

## Uso de humatos de vermicompost para disminuir el efecto de la salinidad en el crecimiento y desarrollo de albahaca (*Ocimum basilicum* L.)\*

### Use of humates of vermicompost to reduce the effect of salinity on growth and development of basil (*Ocimum basilicum* L.)

Juan José Reyes-Pérez<sup>1,2</sup>, Bernardo Murillo-Amador<sup>3§</sup>, Alejandra Nieto-Garibay<sup>3</sup>, Enrique Troyo-Diéguez<sup>3</sup>, Edgar Omar Rueda-Puente<sup>4</sup>, Luis Guillermo Hernández-Montiel<sup>3</sup>, Pablo Preciado Rangel<sup>5</sup>, Alfredo Beltrán Morales<sup>6</sup>, Francisco Rodríguez Félix<sup>4</sup> y Ringo John López Bustamante<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Técnica de Cotopaxi. Extensión La Mana, Avenida Los Almendros y Pujili. Edificio Universitario. La Maná, Ecuador. (jjreyesp1981@gmail.com). <sup>2</sup>Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Av. Walter Andrade. Vía a Santo Domingo km 1 ½. Quevedo, Los Ríos, Ecuador. <sup>3</sup>Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. - Instituto Politécnico Nacional, núm. 195, Colonia Playa Palo de Santa Rita Sur, La Paz, Baja California Sur, México. (anieto04@cibnor.mx; etroyo04@cibnor.mx; lhernandez@cibnor.mx). <sup>4</sup>Universidad de Sonora. Carretera Bahía de Kino, km. 21. A. P. 305. Hermosillo, Sonora, México. (erueda04@santana.uson.mx; frodriguez@guayacan.uson.mx). <sup>5</sup>Instituto Tecnológico de Torreón. División de Estudios de Posgrado e Investigación. Carretera Torreón-San Pedro km 7.5. Torreón, Coahuila, México. (ppreciado@yahoo.com.mx). <sup>6</sup>Universidad Autónoma de Baja California Sur. Carretera al Sur km 5.5., A. P. 19-, B, C.P. 23080, La Paz Baja California Sur, México. (abeltran@uabcs.mx). <sup>§</sup>Autor de correspondencia: bmurillo04@cibnor.mx.

## Resumen

Los bioestimulantes del crecimiento vegetal son sustancias naturales para el tratamiento de los cultivos como activadores de las funciones fisiológicas, por lo que su aplicación permite un mejor aprovechamiento de los nutrientes y representan una opción adecuada para enfrentar problemas de estrés abiótico por salinidad. El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto del humatos de vermicompost como atenuante de la salinidad en el crecimiento y desarrollo de plantas de dos variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L.), una tolerante y una sensible a la salinidad, las cuales se sometieron a tres concentraciones de NaCl (0, 50 y 100 mM) y a la aplicación de humatos de vermicompost con dos diluciones (0 y 1/60 v/v) en un diseño completamente al azar con seis repeticiones. El trabajo se desarrolló en una casa malla sombra y se midió longitud de tallo y raíz, biomasa fresca y seca de raíz, tallo, hoja y el área foliar. Los resultados mostraron que la variedad Napoletano en 0 mM de NaCl y la disolución de 1/60 (v/v) de humatos de vermicompost fue la de mejor respuesta en todas las variables medidas, mientras que los valores inferiores los presentó la variedad

## Abstract

Plant growth bio-stimulants are natural substances to treat crops as activators of physiological functions, so its application allows a better use of nutrients and represent an appropriate option to address problems of abiotic stress by salinity. The aim of this study was to determine the effect of humates of vermicompost as attenuating of salinity in growth and development of two varieties of basil (*Ocimum basilicum* L.), one tolerant and one sensitive to salinity, which underwent three NaCl concentrations (0, 50 and 100 mM) and the application of humates of vermicompost with two dilutions (0 and 1/60 v/v) in a completely randomized design with six replications. The work was developed in a greenhouse and stem and root length, fresh and dry biomass of root, stem, leaf and leaf area were measured. The results showed that Napoletano variety in 0 mM NaCl and the dissolution of 1/60 (v/v) humates of vermicompost was the best response in all variables measured, while lower values were for Sweet Genovese in 100 mM NaCl. The differential response

\* Recibido: junio de 2016  
Aceptado: agosto de 2016

Sweet Genovese en 100 mM de NaCl. Se discute la respuesta diferencial entre las variedades al someterlas a diferentes niveles de NaCl y la aplicación de humatos de vermicompost.

**Palabras clave:** bioestimulantes, estrés, hierbas aromáticas, NaCl, variables morfométricas.

## Introducción

Estudios recientes sobre los efectos de la salinidad en los cultivos agrícolas, muestran la importancia de este problema en la agricultura mundial. Por lo anterior, se han buscado alternativas para mitigar el efecto de la salinidad y una de estas es el empleo de bioestimulantes de origen natural, los cuales han ido en ascenso en la medida que estos demuestran que son capaces de minimizar los estreses abióticos (Munns, 2002; Chinnusamy y Zhu, 2003; Terry y Leyva, 2006).

El interés creciente de los consumidores por productos de origen natural, estimulan el mercado de las plantas aromáticas, convirtiéndose estas en una opción viable para el sector agrícola, por la posibilidad de exportación en fresco o procesadas en extractos, esencias y aceites utilizados en industrias culinarias, cosméticas y farmacéuticas (Biasutti y Galiñares, 2005; Terry y Leyva, 2006; Méndez, 2008). La albahaca (*Ocimum basilicum* L.) es una especie aromática importante por su uso en la industria alimenticia como saborizante y para condimento; en farmacia como estimulante, antiespasmódico, antialopécico y en la industria de perfumería para aromatizar cosméticos y perfumería fina (Cussaianoviich, 2001; Klimánková *et al.*, 2008; Calderín *et al.*, 2012). No existen reportes de los efectos de los bioestimulantes como atenuante de la salinidad en el crecimiento y desarrollo de albahaca, por lo que el objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de un bioestimulante natural (humato de vermicompost) como atenuante del estrés salino en el crecimiento y desarrollo de plantas de dos variedades de albahaca, una tolerante y una sensible a la salinidad, con el fin de dilucidar la posible respuesta diferencial de ambas variedades a la aplicación del humatos.

## Materiales y métodos

Sitio de estudio. El experimento se realizó en una estructura tipo invernadero cubierta con una malla de plástico color negro con sombra de 40%, en el Centro de Investigaciones

between varieties when subjected to different levels of NaCl and application of humates of vermicompost is discussed.

**Keywords:** bioestimulantes, herbs, morphometric variables, NaCl, stress.

## Introduction

Recent studies on the effects of salinity on agricultural crops, show the importance of this problem in world agriculture. Therefore, alternatives have been sought to mitigate the effect of salinity and one of these is the use of bio-stimulants of natural origin, which have been rising to the extent that they demonstrate that they are able to minimize abiotic stresses (Munns 2002; Chinnusamy and Zhu, 2003; Terry and Leyva, 2006).

The growing interest of consumers for natural products stimulate the market of aromatic plants, making this a viable option for the agricultural sector, the possibility of exporting fresh or processed extracts, essences and oils used in culinary industries, cosmetic and pharmaceutical (Biasutti and Galiñares, 2005; Terry and Leyva 2006; Méndez, 2008). Basil (*Ocimum basilicum* L.) is an important aromatic species for its use in the food industry as a flavoring and seasoning; in pharmacy as a stimulant, antispasmodic and perfume industry for flavoring cosmetics and fine perfumery (Cussaianoviich, 2001; Klimánková *et al.*, 2008; Calderín *et al.*, 2012.). There are no reports of the effects of bio-stimulants as mitigating salinity in growth and development of basil, so the objective of this study was to determine the effect of a natural bio-stimulant (humate of vermicompost) as attenuating of salinity stress on growth and development of two Basil varieties, one tolerant and one sensitive to salinity, in order to elucidate the possible differential response of both varieties to the application of humates.

## Materials and methods

Study site. The experiment was conducted in a greenhouse-like structure covered with a black plastic mesh with shadow of 40% in the Center for Biological Research of the Northwest, S.C. (CIBNOR®), located north to the city

Biológicas del Noroeste, S. C. (CIBNOR®), localizado al norte de la ciudad de La Paz, Baja California Sur, México y ubicado en las coordenadas geográficas 24° 08' 10.03" latitud norte y 110° 25' 35.31" longitud oeste a 7 msnm.

Material genético. Se utilizaron semillas de las variedades Napoletano y Sweet Genovese seleccionadas como tolerante y sensible a la salinidad en experimentos previos realizados en las etapas de germinación, emergencia y desarrollo vegetativo inicial según ISTA (1999).

Diseño experimental y tratamientos. El experimento se realizó mediante un diseño completamente al azar con arreglo trifactorial de 2 x 3 x 2, donde el factor A fueron dos variedades de albahaca, una tolerante y una sensible a la salinidad (Napoletano y Sweet Genovese, respectivamente), el factor B fueron tres concentraciones de NaCl (0, 50 y 100 mM) y el factor C fueron dos concentraciones de humatos de vermicompost (0 y 1/60), con seis repeticiones. Las semillas de ambas variedades se desinfectaron mediante inmersión por 5 min en una solución de hipoclorito de calcio, conteniendo 5% de cloro activo. Las semillas se lavaron con agua destilada y se embebieron en agua destilada (control) o en la dilución de humatos de vermicompost (1/60 v/v) durante 24 h. Se realizaron análisis de varianza y comparaciones múltiples de medias (Tukey,  $p=0.05$ ). Los análisis se realizaron con el programa estadístico Statistica® (StatSoft Inc2011) para Windows.

Composición del humatos. El humatos es considerado un bioestimulador vegetal y portador de nutrientes (Ca, Mg, Na, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K, N), aminoácidos libres, polisacáridos, carbohidratos, elementos inorgánicos, sustancias humificadas, microorganismos benéficos, hormonas vegetales y humus solubles, cuya composición por fracciones químicas corresponden a un pH de 8.7, 53.4% de C, 4.85% de H, 35.6% de O, 3.05% de N, 0.72% de S, una relación H/C de 0.08, una relación O/C de 0.62, una relación C/N de 18.4, 4.82 de ácidos húmicos y 7.17 de ácidos fúlvicos en una relación E<sub>4</sub>/E<sub>6</sub> de su coeficiente óptico.

Manejo del experimento. Las semillas se sembraron en charolas o bandejas de poliestireno de 200 cavidades, las cuales contenían sogemix PM<sup>MR</sup> 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

of La Paz, Baja California Sur, Mexico and located at the geographic coordinates 24° 08' 10.03 "north latitude and 110° 25' 35.31" west longitude at 7 masl.

Genetic material. Napoletano and Sweet Genovese seed varieties, selected as tolerant and sensitive to salinity in previous experiments performed in germination, emergence and early vegetative stages development according to ISTA (1999) were used.

Experimental design and treatments. The experiment was conducted using a completely randomized design with a tri-factorial arrangement 2 x 3 x 2, where the factor A were two varieties of basil, a tolerant and sensitive to salinity (Napoletano and Sweet Genovese, respectively), factor B were three concentrations of NaCl (0, 50 and 100 mM) and factor C were two humate vermicompost concentrations (0 and 1/60), with six replications. The seeds of both varieties were disinfected by dipping for 5 min in a solution of calcium hypochlorite, containing 5% active chlorine. The seeds were washed with distilled water and embedded in distilled water (control) or in humates of vermicompost dilutions (1/60 v/v) for 24 hr. analysis of variance and multiple comparisons of means (Tukey,  $p=0.05$ ) were performed. Analyses were performed using the statistical program Statistica® (StatSoft Inc2011) for Windows.

Humate composition. Humates are considered plant bio-stimulator and nutrients carrier (Ca, Mg, Na, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K, N), free amino acids, polysaccharides, carbohydrates, inorganic elements, humified substances, beneficial microorganisms, plant hormones and soluble humus, whose composition by chemical fractions correspond to a pH of 8.7, 53.4% C, 4.85% H, 35.6% O, 3.05% N, 0.72% S, a H/C ratio of 0.08, a ratio O/C of 0.62, a C/N ratio of 18.4, 4.82 humic acids and 7.17 fulvic acids in E<sub>4</sub>/E<sub>6</sub> ratio of its optical coefficient.

Experimental management. The seeds were sown in trays or 200 cavities polystyrene trays, which contained sogemix PM<sup>MR</sup> as substrate. To maintain moisture, daily irrigations were applied in order to achieve a homogeneous seedling emergence. The transplant was performed when plants had an average height of 15 cm in pots of about 1 kg, same containing as commercial substrate sogemix PM<sup>MR</sup>. In each pot one plant was placed in order to ensure successful transplantation. Once transplanted, it began with the daily application of irrigation, using potable water,

PM<sup>®</sup>. 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 de 0, 50 y 100 mM de NaCl y la aplicación foliar de la dilución correspondiente de humatos de vermicompost (1/60 v/v), utilizando agua destilada como control.

Cada repetición estuvo representada por una maceta conteniendo una planta cada una, con 36 macetas por variedad para un total de 72 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 morfométricas. A los 45 días posteriores a la aplicación de los tratamientos salinos, las plantas se trasladaron al laboratorio donde se procedió a separar raíz, tallo y hojas y se midieron las variables, longitud de tallo (cm), longitud de raíz (cm), biomasa fresca y seca (g) de raíz, tallo, hoja y área foliar (cm<sup>2</sup>), ésta última se determinó mediante integrador de área foliar (Li-Cor<sup>®</sup>, modelo-LI-3000A, serie PAM 1701). Para determinar peso fresco y seco de biomasa, se utilizó una balanza analítica (Mettler<sup>®</sup> 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<sup>®</sup>, modelo FX-5, serie-1000203) a una temperatura de 80 °C hasta obtener su deshidratación completa (aproximadamente 72 h). Posteriormente se pesaron en balanza analítica (Mettler<sup>®</sup> Toledo, AG204) expresando el peso en gramos de materia vegetal seca.

## Resultados y discusión

Variables morfométricas. Para la longitud de tallo (LT) se encontraron diferencias significativas entre variedades ( $F_{1,36} = 1102.61$ ;  $p \leq 0.000001$ ), NaCl ( $F_{2,36} = 859.49$ ;  $p \leq$

which contained a nutrient solution prepared according to Samperio (1997). After a week of transplantation, began with the application of saline treatments of 0, 50 and 100 mM NaCl and foliar application of the corresponding dilution of humates vermicompost (1/60 v/v), using distilled water as control.

Each replication was represented by a pot containing a plant each, with 36 pots per variety for a total of 72 pots. During the second week began with gradual application of saline treatment, in order to avoid an osmotic shock in seedlings, according to the methodology proposed by Murillo-Amador *et al.*, (2007). The amount applied in each irrigation was 500 mL, achieving that solution applied drained through the pot holes in order to prevent accumulation of salts in the substrate. The pH of the solution with saline treatments and nutrients was adjusted to 6.5 by adding KOH.

Morphometric variables. At 45 days after the application of saline treatment, plants were transferred to the laboratory proceeding to separate root, stem and leaves and measured, stem length (cm), root length (cm), fresh and dry (g) biomass of root, stem, leaf and leaf area (cm<sup>2</sup>), the latter was determined by a leaf area integrator (Li-Cor<sup>®</sup>, model-LI-3000A, PAM 1701 series). An analytical balance (Mettler Toledo, model AG204) was used to determine fresh and dry weight of biomass. For dry biomass at all stages, corresponding to leaves, stems or roots were placed in paper bags and then in a drying oven (Shel-Lab<sup>®</sup>, model FX-5, series-1000203) at a temperature of 80 °C until complete dehydration (about 72 h). Then weighed on analytical balance (Mettler Toledo AG204) expressing the weight in grams of dry vegetable matter.

## Results and discussion

Morphometric variables. For stem length (LT) significant differences between varieties were found ( $F_{1,36} = 1102.61$ ;  $p \leq 0.000001$ ), NaCl ( $F_{2,36} = 859.49$ ;  $p \leq 0.000001$ ), humates ( $F_{1,36} = 844.90$ ;  $p \leq 0.000001$ ) and the interaction of NaCl  $\times$  humates ( $F_{2,36} = 4.69$ ;  $p \leq 0.001$ ). For interactions varieties  $\times$  NaCl, varieties  $\times$  humates and varieties  $\times$  NaCl  $\times$  humates, showed no significant differences. When analyzing interactions, it was observed that in all three napoletano variety in the three NaCl concentrations,

0.000001), humatos ( $F_{1,36} = 844.90$ ;  $p \leq 0.000001$ ) y la interacción de NaCl  $\times$  humatos ( $F_{2,36} = 4.69$ ;  $p \leq 0.001$ ). Para las interacciones variedades  $\times$  NaCl, variedades  $\times$  humatos y variedades  $\times$  NaCl  $\times$  humatos, no se presentaron diferencias significativas. Al analizar las interacciones, se observó que la variedad napoletano en las tres concentraciones de NaCl, mostró la mayor longitud de tallo, la cual disminuyó en ambas variedades conforme se incrementaron los niveles de salinidad (Cuadro 1). En ambas variedades, la longitud de tallo se incrementó cuando se aplicó el humato, siendo ligeramente superior en napoletano tanto en el tratamiento control como en la dilución de 1/60 (Cuadro 2). A pesar que la interacción variedades  $\times$  NaCl  $\times$  humatos no mostró diferencias significativas, Napoletano mostró la mayor LT en 0 mM NaCl y la dilución de 1/60 de humatos, además, en ambas variedades, la LT se incrementó respecto al control en la dilución de 1/60 de humatos en todas las concentraciones de NaCl. La LT menor se presentó en la variedad Sweet Genovese en 100 mM NaCl y 0 de humatos (Cuadro 3).

showed the highest stem length, which decreased in both varieties as salinity levels increased (Table 1). In both varieties, stem length increased when humate was applied, being slightly higher in napoletano both control treatment and dilution 1/60 (Table 2). Although the interaction varieties  $\times$  NaCl  $\times$  humates showed no significant differences, Napoletano showed the highest LT in 0 mM NaCl and humate dilution of 1/60, also in both varieties, LT increased compared to control in humate dilution 1/60 at all NaCl concentrations. The lowest LT was for the variety Sweet Genovese in 100 mM NaCl and 0 humate (Table 3).

Humate concentration increased plant height (Table 2) and these dilutions counteracted saline stress, ever since dilution 1/60 (v/v) mitigated the negative effect of salinity. This coincides with Fernandez-Luqueño *et al.*, (2010) who found that bean plants treated with vermicompost, showed higher growth to one third compared to controls in plant height. A similar responses

**Cuadro 1. Efecto de la interacción variedades  $\times$  NaCl en el promedio de variables morfométricas de plantas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino.**

**Table 1. Effect of interaction varieties  $\times$  NaCl in average of morphometric variables of two basil varieties subjected to saline stress.**

Variedades	LR (cm)			BFR (g)			BSR (g)		
	0	50	100	0	50	100	0	50	100
Napoletano	13a	9.62a	7.43a	9.28a	6.86a	5.34a	1.36a	0.93a	0.69a
Sweet Genovese	9.18b	7b	5b	7.55b	5.37a	3.29b	0.95b	0.62b	0.37b
	LT (cm)			BFT (mg)			BST (mg)		
	0	50	100	0	50	100	0	50	100
Napoletano	71.12a	60.12a	50a	35.69a	29.26a	24.73a	3.81a	2.90a	2.17a
Sweet Genovese	57.37b	46.18b	35.56b	27.16b	19.26b	14.26b	2.27b	1.43b	1.06b
	BFH (g)			BSH (g)			AF (cm <sup>2</sup> )		
	0	50	100	0	50	100	0	50	100
Napoletano	35.33a	29.34a	25.28a	3.69a	3.07a	2.31a	1689.91a	1420.68a	1224.92a
Sweet Genovese	27.97b	19.72b	14.53b	2.67b	1.72b	1.28b	1310.46b	1025.52b	750.63b

LR= largo de raíz; BFR= biomasa fresca de raíz; BSR= biomasa seca de raíz; LT= longitud de tallo; BFT= biomasa fresca de tallo; BST= biomasa seca de tallo; BFH= biomasa fresca de hoja; BSH= biomasa seca de hoja; AF= área foliar. Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey,  $p=0.05$ ).



**Cuadro 2. Efecto de la interacción variedades × humatos de vermicompost en el promedio de variables morfométricas de plantas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino.**

**Table 2. Effect of interaction varieties × humates of vermicompost in average of morphometric variables of two basil varieties subjected to saline stress.**

Variedades	LR (cm)		BFR (g)		BSR (g)	
	0	1/60	0	1/60	0	1/60
Napoletano	8.20a	11.83a	5.67a	8.64a	0.83a	1.16a
Sweet Genovese	6.08b	8.04b	4.50a	6.30b	0.49b	0.81b
	LT (cm)		BFT (mg)		BST (mg)	
	0	1/60	0	1/60	0	1/60
Napoletano	53.95a	66.87a	27.45a	32.26a	2.54a	3.38a
Sweet Genovese	40.54b	52.20b	17.22b	23.24b	1.24b	1.94b
	BFH (g)		BSH (g)		AF (cm <sup>2</sup> )	
	0	1/60	0	1/60	0	1/60
Napoletano	27.59a	32.37a	2.68a	3.36a	1353.13a	1537.2a
Sweet Genovese	18.12b	23.37b	1.55b	2.23b	888.28b	1169.46b

LR= largo de raíz; BFR= biomasa fresca de raíz; BSR= biomasa seca de raíz; LT= longitud de tallo; BFT= biomasa fresca de tallo; BST= biomasa seca de tallo; BFH= biomasa fresca de hoja; BSH= biomasa seca de hoja; AF= área foliar. Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey,  $p=0.05$ ).

**Cuadro 3. Efecto de la interacción variedades × NaCl × humatos de vermicompost en el promedio de variables morfométricas de plantas de dos variedades de albahaca sometidas a estrés salino.**

**Table 3. Effect of interaction varieties × NaCl × humates of vermicompost in average of morphometric variables of two basil varieties subjected to saline stress.**

Variedades	NaCl (mM)	HV (v/v)	LT (cm)	LR (cm)	BFR (g)	BSR (g)	BFT (g)	BST (g)	BFH (g)	BSH (g)	AF (cm <sup>2</sup> )
Napoletano	0	0	64.75a	10.25b	7.76b	1.2a	33.21a	3.53b	33.87a	3.48b	1607.17a
Napoletano	0	1/60	77.5a	15.75a	10.8a	1.51a	37.92a	4.09a	36.8a	3.89a	1772.64a
Napoletano	50	0	53.87a	8c	5.51d	0.73a	26.9a	2.31d	26.37a	2.78d	1309.22a
Napoletano	50	1/60	66.37a	11.25b	8.21b	1.14a	31.63a	3.48b	32.31a	3.36b	1532.13a
Napoletano	100	0	43.25a	6.37d	3.75e	0.55a	22.25a	1.78e	22.55a	1.78g	1143a
Napoletano	100	1/60	56.75a	8.50c	6.93c	0.84a	27.22a	2.57c	28.01a	2.84cd	1306.83a
Sweet Genovese	0	0	52.75a	8.25c	6.92c	0.83a	24.54a	1.93e	25.8a	2.33e	1210.68a
Sweet Genovese	0	1/60	62a	10.12b	8.17b	1.08a	29.78a	2.62c	30.14a	3.02c	1410.23a
Sweet Genovese	50	0	40.62a	6d	4.1e	0.44a	16.78a	1.06g	16.9a	1.38h	842.73a
Sweet Genovese	50	1/60	51.75a	8c	6.64c	0.81a	21.74a	1.8e	22.55a	2.05f	1208.29a
Sweet Genovese	100	0	28.25a	4e	2.49f	0.21a	10.34a	0.74h	11.65a	0.96i	611.42a
Sweet Genovese	100	1/60	42.87a	6d	4.09e	0.54a	18.19a	1.39f	17.42a	1.61gh	889.83a

LT= longitud de tallo; LR= largo de raíz; BFR= biomasa fresca de raíz; BSR= biomasa seca de raíz; LT= longitud de tallo; BFT= biomasa fresca de tallo; BST= biomasa seca de tallo; BFH= biomasa fresca de hoja; BSH= biomasa seca de hoja; AF= área foliar. Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (Tukey,  $p=0.05$ ).

La concentración de humatos incrementó la altura de la planta (Cuadro 2) y estas diluciones contrarrestaron el estrés salino, toda vez que la dilución de 1/60 (v/v) mitigó el efecto negativo de la salinidad. Lo anterior coincide con Fernández-Luqueño *et al.* (2010) quienes encontraron que las plantas de frijol tratadas con vermicompost, manifestaron un crecimiento superior a un tercio en comparación con los testigos en altura de la planta. Respuestas similares encontraron Channabasanagowda *et al.* (2008) en plantas de trigo con aplicación de vermicompost, observando un incremento significativo en la altura. Buniselli *et al.* (1990) trabajando con maíz, encontraron un aumento de peso, altura de planta, longitud de mazorca y rendimiento de grano cuando aplicaron ácidos húmicos. Palada *et al.* (1999) evaluaron plantas de albahaca tanto en suelo como en macetas con diversos sustratos, encontrando que se desarrolla mejor en condiciones de maceta que en condiciones de suelo y que el mejor sustrato fue el sustrato orgánico (mezcla de estiércol y paja de trigo); resultados similares fueron detectados por Yao Lei *et al.* (2000) Nardi *et al.* (2002b); y Miceli *et al.* (2003).

Longitud de radícula (LR) mostró diferencias significativas entre variedades ( $F_{1,36} = 426.0$ ;  $p \leq 0.0001$ ), NaCl, ( $F_{2,36} = 388.16$ ;  $p \leq 0.0001$ ), humatos ( $F_{1,36} = 379.35$ ;  $p \leq 0.0001$ ), las interacciones variedades  $\times$  NaCl ( $F_{2,36} = 9.02$ ;  $p \leq 0.0001$ ), variedades  $\times$  humatos ( $F_{1,36} = 33.80$ ;  $p \leq 0.0001$ ), NaCl  $\times$  humatos ( $F_{2,36} = 11.05$ ;  $p \leq 0.0001$ ) y variedades  $\times$  NaCl  $\times$  humatos ( $F = 12.95$ ;  $p \leq 0.001$ ). El análisis de las principales interacciones reveló que la variedad Napoletano mostró la mayor LR en todas las concentraciones de NaCl, disminuyendo linealmente en ambas variedades conforme los niveles de NaCl se incrementaron (Cuadro 1). Napoletano mostró mayor LR tanto en el control como en la dilución de 1/60 de humatos y en ambas variedades se incrementó con la aplicación del humatos (Cuadro 2).

La interacción variedades  $\times$  NaCl  $\times$  humatos mostró a Napoletano con la mayor LR en 0 mM de NaCl y la dilución de 1/60 de humatos; asimismo, en ambas variedades, la LR se incrementó con respecto al control en la dilución de 1/60 de humatos en todas las concentraciones de NaCl. La menor LR fue para Sweet Genovese en 100 mM NaCl y 0 de humatos (Cuadro 3). Los resultados indican un aumento en la LR a partir de la aplicación de humatos. Si bien el desarrollo radicular se ve severamente afectado por el estrés salino, los ácidos húmicos provenientes del humatos de vermicompost influyeron positivamente en el crecimiento. Lo anterior se debe a que los ácidos húmicos promueven incrementos en la permeabilidad de la membrana celular

found Channabasanagowda *et al.* (2008) on wheat plants with application of vermicompost, noting a significant increase in height. Buniselli *et al.* (1990) working with corn, found an increase in weight, plant height, ear length and grain yield when applied humic acids. Shovelful *et al.* (1999) evaluated basil plants both in ground and in pots with various substrates, finding that it develops better under pot conditions than in ground conditions and the best substrate was the organic substrate (mixture of manure and wheat straw); similar results were detected by Yao Lei *et al.* (2000) Nardi *et al.* (2002b); and Miceli *et al.* (2003).

Radicle length (LR) showed significant differences between varieties ( $F_{1,36} = 426.0$ ;  $p \leq 0.0001$ ), NaCl ( $F_{2,36} = 388.16$ ;  $p \leq 0.0001$ ), humates ( $F_{1,36} = 379.35$ ;  $p \leq 0.0001$ ) interactions varieties  $\times$  NaCl ( $F_{2,36} = 9.02$ ;  $p \leq 0.0001$ ), and varieties  $\times$  humates ( $F_{1,36} = 33.80$ ;  $p \leq 0.0001$ ), NaCl  $\times$  humates ( $F_{2,36} = 11.05$ ;  $p \leq 0.0001$ ) and varieties  $\times$  NaCl  $\times$  humates ( $F = 12.95$ ;  $p \leq 0.001$ ). The analysis of the main interactions revealed that Napoletano variety showed the highest LR in all NaCl concentrations, decreasing linearly in both varieties as NaCl levels increased (Table 1). Napoletano showed greater LR both control and humate dilution of 1/60 and in both varieties increased with the application of humates (Table 2).

The interaction varieties  $\times$  NaCl  $\times$  humates showed Napoletano with the highest LR in 0 mM NaCl and humate dilution 1/60; also, in both varieties, LR increased over control in humate dilution 1/60 dilution at all NaCl concentrations. The lowest LR was for Sweet Genovese in 100 mM NaCl and 0 humate (Table 3). The results indicate an increase in LR from the application of humates. While root development is severely affected by salt stress, humic acids from humates of vermicompost positively influenced growth. This is because humic acids promote increases in permeability of cell membrane in basil, so despite hypertensive saline conditions, favored seed imbibition, to solubilize starch, thus favoring carbohydrate availability for root growth. Other effect is due to a function as a regulator or growth promoter, inducing growth, as noted by Nardi *et al.*, (2002a).

The results of this study are consistent with those of Barros *et al.*, (2010) who noted that humic substances as abscisic acid and indole-acetic acid contained in vermicompost, promote plant growth. Meanwhile, Ermakov *et al.* (2000)

en albahaca, de tal forma que a pesar de las condiciones hipertensas del medio salino, favoreció la imbibición de la semilla, para solubilizar los almidones y así favorecer la disponibilidad de carbohidratos para el crecimiento de la raíz. Otro efecto se debe a una función como regulador o promotor del crecimiento, induciendo el crecimiento, tal y como lo señalan Nardi *et al.* (2002a).

Los resultados de este estudio coinciden con los de Barros *et al.* (2010) quienes señalaron que las sustancias húmicas como el ácido abscísico y el ácido indolacético que contiene el vermicompost, promueven el crecimiento de las plantas. Por su parte, Ermakov *et al.* (2000) encontraron que el ácido húmico adsorbido a las células de la planta a nivel superficial, aumentan su permeabilidad, lo que favorece la absorción de nutrimentos por las plantas. El efecto inicial negativo observado en el crecimiento de las plántulas en ambientes salinos, se contrarrestó por acción de las sustancias húmicas aplicadas, induciendo un súbito crecimiento posterior (Yldrm *et al.* (2003).

La biomasa fresca de raíz (BFR) mostró diferencias significativas entre variedades ( $F_{1,36} = 373.65$ ;  $p \leq 0.0001$ ), NaCl, ( $F_{2,36} = 682.28$ ;  $p \leq 0.0001$ ), humatos ( $F_{1,36} = 689.89$ ;  $p \leq 0.0001$ ), la interacción variedades  $\times$  humatos ( $F_{1,36} = 42.07$ ;  $p \leq 0.0001$ ) y variedades  $\times$  NaCl  $\times$  humatos ( $F_{2,36} = 7.93$ ;  $p \leq 0.001$ ). Para las interacciones variedades  $\times$  NaCl y NaCl  $\times$  humatos no se presentaron diferencias significativas. El análisis de las interacciones significativas de los factores, mostró a napoletano con la BFR mayor en todas las concentraciones de NaCl, la cual disminuyó en ambas variedades conforme se incrementaron los niveles de salinidad (Cuadro 1). La variedad napoletano también mostró mayor BFR tanto en el control como en la dilución 1/60 de humatos, observándose que ambas variedades incrementaron la BFR en la dilución 1/60 de humatos (Cuadro 2).

A pesar que la interacción variedades  $\times$  NaCl  $\times$  humatos no mostró diferencias significativas, Napoletano mostró la mayor BFR en 0 mM NaCl y la dilución de 1/60 de humatos; además, en ambas variedades, la BFR se incrementó con respecto al control en la dilución de 1/60 de humatos en todas las concentraciones de NaCl. La menor BFR fue para Sweet Genovese en 100 mM NaCl y 0 de humatos (Cuadro 3). Por su parte la biomasa seca de raíz (BSR) mostró diferencias significativas entre variedades ( $F_{1,36} = 408.64$ ;  $p \leq 0.0001$ ), NaCl, ( $F_{2,36} = 449.59$ ;  $p \leq 0.0001$ ), humatos ( $F_{1,36} = 373.83$ ;

found that the humic acid adsorbed to cells of the plant at surface level, increases its permeability, which promotes nutrient absorption by plants. The initial negative effect observed in seedling growth in saline environments, is counteracted by the action of humic substances applied, inducing a sudden growth later (Yldrm *et al.*, (2003).

Fresh root biomass (BFR) showed significant differences between varieties ( $F_{1,36} = 373.65$ ;  $p \leq 0.0001$ ), NaCl ( $F_{2,36} = 682.28$ ;  $p \leq 0.0001$ ), humates ( $F_{1,36} = 689.89$ ;  $p \leq 0.0001$ ), the interaction varieties  $\times$  humates ( $F_{1,36} = 42.07$ ;  $p \leq 0.0001$ ) and varieties  $\times$  NaCl  $\times$  humates ( $F_{2,36} = 7.93$ ;  $p \leq 0.001$ ). For interactions varieties  $\times$  NaCl and NaCl  $\times$  humates showed no significant differences. The analysis of significant interactions of factors, showed napoletano with the highest BFR at all NaCl concentrations, which decreased in both varieties as salinity levels increased (Table 1). The Neapolitano variety also showed greater BFR both in control and humate dilution 1/60, noting that both varieties increased BFR in humate dilution 1/60 (Table 2).

Although the interaction varieties  $\times$  NaCl  $\times$  humates showed no significant differences, Napoletano showed the highest BFR in 0 mM NaCl and humate dilution 1/60; moreover, in both varieties, BFR increased over the control in humate dilution 1/60 at all NaCl concentrations. The lowest BFR was for Sweet Genovese in 100 mM NaCl and 0 humate (Table 3). Meanwhile root dry biomass (BSR) showed significant differences between varieties ( $F_{1,36} = 408.64$ ;  $p \leq 0.0001$ ), NaCl ( $F_{2,36} = 449.59$ ;  $p \leq 0.0001$ ), humates ( $F_{1,36} = 373.83$ ;  $p \leq 0.0001$ ) and interaction NaCl  $\times$  humates ( $F_{1,36} = 3.75$ ;  $p \leq 0.0001$ ). For interactions varieties  $\times$  NaCl, varieties  $\times$  humates and triple interaction varieties  $\times$  NaCl  $\times$  humates, showed no significant differences. Table 1 shows that Napoletano variety had higher BSR values, which decreased in both varieties as salinity levels increased. Also Napoletano showed the highest BSR both in control and humate dilution 1/60 and in both varieties BSR increased with humate application (Table 2).

Although the interaction varieties  $\times$  NaCl  $\times$  humates showed no significant differences, Napoletano showed greater BSR at 0 mM NaCl and humate dilution 1/60; also, in both varieties BSR increased over the control



$p \leq 0.0001$ ) y la interacción NaCl  $\times$  humatos ( $F_{1,36} = 3.75$ ;  $p \leq 0.0001$ ). Para las interacciones variedades  $\times$  NaCl, variedades  $\times$  humatos y la triple interacción variedades  $\times$  NaCl  $\times$  humatos, no se presentaron diferencias significativas. El Cuadro 1 muestra que la variedad Napoletano presentó valores mayores de BSR, la cual disminuyó en ambas variedades conforme se incrementaron los niveles de salinidad. Asimismo, Napoletano mostró la mayor BSR tanto en el control como en la dilución de 1/60 de humatos y en ambas variedades, la BSR se incrementó con la aplicación de humatos (Cuadro 2).

A pesar que la interacción variedades  $\times$  NaCl  $\times$  humatos no mostró diferencias significativas, Napoletano mostró mayor BSR en 0 mM NaCl y en la dilución de 1/60 de humatos; también, en ambas variedades, la BSR se incrementó con respecto al control en la dilución de 1/60 de humatos en todas las concentraciones de NaCl. La menor BSR fue para Sweet Genovese en 100 mM NaCl y 0 de humatos (Cuadro 3). La biomasa fresca y seca de la raíz se manifiesta por un incremento de biomasa con la aplicación de humatos de vermicompost y presenta una disminución lineal en función del incremento de los niveles de NaCl. Estos resultados coinciden con lo señalado por Fernández-Luqueño *et al.* (2010) quienes condujeron un experimento en plantas de frijol para determinar si las sustancias húmicas incrementan la biomasa, encontrando un aumento doble de biomasa fresca y seca en las raíces, comparada con el tratamiento control.

Por otra parte, Chen y Aviad (1990) consideran que las sustancias húmicas, mejoran la formación e incremento de raíces, así como la biomasa seca. La biomasa fresca de tallo (BFT) mostró diferencias significativas entre variedades ( $F_{1,36} = 1341.42$ ;  $p \leq 0.0001$ ), NaCl ( $F_{2,36} = 687.63$ ;  $p \leq 0.0001$ ), humatos ( $F_{1,36} = 424.0$ ;  $p \leq 0.0001$ ), las interacciones variedades  $\times$  NaCl ( $F_{2,36} = 5.66$ ;  $p \leq 0.0001$ ), variedades  $\times$  humatos ( $F_{1,36} = 5.30$ ;  $p \leq 0.0001$ ), NaCl  $\times$  humatos ( $F_{2,36} = 3.63$ ;  $p \leq 0.0001$ ). Para la triple interacción variedades  $\times$  NaCl  $\times$  humatos no se presentaron diferencias significativas. El Cuadro 1 muestra que la variedad Napoletano presentó la mayor BFT en las tres concentraciones de NaCl. La BFT disminuyó en ambas variedades conforme se incrementaron los niveles de salinidad (Cuadro 1).

Napoletano también mostró mayor BFT tanto en el control como en la dilución de 1/60 de humatos, observándose que en ambas variedades, esta variable incrementó al adicionar el humatos (Cuadro 2). A pesar que la interacción variedades  $\times$  NaCl  $\times$  humatos no mostró diferencias significativas, Napoletano

in humate dilution 1/60 at all NaCl concentrations. The lowest BSR was for Sweet Genovese in 100 mM NaCl and 0 humate (Table 3). Fresh and dry root biomass is manifested by an increase of biomass with the application of humates vermicompost and exhibits a linear decrease in function of increasing levels of NaCl. These results coincide with those from Fernández-Luqueño *et al.* (2010) who conducted an experiment on bean plants to determine if humic substances increase biomass, finding a double increase of fresh and dry root biomass, compared to control treatment.

Moreover, Chen and Aviad (1990) consider that humic substances, improve the root formation and growth, thus dry biomass. Fresh stem biomass (BFT) showed significant differences between varieties ( $F_{1,36} = 1341.42$ ;  $p \leq 0.0001$ ), NaCl ( $F_{2,36} = 687.63$ ;  $p \leq 0.0001$ ), humates ( $F_{1,36} = 424.0$ ;  $p \leq 0.0001$ ), interactions varieties  $\times$  NaCl ( $F_{2,36} = 5.66$ ;  $p \leq 0.0001$ ), varieties  $\times$  humates ( $F_{1,36} = 5.30$ ;  $p \leq 0.0001$ ), NaCl  $\times$  humates ( $F_{2,36} = 3.63$ ;  $p \leq 0.0001$ ). For the triple interaction varieties  $\times$  NaCl  $\times$  humates showed no significant differences. Table 1 shows that Napoletano variety had the highest BFT in the three NaCl concentrations. BFT decreased in both varieties as salinity levels increased (Table 1).

Napoletano also showed greater BFT both in control and humate dilution 1/60, noting that this in both varieties this variable increased by adding humates (Table 2). Although the interaction varieties  $\times$  NaCl  $\times$  humates showed no significant differences, Napoletano showed greater BFT in 0 mM NaCl and humate dilution 1/60; moreover, in both varieties, BFT increased over the control in humate dilution 1/60 all NaCl concentrations. The lowest BFT was for Sweet Genovese in 100 mM NaCl and 0 humate (Table 3).

Stem dry biomass (BST) showed significant differences between varieties ( $F_{1,36} = 3214.99$ ;  $p \leq 0.0001$ ), NaCl ( $F_{2,36} = 1181.10$ ;  $p \leq 0.0001$ ), humates ( $F_{1,36} = 1000.26$ ;  $p \leq 0.0001$ ), interactions varieties  $\times$  NaCl ( $F_{2,36} = 29.70$ ;  $p \leq 0.0001$ ), varieties  $\times$  humates ( $F_{1,36} = 9.00$ ;  $p \leq 0.0001$ ), NaCl  $\times$  humates ( $F_{2,36} = 16.71$ ;  $p \leq 0.0001$ ) and varieties  $\times$  NaCl  $\times$  humates ( $F_{2,36} = 11.19$ ;  $p \leq 0.0001$ ). Table 1 shows that Napoletano variety exhibited the highest BST, which decreased in both varieties as salinity levels increased. Napoletano also showed higher BST both in control and

mostró mayor BFT en 0 mM NaCl y la dilución de 1/60 de humatos; además, en ambas variedades, la BFT se incrementó con respecto al control en la dilución de 1/60 de humatos en todas las concentraciones de NaCl. La menor BFT fue para Sweet Genovese en 100 mM NaCl y 0 de humatos (Cuadro 3). La biomasa seca del tallo (BST) mostró diferencias significativas entre variedades ( $F_{1,36} = 3214.99$ ;  $p \leq 0.0001$ ), NaCl ( $F_{2,36} = 1181.10$ ;  $p \leq 0.0001$ ), humatos ( $F_{1,36} = 1000.26$ ;  $p \leq 0.0001$ ), las interacciones variedades  $\times$  NaCl ( $F_{2,36} = 29.70$ ;  $p \leq 0.0001$ ), variedades  $\times$  humatos ( $F_{1,36} = 9.00$ ;  $p \leq 0.0001$ ), NaCl  $\times$  humatos ( $F_{2,36} = 16.71$ ;  $p \leq 0.0001$ ) y variedades  $\times$  NaCl  $\times$  humatos ( $F_{2,36} = 11.19$ ;  $p \leq 0.0001$ ). El Cuadro 1 muestra que la variedad Napoletano exhibió la mayor BST, la cual disminuyó en ambas variedades conforme se incrementaron los niveles de salinidad. Napoletano también mostró mayor BST tanto en el control como en la dilución de 1/60 de humatos de vermicompost, observándose que para ambas variedades, la BST se incrementó al aplicar el humato (Cuadro 2).

La interacción variedades  $\times$  NaCl  $\times$  humatos mostró a napoletano con mayor BST en 0 mM NaCl y la dilución de 1/60 de humatos; asimismo, en ambas variedades, la BST se incrementó con respecto al control en la dilución de 1/60 de humatos en todas las concentraciones de NaCl. La menor BST fue para Sweet Genovese en 100 mM NaCl y 0 de humatos (Cuadro 3). La biomasa fresca de la hoja (BFH) mostró diferencias significativas entre variedades ( $F_{1,36} = 1672.17$ ;  $p \leq 0.0001$ ), NaCl ( $F_{2,36} = 913.80$ ;  $p \leq 0.0001$ ), humatos ( $F_{1,36} = 492.24$ ;  $p \leq 0.0001$ ), las interacciones variedades  $\times$  NaCl ( $F_{2,36} = 19.32$ ;  $p \leq 0.0001$ ) y NaCl  $\times$  humatos ( $F_{2,36} = 9.40$ ;  $p \leq 0.0001$ ). Para las interacciones variedades  $\times$  humatos y variedades  $\times$  NaCl  $\times$  humatos no se presentaron diferencias significativas.

El Cuadro 1 muestra que napoletano presentó la mayor BFH, la cual disminuyó en ambas variedades conforme se incrementaron los niveles de salinidad. Napoletano igualmente mostró mayor BFH tanto en el control como en la dilución de 1/60 de humatos de vermicompost, observándose que en ambas variedades, la BFH se incrementó al aplicar el humato (Cuadro 2). Napoletano mostró la mayor BFH en 0 mM NaCl y la dilución de 1/60 de humatos; además, en ambas variedades, la BFH se incrementó con respecto al control en la dilución de 1/60 de humatos en todas las concentraciones de NaCl. La menor BFH fue para Sweet Genovese en 100 mM NaCl y 0 de humatos (Cuadro 3).

humate of vermicompost dilution 1/60, observing that for both varieties, BST increased when applying humate (Table 2).

The interaction variety  $\times$  NaCl  $\times$  humates showed Napoletano with higher BST in 0 mM NaCl and humate dilution 1/60; also, in both varieties, BST increased regarding control at humate dilution 1/60 at all NaCl concentrations. The lowest BST was for Sweet Genovese in 100 mM NaCl and 0 humate (Table 3). Fresh leaf biomass (BFH) showed significant differences between varieties ( $F_{1,36} = 1672.17$ ;  $p \leq 0.0001$ ), NaCl ( $F_{2,36} = 913.80$ ;  $p \leq 0.0001$ ), humates ( $F_{1,36} = 492.24$ ;  $p \leq 0.0001$ ), interactions varieties  $\times$  NaCl ( $F_{2,36} = 19.32$ ;  $p \leq 0.0001$ ) and NaCl  $\times$  humates ( $F_{2,36} = 9.40$ ;  $p \leq 0.0001$ ). For interaction varieties  $\times$  humates and varieties  $\times$  NaCl  $\times$  humate showed no significant differences.

Table 1 shows that Napoletano had the highest BFH, which decreased in both varieties as salinity levels increased. Napoletano also showed higher BFH both in control and humate dilution 1/60, noting that in both varieties, BFH increased by applying humates (Table 2). Napoletano showed higher BFH in 0 mM NaCl and humate dilution 1/60; moreover, in both varieties, BFH increased with respect to control at humate dilution 1/60 at all NaCl concentrations. The lowest BFH was for Sweet Genovese 100 mM NaCl and 0 humate (Table 3).

Leaf dry biomass (BSH) showed significant differences ( $F_{1,36} = 1765.63$ ;  $p \leq 0.0001$ ), NaCl ( $F_{2,36} = 883.24$ ;  $p \leq 0.0001$ ), humates ( $F_{1,36} = 633.13$ ;  $p \leq 0.0001$ ), interactions varieties  $\times$  NaCl ( $F_{2,36} = 16.93$ ;  $p \leq 0.0001$ ), NaCl  $\times$  humates ( $F_{2,36} = 11.60$ ;  $p \leq 0.0001$ ) and varieties  $\times$  NaCl  $\times$  humates ( $F_{2,36} = 14.58$ ;  $p \leq 0.0001$ ). Interaction varieties  $\times$  humates showed no significant differences. Table 1 shows that Napoletano showed higher BSH, which decreased in both varieties as salinity levels increased. Napoletano showed higher BSH in both the control and humate vermicompost dilution of 1/60; however, it was observed that both varieties BSH increased when humate was applied (Table 2).

Interaction varieties  $\times$  NaCl  $\times$  humates showed Napoletano with the highest BSH in 0 mM NaCl and humate dilution 1/60 and in both varieties, BSH increased with respect to control in humate dilution 1/60 at all NaCl concentrations.

Para biomasa seca de la hoja (BSH) se presentaron diferencias significativas entre variedades ( $F_{1,36}=1765.63$ ;  $p\leq 0.0001$ ), NaCl ( $F_{2,36}=883.24$ ;  $p\leq 0.0001$ ), humatos ( $F_{1,36}=633.13$ ;  $p\leq 0.0001$ ), las interacciones variedades  $\times$  NaCl ( $F_{2,36}=16.93$ ;  $p\leq 0.0001$ ), NaCl  $\times$  humatos ( $F_{2,36}=11.60$ ;  $p\leq 0.0001$ ) y variedades  $\times$  NaCl  $\times$  humatos ( $F_{2,36}=14.58$ ;  $p\leq 0.0001$ ). Para la interacción variedades  $\times$  humatos no se presentaron diferencias significativas. En el Cuadro 1 se observa que Napoletano mostró mayor BSH, misma que disminuyó en ambas variedades conforme se incrementaron los niveles de salinidad. Napoletano mostró mayor BSH tanto en el control como en la dilución de 1/60 de humatos de vermicompost; sin embargo, se observó que ambas variedades incrementaron la BSH cuando se aplicó el humatos (Cuadro 2).

La interacción variedades  $\times$  NaCl  $\times$  humatos mostró a Napoletano con la mayor BSH en 0 mM NaCl y la dilución de 1/60 de humatos y en ambas variedades, la BSH se incrementó con respecto al control en la dilución de 1/60 de humatos en todas las concentraciones de NaCl. La menor BSH fue para Sweet Genovese en 100 mM NaCl y 0 de humatos (Cuadro 3). La respuesta de la biomasa fresca y seca de tallo y hoja al humatos de vermicompost, mostró valores mayores con la aplicación del humato, lo que sugiere que este tiende a mitigar el efecto negativo del estrés salino, que se manifiesta en la producción de biomasa. Degano (1999) probó dos fuentes de sal (NaCl y NaSO<sub>4</sub>) en el crecimiento y peso fresco de tallo de *Tessaria absinthoides*, encontrando que a medida que se incrementó la concentración salina, independientemente de la fuente, la biomasa fresca disminuyó, atribuyendo esta disminución a que la distancia y longitud de los entrenudos tuvieron esta misma respuesta, proporcionándole a la planta una apariencia achaparrada.

Esta respuesta se atribuye al efecto osmótico que se origina en la solución salina, misma que dificulta el régimen hídrico de las plantas y al efecto tóxico de los iones que interfieren en procesos metabólicos como la síntesis de carbohidratos y el transporte de productos fotosintéticos, así como su utilización en la producción de nuevos tejidos, además de un efecto positivo en los componentes microbiológicos (Gutiérrez *et al.*, 2008), fitohormonas (Jana *et al.*, 2010), iones disponibles (Sallaku *et al.*, 2009) y modificación de las propiedades físico-químicas del suelo (Azarmi *et al.*, 2008).

The lowest BSH was for Sweet Genovese 100 mM NaCl and 0 humate (Table 3). The response of fresh and dry biomass of stem and leaf to humates vermicompost showed higher values with the application of humate, suggesting that this tends to mitigate the negative effect of saline stress, which manifest in biomass production. Degano (1999) tested two sources of salt (NaCl and NaSO<sub>4</sub>) on growth and fresh stem weight of *Tessaria absinthoides*, finding that as salt concentration increased, regardless of source, fresh biomass decreased, ascribing this decrease to the distance and length of internodes had this same response, giving the plant a short appearance.

This response is attributed to the osmotic effect which originates in salt solution, same that difficult the water system of the plants and the toxic effect of interfering ions in metabolic processes such as carbohydrate synthesis and transport of photosynthetic products, thus its use in the production of new tissue, in addition to a positive effect on microbiological components (Gutiérrez *et al.*, 2008), plant hormones (Jana *et al.*, 2010), available ions (Sallaku *et al.*, 2009) and modification of the physico-chemical properties of soil (Azarmi *et al.*, 2008).

## Conclusions

There is a differential response between varieties for morphometric variables stem length and root, fresh and dry biomass of root, stem, leaf and leaf area in salt stress conditions and the application of humate vermicompost, highlighting the Napoletano variety as the most tolerant, exhibiting the highest values in all variables with the application of bio-stimulant. The use of humates of vermicompost stimulated morphometric variables stem length and root, fresh and dry biomass of root, stem, leaf and leaf area of basil varieties under saline conditions, allowing that the tolerant variety to improve its emergence and growth and the sensitive variety increase its tolerance to salt stress.

*End of the English version*



## Conclusiones

Existe una respuesta diferencial entre variedades para las variables morfológicas longitud de tallo y raíz, biomasa fresca y seca de raíz, tallo, hoja y área foliar en condiciones de estrés salino y la aplicación del humato de vermicompost, destacando la variedad Napoletano como la más tolerante, exhibiendo los valores mayores en todas las variables con la aplicación del bioestimulante. El uso de humatos de vermicompost estimuló las variables morfológicas longitud de tallo y raíz, biomasa fresca y seca de raíz, tallo, hoja y el área foliar de variedades de albahaca en condiciones de salinidad, permitiendo que la variedad tolerante mejore su emergencia y crecimiento y la variedad sensible incremente su tolerancia al estrés salino.

## 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. Al CONACYT por el apoyo número 245853, otorgado al autor responsable de la publicación mediante el programa modalidad de visitas cortas nacionales dentro del marco de la convocatoria estancias sabáticas nacionales, estancias sabáticas al extranjero y estancias cortas para la consolidación de grupos de investigación (convocatoria 2014, segunda fase). Al CONACYT, por el apoyo número 224216 de la convocatoria infraestructura científica y tecnológica 2014.

## Literatura citada

- Acevedo, I. C. y Pire, Y. R. 2004. Efecto del lombricompost como enmienda de un sustrato para el crecimiento del lechoso (*Carica papaya* L.). *Interciencia*. 29:274-279.
- Arancon, N. O.; Edwards, C. A.; Babenko, A.; Cannon, J.; Galvis, P and Metzger, J. D. 2008. Influences of vermicomposts, produced by earthworms and microorganisms from cattle manure, food waste and paper waste, on the germination, growth and flowering of petunias in the greenhouse. *Appl. Soil Ecol.* 39:91-99.
- Arancon, N. Q.; Edwards, C. A.; Bierman, P.; Metzger, J. D.; Lee, S. and Welch, C. 2002. Effects of vermicomposts on growth and marketable fruits of field-grown tomatoes, peppers and strawberries. *Pedo Biol.* 47:731-735.
- Aydin, A.; Kant, C. and Turan, M. 2012. Humic acid application alleviates salinity stress of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants decreasing membrane leakage. *Afr. J. Agric. Res.* 7:1073-1086.
- Azarmi, R.; Torabi, G. M. and Dibar, T. R. 2008. Influence of vermicomposts on soil chemical and physical properties in tomato (*Lycopersicon esculentum*) field. *Afr. J. Agric. Biotechnol.* 7:2397-2401.
- Barros, D. L.; Pascualoto, C. L.; López, O. F.; Oliveira, A. N.; Eustáquio, P. L.; Azevedo, M.; Spaccini, R.; Piccolo, A. and Facanha, A. R. 2010. Bioactivity of chemical transformed humic matter from vermicomposts on plant root growth. *J. Agric. Food Chem.* 58:3681-3688.
- Biasutti, C. A. y Galiñares, V. A. 2005. Influencia del ambiente de selección sobre la germinación de semillas de maíz (*Zea mays* L.) bajo estrés hídrico. Relaciones entre caracteres de plántulas con el rendimiento en campo. *Agriscientia*. 28:37-44.
- Buniselli, M.; Gigliotti, G. Y. and Giusquiani, Y. P. L. 1990. Applicazione del compost da RSU in agricoltura. I: effetto sulla produttività del mais e desino dei nutrienti e dei metalli pest ani nel terreno. *Agrochimica*. 35:13-25.
- Calderín, A.; Louro, R.; Portuondo, L.; Guridi, F.; Hernández, O.; Hernández, R. and Castro, R. 2012. Humic acids of vermicompost as an ecological pathway to increase resistance of rice seedlings to water stress. *Afr. J. Agric. Biotechnol.* 11:3125-3134.
- Channabasanagowda, N. K.; Patil, B.; Patil, B. N. and Awaknavar, J. S. 2008. Effect of organic manure on growth, seed yield and quality of wheat. *J. Agric. Sci.* 29:366-368.
- Chen, Y. and Aviad, T. 1990. Effects of humic substances on plant growth, contribution from seagram center for soil and water sciences. *In: humic substances in soil crop sciences: selected readings.*
- Chinnusamy, V. and Zhu, J. K. 2003. Plant sal tolerance. *Top. Curr. Genet.* 4:241-270.
- Cussaianoviich, P. 2001. Una aproximación a la agricultura orgánica. *Agric. Orgánica*. 1:23-26.
- Degano, C. M. 1999. Respuestas morfológicas y anatómicas de *Tessaria absinthioides* a la salinidad. *Rev. Bras. Bot.* 22:357-363.
- Ermakov, E. I.; Ktitorova, I. N. and Skobeleva, O. V. 2000. Effect of humic acid in the mechanical properties of cell walls. *Rus. J. Plant Physiol.* 47:518-525.
- Fernández, L. F.; Reyes, V. V.; Martínez, S. C.; Salomon, H. G.; Yañez, M. J.; Ceballos, R. J. M. and Dendooven, L. 2010. Effect of different nitrogen source on plant characteristics and yield of common bean (*Phaseolus vulgaris*). *Bio. Technol.* 101:396-403.
- Guichard, S.; Bertin, N.; Cherubino, L. and Christian, G. 2001. Tomato fruit quality in relation to water and carbon fluxes. *Agonomie*. 21:385-392.
- Gutiérrez, M. F. A.; Zamudio, M. B.; Abud, A. M. and Dendooven, L. 2008. Sheep manure vermicomposts supplemented with a native diazotrophic bacteria and mycorrhizas for maize cultivation. *Bio. Technol.* 99:7020-7026.
- ISTA. 1999. International Seed Testing Association. International Rules for Seed Testing. Zurich, Switzerland. 321 p.
- Jana, V.; Barot, S.; Blowin, M.; Lavelle, P.; Laffray, D. and Repellin, A. 2010. Earthworms influence the production of above and below ground biomass and the expression of genes involved in cell proliferation and stress responses in *Arabidopsis thaliana*. *Soil Biol. Biochem.* 42:244-252.

- Kalantari, S.; Hatani, H.; Ardalan, M. M.; Alikhani, H. A. and Shorofa, M. 2010. The effect of compost and vermicomposts of yar leaf manure on growth of corn. *Afr. J. Agric. Res.* 5:1317-1323.
- Klimánková, E.; Katerína, H.; Jana, H.; Cajka, T.; Poustka, J. and Koudela, M. 2008. Aroma profiles of five basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivars grown under conventional and organic conditions. *Food Chem.* 107:464-472.
- Kozłowski, T. T. 1997. Responses of woody plants to flooding and salinity. *Tree Physiology Monograph.* 1:12-17.
- MacCarthy, C. E.; Clapp, M. R. L. and Bloom, P. R. (Eds.). American Society of Agronomy, Inc. Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wisconsin, USA. 161-182 pp.
- Mata, G. R. and Meléndez, G. R. 2005. Growth characteristics of Mexican oregano (*Lippia berlandieri*) under salt stress. *The Southwestern Naturalist.* 50:1-6.
- Méndez, R. 2008. Cultivos orgánicos: su control biológico en plantas medicinales y aromáticas. Segunda Edición, ECOE. Bogotá. 168 p.
- Miceli, A.; Moncada, A.; Vetrano, F. and D'Anna, F. 2003. First result on yield and quality response of basil (*Ocimum basilicum* L.) grown in floating system. *Acta Hort.* 609:377-381.
- Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *J. Plant Biol.* 49:301-304.
- Murillo, B.; Yamada, S.; Yamaguchi, T.; Rueda, E.; Ávila, N.; García, J. L.; López, R.; Troyo, E.; Nieto, A. 2007. Influence of calcium silicate on growth, physiological parameters and mineral nutrition in two legume species under salt stress. *J. Agron. Crop Sci.* 193:413-421.
- Nardi, S.; Pizzeghello, C.; Ferrarese, L.; Trainotti, L. and Casadoro, G. 2002a. A low molecular weight humic fraction on nitrate uptake and protein synthesis in maize seedlings. *Soil Biol. Biochem.* 32:415-419.
- Nardi, S.; Pizzeghello, D.; Muscolo, A. and Vianello, A. 2002b. Physiological effect of humic substances on higher plants. *Soil Biol. Biochem.* 34:1527-1536.
- Palada, M. C.; Crossman, S. M. A.; Kowalski, A. and Collingwood, C. D. 1999. Evaluation of organic and synthetic mulches for basil production under drip irrigation. *J. Herbs. Spices Medicinal Plants* 6:4.
- Sallaku, G.; Babaj, I.; Kaw, S. and Balliu, A. 2009. The influence of vermicomposts on plant growth characteristics of cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings under saline conditions. *J. Food Agric. Environ.* 7:869-872.
- Samperio, R. G. 1997. Hidroponía básica. Editorial Diana. 176 p.
- Samson, G. and Visser, S. A. 1989. Surface-active effects of humic acids on potato cell membrane properties. *Soil Biol. Biochem.* 21:343-347.
- StatSoft Inc. 2011. Statistica. System reference. StatSoft, Inc., Tulsa, Oklahoma, USA. 1098 p.
- Távora, F. J. A. F.; Ferreira, R. G. e Hernández, F. F. 2001. Crescimento y relações hídricas em plantas de goiabeira submetidas a estresse salino com NaCl. *Rev. Bras. Frutic.* 23:441-446.
- Taylor M. D. and Locassio, S. J. 2004. Blossom-end rot: A calcium deficiency. *J. Plant Nutr.* 26:123-139.
- Terry, E. y Leyva, A. 2006. Evaluación agrobiológica de la co-inoculación micorrizas arbusculares - rizobacterias en tomate. *Agron. Costarric.* 30:65-73.
- Yao, L. T.; Takano, T. and Suzuki, S. 2000. Effects of salt stress on growth, water relation and oil content of basil leaves. *J. Shanghai Agric. College.* 18:77-84.
- Yıldırım, E.; Dursun, A. I.; Guvenc, Y. and Kumla, Y. A. M. 2003. The effects of different salt bioestimulant and temperature levels and seed germination of some vegetable species. Department of Horticulture. Agriculture Faculty. Ataturk University. 25240 Erzurum. Turkey. *Acta Agrobotánica.* 55:75-80.