecimiento de los entrenudos y acelerando la abscisión de las hojas. La disminución del crecimiento se ha asociado con el contenido de Cl en las hojas (Kozłowski, 1997). En *Psidium guajava* se ha reportado reducción del área foliar con estrés salino por NaCl (Távora *et al.*, 2001), mayor sensibilidad en el desarrollo de los primordios foliares que en la expansión foliar y puede afectar la expansión de las hojas mediante la reducción de la presión de turgencia y de la extensibilidad de la pared celular. Resultados similares en cuanto a la reducción del área foliar en condiciones de salinidad fueron reportados también en plantas de *Fragaria* sp. (Casierra-Posada y García, 2005), en *Lycopersicon esculentum* (Romero- Aranda *et al.*, 2001) y en *Psidium guajava* (Távora *et al.*, 2001). De igual manera, se ha encontrado que el área foliar total en *Sorghum bicolor* se redujo notablemente con la salinidad (Netondo *et al.*, 2004). La disminución del área foliar se ha atribuido a la senectud y a la muerte temprana de las hojas, a la tasa de crecimiento reducida y a la aparición retrasada de hojas (Bernstein *et al.*, 1993). Además, las partes superiores dobladas de la hoja, la necrosis rápida de los extremos de la lámina, o ambos son índices de desarrollo anormal de la hoja que contribuye a la disminución del área foliar.

Tabla 1. Respuesta de la interacción de los factores variedad * salinidad en la biomasa fresca y seca de hoja de variedades de albahaca sometidas a estrés salino.

*Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey

Variedades	Biomasa fresca de hoja (g)			Biomasa seca de hoja (g)			Área foliar (g)		
	mM NaCl			mM NaCl			mM NaCl		
	0	50	100	0	50	100	0	50	100
Sweet Dani	53.42 ^b	35.25 ^b	18.42 ^{cde}	6.56 ^{bc}	4.04 ^{bc}	2.14 ^{bcd}	2244.5 ^a	1265.77 ^a	851.54 ^a
Lemon	22.21 ^{fgh}	10.70 ^{ghi}	5.34 ^l	3.13 ^{hi}	1.45 ^{hij}	0.84 ^{ghi}	857.6 ^{efgh}	555.20 ^{efghi}	320.69 ^{def}
Sweet	27.79 ^{efg}	19.24 ^{def}	11.46 ^{fghij}	5.82 ^{bcd}	3.13 ^{cdef}	1.83 ^{de}	1634.3 ^{abcd}	1131.04 ^{ab}	797.34 ^{ab}
Genovese									
Siam	39.74 ^{cde}	24.27 ^{cd}	14.39 ^{def}	5.06 ^{cdefg}	2.70 ^{efg}	1.54 ^{def}	1514.6 ^{abcdef}	793.26 ^{cde}	626.26 ^{abc}
Queen									
Red Rubin	18.14 ^{ghi}	11.61 ^{ghi}	6.77 ^{kl}	2.95 ^{hi}	1.32 ^{ij}	0.66 ^{ghi}	1108.3 ^{cdefgh}	790.68 ^{cde}	541.68 ^{bcd}
Thai	34.68 ^{cdef}	21.75 ^{de}	14.56 ^{def}	4.32 ^{defgh}	2.99 ^{defg}	2.13 ^{bcd}	1394.9 ^{bcdefg}	887.33 ^{bcd}	674.15 ^{abc}
Dark Opal	34.24 ^{cdef}	14.64 ^{fgh}	7.22 ^{ijkl}	3.98 ^{efgh}	2.30 ^{fgh}	1.05 ^{fghi}	1619.6 ^{abcde}	931.62 ^{bc}	689.25 ^{abc}
Spicy Glove	23.65 ^{fgh}	16.46 ^{efg}	13.00 ^{fgh}	3.40 ^{fghi}	2.10 ^{ghi}	1.25 ^{efg}	1210.4 ^{cdefgh}	783.73 ^{cde}	513.06 ^{cde}
Licorice	46.42 ^{bc}	29.94 ^{bc}	18.93 ^{cd}	5.75 ^{bcde}	3.28 ^{cde}	2.21 ^{bcd}	2000.1 ^{ab}	1125.80 ^{ab}	621.35 ^{abc}
Cinnamon	23.43 ^{fgh}	16.34 ^{efg}	11.77 ^{fghi}	3.96 ^{efgh}	2.36 ^{efgh}	1.64 ^{def}	891.0 ^{defgh}	681.61 ^{cdefg}	568.19 ^{bcd}
Mrs Burns	29.24 ^{efg}	24.0 ^{5cd}	13.89 ^{efg}	5.25 ^{cde}	3.96 ^{bc}	2.11 ^{bcd}	1693.2 ^{abc}	1207.97 ^a	628.06 ^{abc}
Purple	11.84 ^{hi}	8.02 ⁱ	4.52 ^l	1.81 ⁱ	0.89 ^j	0.41 ⁱ	763.9 ^{fgh}	510.03 ^{fghi}	308.44 ^{def}
Ruffles									
Lettuce	22.57 ^{fgh}	14.88 ^{fgh}	9.25 ^{ghijkl}	3.29 ^{ghi}	2.07 ^{ghi}	1.20 ^{efgh}	857.4 ^{efgh}	626.21 ^{defgh}	332.63 ^{def}
Leaf									
Italian	22.83 ^{fgh}	14.06 ^{fghi}	8.15 ^{hijkl}	3.38 ^{fghi}	2.19 ^{ghi}	1.14 ^{fgh}	769.5 ^{fgh}	538.03 ^{efghi}	329.49 ^{def}
Large Leaf									
Genovese	29.39 ^{defg}	15.8 ^{2efg}	10.56 ^{fghijk}	6.19 ^{bc}	4.02 ^{bc}	1.99 ^{cd}	583.9 ^h	350.17 ⁱ	257.86 ^{ef}
Dolly	53.70 ^b	36.31 ^b	23.03 ^{bc}	7.27 ^b	4.65 ^b	2.73 ^b	1465.0 ^{bcdef}	902.36 ^{bc}	431.65 ^{cdef}
Emily	8.05 ^l	8.00 ⁱ	6.25 ^{kl}	1.68 ⁱ	0.97 ^j	0.52 ^{hi}	569.9 ^h	364.91 ^{hi}	196.91 ^f
Genovese	13.03 ^{hi}	8.80 ^{hi}	6.26 ^{kl}	2.84 ^{hi}	1.26 ^{ij}	0.56 ^{hi}	652.8 ^{gh}	430.68 ^{ghi}	183.74 ^f
Italian									
Dolce Vita	42.83 ^{bcd}	31.74 ^b	23.91 ^b	5.21 ^{cdef}	3.69 ^{cd}	2.59 ^{bc}	1688.5 ^{abc}	875.88 ^{bcd}	657.19 ^{abc}
Blend									
Napoletano	124.84 ^a	83.10 ^a	64.35 ^a	13.16 ^a	8.34 ^a	6.46 ^a	1433.6 ^{bcdef}	771.08 ^{cdef}	484.51 ^{cde}

p=0.05).

CONCLUSIONES

En la etapa de crecimiento vegetativo inicial la variedad *Napoletano* presentó mayor biomasa fresca y seca de hoja. La variedad *Sweet Dani* mostró mayor área foliar.

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

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ashraf, M.; H.R, Athar., P.J.C, Harris., T.R, Kwon. 2008. Some Prospective Strategies for Improving Crop Salt Tolerance. *Advances in Agronomy*. 97: 45-110.
- Benavides A., R, Hernández.; H, Ramírez y A. Sandoval. 2010. Plantas útiles sin fines

alimentarios. Capítulo. 3. Tratado de Botánica Económica. Departamento de Horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista. México. pp.163-180.

Bernstein, N.; W.K., Silk.; A, Läuchli. 1993. Growth and development of sorghum leaves under conditions of NaCl stress. Spatial and temporal aspects of leaf growth inhibition. *Planta*. 191:433–439.

Casierra-Posada, F.; S.Y, Rodríguez. 2006. Tolerancia de plantas de Feijoa [*Acca sellowiana* (Berg.) Burret] a la salinidad por NaCl. *Agronomía Colombiana*.24: 258 - 265.

Ewe, S.M.L.; L, Sternberg.; S.L, Da 2005. Growth and gas exchange responses of Brazilian pepper (*Schinus terebinthifolius*) and native South Florida species to salinity. *Trees*.19: 119–128.

ISTA. 1999. International Seed Testing Association)International Rules for Seed Testing. Zurich, Switzerland. 321 p.

Kozlowski, T.T. 1997. Responses of woody plants to flooding and salinity. *Tree Physiology Monograph*.1: 12-17

Mahajan, S.; N, Tuteja. 2005. Cold, salinity and drought stresses: An overview. *Archives of Biochemistry and Biophysics*.444.139–158.

Meloni, D.A.; M.A, Oliva.; H.A, Ruiz., C.A, Martinez. 2001. Contribution of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress. *Journal of Plant Nutrition* .24:599-612.

Mohammad, M.; R, Shibli.; M, Ajouni.; L, Nimri. 1998. Tomato root and shoot responses to salt stress under different levels of phosphorus nutrition. *Journal of Plant Nutrition*. 21: 1667-1680.

Murillo-Amador, B.; S, Yamada., T, Yamaguchi.; E, Rueda-Puente., N, Ávila-Serrano.; J.L, García-Hernández.; R, López-Aguilar.; E, Troyo-Diéquez.; A, Nieto-Garibay. 2007. Influence of calcium silicate on growth, physiological parameters and mineral nutrition in two legume species under salt stress. *Journal Agronomy Crop Science*. 193:413-421.

Netondo, G.W.; J.C, Onyango.; E, Beck. 2004. Sorghum and salinity. II. Gas exchange and chlorophyll fluorescence of sorghum under salt stress. *Crop Science*. 44: 806-811

Parida, A.K.; A.B, Das. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 60: 324–349

Pessaraki, M. 1999. Response of green beans (*Phaseolus vulgaris* L.) to salt stress. *In: 'Handbook of plant and crop stress'* Pessaraki M (Ed.) Marcel Dekker, Inc. USA. pp. 827-842.

Romero-Aranda, R.; T, Soria.; J, Cuartero. 2001. Tomato plant-water uptake and plant-water relationships under saline growth conditions. *Plant Science*.160: 265-272.

Samperio, R.G. 1997. *Hidroponía Básica*. Editorial Diana. 176 p.

StatSoft, Inc. 2011. *Statistica*. System reference. StatSoft, Inc., Tulsa, Oklahoma, USA. 1098 p.

Távora, F.J.A.F.; R.G, Ferreira.; F.F.F, Hernández. 2001. Crescimento y relações hídricas em plantas de goiabeira submetidas a estresse salino com NaCl. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 23: 441-446.

Tester, M.; R, Davenport. 2003. Na⁺ Tolerance and Na⁺ transport in higher plants. *Annals of Botany*. 91: 503-527.

Westgate, M.E.; J.S, Boyer. 1985. Osmotic adjustment and the inhibition of leaf, root, stem and silk growth at lower potentials in maize. *Planta*.164: 540-549.