

# Humatos de vermicompost como mitigador de la salinidad en albahaca (*Ocimum basilicum* L.)

## Humates of vermicompost as mitigator of salinity in basil (*Ocimum basilicum* L.)

Juan José Reyes-Pérez <sup>1</sup>, Bernardo Murillo-Amador <sup>1</sup>, Alejandra Nieto- Garibay <sup>1</sup>, Enrique Troyo-Diéguez <sup>1</sup>, Inés María Reynaldo-Escobar <sup>2</sup>, Edgar Omar Rueda- Puente <sup>3</sup>, Fernando Guridi-Izquierdo <sup>4</sup>

Originales: Recepción: 13/03/2014 - Aceptación: 22/08/2014

### RESUMEN

Los bioestimulantes del crecimiento son sustancias que actúan como activadores fisiológicos, absorción de nutrientes y mitigan el estrés salino. El objetivo fue evaluar humatos de vermicompost como atenuantes del efecto de la salinidad en la emergencia y crecimiento de albahaca (*Ocimum basilicum* L.). El diseño experimental fue completamente al azar con arreglo factorial, cuyos factores fueron variedades de albahaca (Napoletano y Sweet Genovese), concentraciones de NaCl (0, 50 y 100 mM) y humatos de vermicompost (0 y 1/60 v/v) con seis repeticiones. Se realizaron análisis de varianza y comparaciones independientes de medias ( $p \leq 0,05$ ). El experimento se realizó en 2013 en La Paz, México. Se midió el porcentaje y tasa de emergencia, longitud de radícula, altura de plántula, biomasa fresca y seca de radícula y de parte aérea. Se encontraron diferencias significativas para todas las variables ( $p \leq 0,05$ ), mostrando respuesta diferencial entre variedades para tasa, porcentaje de emergencia y variables morfométricas, destacando la variedad Napoletano con aplicación del bioestimulante como el tratamiento con mejores resultados. El uso de humatos estimuló todas las variables en condiciones de salinidad, permitiendo que la variedad tolerante mejore su emergencia y crecimiento y la variedad sensible incremente su tolerancia al estrés salino.

### ABSTRACT

Bioestimulants of the growth are substances that act as activators of the physiology, absorption of nutrients and to mitigate the stress of salinity. The objective was to evaluate humates of vermicompost as attenuating of the salinity in the emergence and growth of basil (*Ocimum basilicum* L.). The experimental design was completely randomized with factorial arrangement whose factors were basil varieties (Napoletano and Sweet Genovese), concentrations of NaCl (0.50 and 100 mM) and humates of vermicompost (0 and 1/60 v/v) with six replications. Variance analysis and independent comparisons of means ( $p \leq 0.05$ ) were done. The experiment was carried out in 2013 in La Paz, Mexico. The percentage and emergency rate, radicle length, seedling height, fresh and dry biomass of radicle and aerial part were measured. Significant differences were found for all variables ( $p \leq 0.05$ ), showing differential response among varieties for emergence rate, emergence percentage and morphometric variables, highlighting the variety Napoletano with biostimulant application as treatment with better results. The humates stimulated all variables under saline conditions, allowing that the tolerant variety improves its emergence and growth and the sensitive variety increases its tolerance to the saline stress.

- 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, La Habana, Cuba.
- 3 Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México.
- 4 Universidad Agraria de la Habana. La Habana, Cuba.

**Palabras clave**

bioestimulantes • cloruro de sodio • porcentaje de emergencia • crecimiento • hierbas aromáticas

**Keywords**

biostimulants • sodium chloride • emergency percent • growth • aromatic herbs

**INTRODUCCIÓN**

La salinidad es un proceso de degradación de suelos que más daño causa a la agricultura, transformando tierras productivas y fértiles en estériles y conduciendo a pérdidas en hábitat y biodiversidad. El 43% de la superficie terrestre que se cultiva a nivel mundial, está afectada por niveles de salinidad que superan la tolerancia de las especies tradicionales (36). El estrés salino influye sobre la fisiología de las plantas y limita la productividad de los cultivos (31).

Por lo anterior, se buscan alternativas para mitigar el efecto de la salinidad, como el uso de bioestimulantes naturales para la nutrición de las plantas que minimizan los estreses abióticos, importantes para la sostenibilidad productiva, ecológica, económica y social de los sistemas agrícolas (42). El empleo de estos productos abarata la producción agropecuaria, reduce los riesgos de contaminación ambiental, mejora las propiedades físico-químicas y biológicas del suelo, su nivel de fertilidad y sanidad, aumenta la calidad y cantidad de los cultivos, mitiga el estrés abiótico, mejora el crecimiento y desarrollo e incrementa los rendimientos (7, 13, 42).

Las sustancias húmicas, según Aydin *et al.* (2012) influyen en la tolerancia a la salinidad en plantas de frijol; el humatos de vermicompost tiene un efecto positivo en condiciones de estrés por sales (9), es un bioestimulador vegetal y/o 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. Las sustancias húmicas favorecen el transporte de iones, facilitando la absorción y la acción directa en respiración, fotosíntesis y síntesis de proteínas, mediante el aumento o disminución de la actividad de enzimas como la de la H<sup>+</sup>-ATPasa de la membrana plasmática (10), el contenido de metabolitos y la actividad hormonal, principalmente tipo auxina (32).

Las plantas aromáticas son importantes porque se utiliza su esencia o materia prima que influye positivamente en la salud de los seres humanos y su entorno. La albahaca (*Ocimum basilicum* L.) es importante debido a su uso como condimento, por la presencia de aceites esenciales; produciendo un agradable aroma y sabor; en el campo farmacéutico por sus propiedades diuréticas y estimulantes, y en el industrial en la elaboración de perfumes (24).

**Objetivo**

- Determinar el efecto de humatos de vermicompost como atenuante del estrés salino en la emergencia y crecimiento de plántulas de dos variedades de albahaca.

## 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 del 40%, en el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, localizado al norte de La Paz, Baja California Sur, México, a los 24°08'10,03" N y 110°25'35,31" O, a 7 m s. n. m.

### Material genético

Se utilizaron semillas de las variedades Napoletano y Sweet Genovese seleccionadas como tolerante y sensible a la salinidad en las etapas de germinación, emergencia y desarrollo vegetativo inicial, respectivamente. Las semillas de las variedades utilizadas se adquirieron con la empresa Vis Seed Company, empresa productora de semillas de los Estados Unidos de América. Para evaluar la calidad de las semillas de las variedades en estudio, previamente se realizó una prueba de germinación, utilizando metodología propuesta por ISTA (21).

### Diseño experimental y tratamientos

El experimento se realizó mediante un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2×3×2 de tratamientos: factor A con una variedad tolerante y una sensible a la salinidad (Napoletano y Sweet Genovese); factor B, tres concentraciones de NaCl (0, 50 y 100 mM); factor C dos concentraciones de humatos de vermicompost (0 y 1/60), con seis repeticiones de 30 semillas cada una.

Las semillas se desinfectaron por inmersión de 5 min en una solución de hipoclorito de calcio, con 5% de cloro activo. Las semillas se lavaron con agua destilada y se embebieron en agua destilada (testigo) o en la dilución de humatos de vermicompost (1/60 v/v) durante 24 horas.

El humatos de vermicompost utilizado es un producto comercial denominado Liplant<sup>MR</sup>, cuya composición por fracciones químicas corresponden a un pH de 8,7; 53,4% C; 4,85% H; 35,6% O; 3,05% N; 0,72% S; una relación H/C de 0,08m; 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.

El humatos de vermicompost utilizado se obtuvo por donación de la Facultad de Agronomía de la Universidad Agraria de la Habana, quien elabora el vermicompost utilizando como sustrato el estiércol vacuno y aplicando métodos químicos y físicos, para extraer y concentrar las sustancias húmicas.

Las semillas se sembraron en bandejas o charolas para germinación de semillas de poliestireno de 200 cavidades, con sustrato comercial (Sogemix<sup>MR</sup>, Canadá).

El riego se aplicó diariamente y luego según los tratamientos, se suministró una solución salina de 0, 50 y 100 mM de NaCl y la dilución correspondiente de humatos de vermicompost (0 y 1/60 v/v), utilizando agua destilada como testigo.

La emergencia se registró a diario y el porcentaje final se contabilizó a los 14 días.

La tasa de emergencia se calculó con la ecuación de Maguire (1962):  $M = n_1/t_1 + n_2/t_2 + \dots + n_{30}/t_{14}$ ; donde  $n_1, n_2, \dots, n_{30}$  son el número de semillas germinadas en los tiempos  $t_1, t_2, \dots, t_{14}$  (hasta los 14 días). Las semillas se consideraron emergidas cuando la plántula surgió a través de la superficie del sustrato.

### **Variables morfométricas**

Las semillas emergidas se mantuvieron por 21 días en una estructura tipo invernadero cubierta con una malla de plástico color negro con sombra del 40%; posteriormente se seleccionaron al azar 10 plántulas por repetición, a las cuales se les midió longitud de radícula (cm) y de plántula (cm), biomasa fresca (mg) y seca (mg) de radícula y de parte aérea (mg), determinados por el método destructivo.

Las plántulas se dividieron en tallos y hojas y se pesaron (biomasa fresca) cada una por separado, utilizando una balanza analítica (Mettler Toledo, AG204, U.S.A.). Posteriormente se colocaron en bolsas de papel y se introdujeron en estufa (Shel- Lab, FX-5, serie-1000203, U.S.A.) a 80°C hasta obtener peso constante (72 horas) y se pesaron en balanza analítica (biomasa seca).

### **Análisis estadístico**

Se realizaron análisis de varianza y las diferencias entre medias de cada factor y variable se realizó mediante contrastes ortogonales ( $p \leq 0,05$ ), es decir, comparaciones independientes de medias. Los datos de porcentaje de emergencia se transformaron mediante arcoseno (26, 39). Los análisis estadísticos se realizaron con el programa Statistica v. 10.0 para Windows (40).

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Tasa y porcentaje de emergencia**

La tasa de emergencia (TE) mostró diferencias significativas entre variedades ( $p \leq 0,001$ ), NaCl ( $p \leq 0,001$ ), humatos ( $p \leq 0,001$ ), la interacción de variedad×NaCl ( $p \leq 0,001$ ), variedad×humatos ( $p \leq 0,001$ ), NaCl×humatos ( $p \leq 0,001$ ) y variedad×NaCl×humatos ( $p \leq 0,001$ ).

En los tratamientos de NaCl, Napoletano mostró mayor TE en las concentraciones de NaCl, la cual disminuyó en ambas variedades conforme se incrementó el NaCl (tabla 1, pág. 153).

Ambas variedades incrementaron la TE cuando se aplicó humatos, siendo Napolitano ligeramente superior en 0 (control) y en 1/60 (tabla 2, pag. 154).

**Tabla 1.** Efecto de la interacción variedades×NaCl en el promedio de tasa, porcentaje de emergencia y variables morfométricas de plántulas de variedades de albahaca sometidas a estrés salino.

**Table 1.** Effect of the interaction varieties×NaCl in the emergence rate, emergence percentage and morphometric variables of seedlings of basil varieties subjected to saline stress.

Variedades	TE			PE (%)			LR (cm)			AP (cm)		
	0	50	100	0	50	100	0	50	100	0	50	100
Napolitano	3,16 a	2,50 a	2,14 a	90,83 a	74,16 a	62,91 a	5,02 a	3,32 a	1,98 a	3,08 a	2,07 a	1,31 a
Sweet Genovese	2,69 b	2,11 b	1,56 b	69,16 b	55,83 b	41,66 b	2,90 b	1,98 b	1,26 b	2,13 b	1,28 b	0,83 b
Variedades	BFR (mg)			BSR (mg)			BFPA (mg)			BSPA (mg)		
	0	50	100	0	50	100	0	50	100	0	50	100
Napolitano	532,50 a	326,25 a	176,25 a	30,50 a	20,07 a	13,37 a	1518,8 a	1076,3 a	630,00 a	177,50 a	93,87 a	55,50 a
Sweet Genovese	253,75 b	136,25 b	17,88 b	10,20 b	7,11 b	3,66 b	817,5 b	606,3 b	365,00 b	88,75 b	45,01 b	30,50 b

TE: tasa de emergencia; PE: porcentaje de emergencia; LR: largo de radícula; AP: altura de plántula; BFR: Biomasa fresca de radícula; BSR: biomasa seca de radícula; BFPA: biomasa fresca de parte aérea; BSPA: biomasa seca de parte aérea. Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (comparaciones independientes o contrastes ortogonales,  $p \leq 0,05$ ).

ER: emergence rate; EP: emergence percentage; RL: radicle length; SH: seedling height; RFB: radicle fresh biomass; RDB: radicle dry biomass; AFB: aerial fresh biomass; ADB: aerial dry biomass. Means with different letters in the same column are statistically different (independent or orthogonal contrast comparisons,  $p \leq 0,05$ ).

**Tabla 2.** Efecto de la interacción variedades×humatos de vermicompost en el promedio de tasa, porcentaje de emergencia y variables morfológicas de plántulas de variedades de albahaca sometidas a estrés salino.

**Table 2.** Effect of the interaction varieties×humates of vermicompost in the emergence rate, emergence percentage and morphometric variables of seedlings of basil varieties subjected to saline stress.

Variedades	TE		PE (%)		LR (cm)		AP (cm)	
	HV (v/v)							
	0	1/60	0	1/60	0	1/60	0	1/60
Napoletano	2,22 a	2,98 a	67,77 a	84,16 a	2,53 a	4,35 a	1,75 a	2,55 a
Sweet Genovese	1,80 b	2,44 a	47,50 b	63,61 b	1,69 b	2,40 b	1,17 b	1,66 b
Variedades	BFR (mg)		BSR (mg)		BFPA (mg)		BSPA (mg)	
	HV (v/v)							
	0	1/60	0	1/60	0	1/60	0	1/60
Napoletano	202,50 a	487,50 a	9,38 a	33,25 a	710,00 a	1440,0 a	80,08 a	137,83 a
Sweet Genovese	112,17 b	159,75 b	6,21 b	7,76 b	525,83 b	666,7 b	46,67 b	62,84 b

HV: humatos de vermicompost; TE: tasa de emergencia; PE: porcentaje de emergencia; LR: largo de radícula; AP: altura de plántula; BFR: Biomasa fresca de radícula; BSR: biomasa seca de radícula; BFPA: biomasa fresca de parte aérea; BSPA: biomasa seca de parte aérea. Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (comparaciones independientes o contrastes ortogonales,  $p \leq 0,05$ ).

VH: vermicompost humates; ER: emergence rate; EP: emergence percentage; RL: radicle length; SH: seedling height; RDB: radicle fresh biomass; RDB: radicle dry biomass; AFB: aerial fresh biomass; ADB: aerial dry biomass. Means with different letters in the same column are statistically different (independent or orthogonal contrast comparisons,  $p \leq 0.05$ ).

En la interacción variedad×NaCl×humatos, Napoletano mostró mayor TE en 0 mM y en 1/60 de humatos; mientras que en ambas variedades la TE se incrementó en 0,50 y 100 mM de NaCl cuando se aplicó el humatos en la dilución de 1/60 (tabla 3, pág. 155). Porcentaje de emergencia (PE) mostró diferencias significativas entre variedades ( $p \leq 0,001$ ), NaCl, ( $p \leq 0,001$ ), humatos ( $p \leq 0,001$ ), variedad×NaCl ( $p \leq 0,001$ ), variedad×humatos ( $p \leq 0,006$ ), NaCl×humatos ( $p \leq 0,001$ ) y la interacción variedad×NaCl×humatos ( $p \leq 0,001$ ).

La variedad Napoletano presentó mayor PE en las tres concentraciones de NaCl; sin embargo, el PE disminuyó en ambas variedades al incrementarse las concentraciones de NaCl (tabla 1, pág. 153). Napoletano mostró mayor PE en 0 y 1/60 pero en ambas variedades se incrementó con la aplicación de humatos (tabla 2).

En la interacción variedad×NaCl×humatos, Napoletano mostró mayor PE en 0 mM de NaCl y 1/60 de humatos; mientras que en ambas variedades la PE se incrementó en las tres concentraciones de NaCl cuando se aplicó el humatos en la dilución de 1/60, esto respecto del control donde no se aplicó humatos, por su parte, Sweet Genovese mostró menor PE en 100 mM y 0 de humatos (tabla 3, pág. 155).

**Tabla 3.** Efecto de la interacción variedades x NaCl x humatos de vermicompost en la tasa, porcentaje de emergencia y variables morfológicas de plántulas de variedades de albahaca sometidas a estrés salino.

**Table 3.** Effect of the interaction varieties x NaCl x humates of vermicompost in the emergence rate, emergence percentage and morphometric variables of seedlings of basil varieties subjected to saline stress.

Variedades	TE						PE (%)					
	0†	1/60	0	1/60	100	1/60	0	1/60	0	1/60	50	100
Napolitano	2,62 a	3,70 a	2,18 a	2,82 a	1,87 a	2,41 a	64,75 a	90,00 a	54,25 a	65,33 a	48,36 a	56,80 a
Sweet Genovese	2,33 b	3,05 a	1,77 b	2,45 b	1,29 a	1,83 a	51,76 b	61,17 b	43,08 b	53,73 b	35,71 b	44,52 b
	LR (cm)											
Variedades	0	1/60	0	1/60	100	1/60	0	1/60	0	1/60	50	100
Napolitano	3,52 a	6,52 a	2,50 a	4,15 a	1,57 a	2,40 a	2,65 a	3,52 a	1,57 a	2,57 a	1,05 a	1,57 a
Sweet Genovese	2,50 b	3,30 b	1,50 b	2,47 b	1,07 b	1,45 b	1,80 b	2,47 b	1,07 b	1,50 b	0,65 b	1,02 b
	BSR (mg)											
Variedades	0	1/60	0	1/60	100	1/60	0	1/60	0	1/60	50	100
Napolitano	320,0 a	745,0 a	180,0 a	472,5 a	107,5 a	245,0 a	16,0 a	45,0 a	7,65 a	32,5 a	4,5 a	22,25 a
Sweet Genovese	212,5 b	295,0 b	112,5 b	160,0 b	11,50 b	24,25 b	9,15 b	11,25 b	6,15 b	8,07 b	3,35 b	3,97 b
	BSPA (mg)											
Variedades	0	1/60	0	1/60	100	1/60	0	1/60	0	1/60	50	100
Napolitano	915,0 a	2122,5 a	750,0 a	1402,5 a	465,0 a	795,0 a	120,0 a	235,0 a	72,75 a	115,0 a	47,5 a	63,5 a
Sweet Genovese	722,5 b	912,5 b	537,5 b	675,0 b	317,5 b	412,5 b	75,0 b	102,5 b	43,5 b	46,52 b	21,5 b	39,5 b

†: mM de NaCl; ††: humatos de vermicompost; TE: tasa de emergencia; PE: porcentaje de emergencia; LR: largo de radícula; AP: altura de plántula; BFR: biomasa fresca de radícula; BSR: biomasa seca de radícula; BFPA: biomasa fresca de parte aérea; BSPA: biomasa seca de parte aérea. Medias con letras distintas en una misma columna difieren estadísticamente (comparaciones independientes o contrastes ortogonales,  $p \leq 0,05$ ).

†: mM of NaCl; ††: vermicompost humates; ER: emergence rate; EP: emergence percentage; RL: radicle length; SH: seedling height; RDB: radicle fresh biomass; RDB: radicle dry biomass; AFB: aerial fresh biomass; ADB: aerial dry biomass. Means with different letters in the same column are statistically different (independent or orthogonal contrast comparisons,  $p \leq 0,05$ ).

Los resultados indican un aumento en el PE a partir de la aplicación de humatos, lo cual coincide con Zaller (2007) y Fernández-Luqueño *et al.* (2010) quienes utilizaron vermicompost en diferentes dosis, observando que los tratamientos con vermicompost incrementaron el PE en un 35% en tomate y 17% en frijol, inhibiendo el efecto de la salinidad.

Warman y AngLopez (2010) reportaron incrementos del PE en rábano y caléndula al aplicar extractos de vermicompost. Los incrementos que se presentan en variables medidas en la germinación, son estimulados por los humatos, ya que estos tienen un efecto bioprotector o bioestimulante en el desarrollo vegetal, en la germinación y emergencia en condiciones de estrés salino por los estímulos en la actividad enzimática de las semillas y la presencia de radicales semiquinónicos libres en el material húmico, que intervienen en las cadenas respiratorias, incrementando la energía de las células (17, 25).

Hernández *et al.* (1993) mencionan que un mecanismo de toxicidad por NaCl es la generación de radicales superóxidos que provoca estrés oxidativo en mitocondrias, por lo que el efecto bioprotector del humato en la emergencia, actúa en los radicales libres por toxicidad de NaCl, reduciendo el estrés oxidativo de la mitocondria.

### **Variables morfométricas**

La longitud de radícula (LR) mostró diferencias significativas entre variedades ( $p \leq 0,001$ ), NaCl, ( $p \leq 0,001$ ), humatos ( $p \leq 0,001$ ), variedad×NaCl ( $p \leq 0,001$ ), variedad×humatos ( $p \leq 0,001$ ), NaCl×humatos ( $p \leq 0,001$ ) y variedad×NaCl×humatos ( $p \leq 0,001$ ).

El análisis interactivo mostró a Napoletano con mayor LR en todos los niveles de NaCl, sin embargo, esta variable disminuyó en ambas variedades al incrementarse los niveles de NaCl (tabla 1, pág. 153). Ambas variedades incrementaron LR cuando se aplicó el humatos, aunque Napoletano mostró los valores mayores tanto en 0 como en 1/60 de humatos (tabla 2, pág. 154).

En la interacción variedad×NaCl×humatos, Napoletano superó a Sweet Genovese en LR, siendo mayor en 0 mM y 1/60 de humatos; sin embargo, ambas variedades incrementaron LR en ambas concentraciones de NaCl (50 y 100 mM) cuando se aplicó el humatos, (tabla 3, pág. 155). Los resultados anteriores evidencian que aunque la salinidad afecta el desarrollo radicular, los ácidos húmicos de vermicompost mostraron un efecto positivo en la longitud de raíz, lo cual se debe a que los ácidos húmicos incrementan la permeabilidad de la membrana celular de las especies vegetales, que a pesar de las condiciones hipertensas del medio, favorece la imbibición para solubilizar almidones y carbohidratos en radícula (4).

Los humatos funcionan como reguladores o promotores del crecimiento (33), debido a los ácidos abscísico e indolacético del vermicompost (6). Ermakov *et al.* (2000) reportan que el ácido húmico absorbido por las células, aumenta su permeabilidad y la absorción de nutrimentos.



La altura de plántula (AP) mostró diferencias significativas entre variedades ( $p \leq 0,001$ ), NaCl, ( $p \leq 0,001$ ), humatos ( $p \leq 0,001$ ), variedad×NaCl ( $p \leq 0,001$ ), variedad×humatos ( $p \leq 0,001$ ), NaCl×humatos ( $p \leq 0,001$ ) y variedad×NaCl×humatos ( $p \leq 0,004$ ).

Aunque Napoletano mostró mayor AP, esta variable disminuyó en ambas variedades conforme se incrementó el NaCl, mostrando los valores mayores en 0 mM de NaCl (tabla 1, pág. 153). Napoletano también mostró mayor AP cuando se aplicó el humatos, aunque en ambas variedades, la AP se incrementó con respecto al control, en la concentración de humatos de 1/60 (tabla 2, pág. 154).

El análisis de la triple interacción de los factores mostró a Napoletano con mayor AP en 0 mM y 1/60 de humatos; no obstante, ambas variedades incrementaron la AP en 50 y 100 mM de NaCl, al aplicar el humatos (tabla 3, pág. 155).

El humatos promovió la AP y contrarrestó el efecto del NaCl, lo cual coincide con Fernández-Luqueño *et al.* (2010) que reportan en frijol tratado con vermicompost, un crecimiento superior a 1/3 respecto al control en la altura de plantas de esta especie. Resultados similares reportaron Channabasanagowda *et al.* (2008) en trigo.

Por su parte, Buniselli *et al.* (1990) obtuvieron incrementos de peso, altura de planta, longitud de mazorca y rendimiento de grano en maíz tratado con ácidos húmicos. También Palada *et al.* (1999) encontraron mayor desarrollo en albahaca cultivada en sustrato orgánico (mezcla de estiércol y paja de trigo), mientras que Nardi *et al.* (2002) afirmaron que el mayor crecimiento de tallo al aplicar humatos se debe a la activación de la división celular.

Aunque Yao Lei *et al.* (2000) y Miceli *et al.* (2003) corroboraron que las plantas en condiciones salinas inhiben su crecimiento y reducen su tamaño, sin embargo, algunas especies de plantas muestran que requieren de sales para el crecimiento del tallo, expresando su tolerancia cuando la plántula depone la etapa autotrófica, aunque muestra cierta sensibilidad en la interface hacia la heterotrófica, que una vez alcanzada, aparece la tolerancia al estrés salino (36).

En el presente estudio, la altura de la plántula de albahaca se afectó a medida que incrementó el NaCl; sin embargo, la aplicación de humatos contrarrestó el efecto de la salinidad, resultados que coinciden con los reportados por Yldrm *et al.* (2003).

Biomasa fresca de radícula (BFR) mostró diferencias significativas entre variedades ( $p \leq 0,001$ ), NaCl ( $p \leq 0,001$ ), humatos ( $p \leq 0,001$ ), variedad×NaCl ( $p \leq 0,001$ ), variedad×humatos ( $p \leq 0,001$ ), NaCl×humatos ( $p \leq 0,001$ ) y variedad×NaCl×humatos ( $p \leq 0,001$ ).

La variedad Napoletano mostró mayor BFR con respecto a Sweet Genovese en los tres tratamientos de NaCl; no obstante, la BFR disminuyó en ambas variedades al incrementarse la concentración de NaCl (tabla 1, pág. 153). También Napoletano mostró mayor BFR respecto a Sweet Genovese tanto en el control como en la

concentración de 1/60 de humatos, sin embargo, en ambas variedades, la BFR se incrementó con la adición de humatos (1/60) respecto del control (tabla 2, pág. 154).

El análisis de la triple interacción mostró a Napoletano con una mayor BFR en 0 mM de NaCl y 1/60 de humatos respecto de Sweet Genovese, no obstante, ambas variedades incrementaron la BFR en 50 y 100 mM de NaCl al aplicar la dilución de 1/60 de humatos (tabla 3, pág. 155).

Biomasa seca de radícula (BSR) mostró diferencias significativas entre variedades ( $p \leq 0,001$ ), NaCl ( $p \leq 0,001$ ), humatos ( $p \leq 0,001$ ), variedad×NaCl ( $p \leq 0,001$ ), variedad×humatos ( $p \leq 0,001$ ), NaCl×humatos ( $p \leq 0,001$ ), variedad×NaCl×humatos ( $p \leq 0,0001$ ).

Al analizar la interacción variedad×NaCl se encontró que la variedad Napoletano mostró mayor BSR respecto a Sweet Genovese en los tratamientos de NaCl, observándose también que ambas variedades disminuyeron la BSR conforme se incrementó la concentración de NaCl (tabla 1, pág. 153).

El análisis de la interacción variedad×humatos, mostró que Napoletano exhibió mayor BSR respecto de Sweet Genovese en el control y en 1/60 de humatos, pero en ambas variedades se incrementó la BSR cuando se adicionó el humatos (tabla 2, pág. 154).

La interacción variedad×NaCl×humatos mostró que Napoletano fue superior a Sweet Genovese en la BSR en los tratamientos de NaCl y de humatos de vermicompost, aunque reiteradamente se observó que ambas variedades en los tratamientos de NaCl, incrementaron la BSR cuando se adicionó el humatos (tabla 3, pág. 155).

La disminución de BFR y BSR conforme se aumentaron las concentraciones de NaCl y el incremento de ambas variables con la aplicación de humatos, coincide con Fernández- Luqueño *et al.* (2010) que reportaron incrementos de BFR y BSR de plantas de frijol a las cuales se les aplicaron sustancias húmicas. Igualmente, Chen y Aviad (1990) señalaron que las sustancias húmicas incrementaron el número y la longitud de raíces y la cantidad de materia seca en algunas especies de plantas estudiadas en Israel.

Biomasa fresca de parte aérea (BFPA) mostró diferencias significativas entre variedades ( $p \leq 0,001$ ), NaCl ( $p \leq 0,001$ ), humatos ( $p \leq 0,001$ ), variedad×NaCl ( $p \leq 0,001$ ), variedad×humatos ( $p \leq 0,001$ ), NaCl×humatos ( $p \leq 0,001$ ) y variedad×NaCl×humatos ( $p \leq 0,001$ ).

Al examinar la interacción variedad×NaCl se encontró que la variedad Napoletano mostró valores superiores respecto de Sweet Genovese en la BFPA, revelando además que esta variable disminuyó en ambas variedades conforme se incrementaron las concentraciones de NaCl (tabla 1, pág. 153).

La interacción variedad×humatos mostró que Napoletano fue superior a Sweet Genovese en la BFPA tanto en el control como en la dilución de 1/60 de humatos, pero se observó que en ambas variedades, la BFPA se incrementó cuando se aplicó el humatos (tabla 2, pág. 154).

El análisis de la interacción variedad×NaCl×humatos mostró que Napoletano fue superior a la variedad Sweet Genovese en la BFPA en los tratamientos de NaCl y de humatos de vermicompost, aunque de nuevo se observó que ambas variedades incrementaron la BFPA en los tratamientos de NaCl, cuando se adicionó el humatos (tabla 3, pág. 155).

Biomasa seca de parte aérea (BSPA) mostró diferencias significativas entre variedades ( $p \leq 0,001$ ), NaCl ( $p \leq 0,001$ ), humatos ( $p \leq 0,001$ ), variedad×NaCl ( $p \leq 0,001$ ), variedad×humatos ( $p \leq 0,001$ ), NaCl×humatos ( $p \leq 0,001$ ) y variedad×NaCl×humatos ( $p \leq 0,001$ ).

Al analizar la interacción variedad×NaCl, la variedad Napoletano mostró mayor BSPA con respecto a Sweet Genovese, sin embargo, la BSPA disminuyó en ambas variedades conforme se incrementaron las concentraciones de NaCl (tabla 1, pág. 153).

El análisis de la interacción variedad×humatos mostró que Napoletano superó a Sweet Genovese en la BSPA tanto en el control como en la concentración de 1/60 de humatos, evidenciándose también que ambas variedades incrementaron la BSPA cuando se aplicó el humatos (tabla 2, pág. 154).

La triple interacción variedad×NaCl×humatos mostró que Napoletano fue superior a la variedad Sweet Genovese en la variable BSPA en los tratamientos de NaCl y de humatos de vermicompost, observándose que ambas variedades incrementaron la BSPA en los tratamientos de NaCl, cuando se adicionó el humatos (tabla 3, pág. 155).

Estudios similares mostraron que el NaCl y el NaSO<sub>4</sub> disminuyen la BFPA de *Tessaria absinthoides* conforme se incrementó la concentración, lo cual se atribuye al efecto osmótico de la solución salina que dificulta el régimen hídrico, al efecto de iones que interfieren en procesos metabólicos como la síntesis de carbohidratos y transporte de productos fotosintéticos, así como en la producción de nuevos tejidos (14). También Mata-González y Meléndez-González (2005) reportaron que *Lippia berlandieri* en condiciones de estrés salino, redujo el peso seco de hojas y tallos al incrementarse las concentraciones salinas, no así en el caso de la raíz, que aunque disminuyó su peso, éste no fue significativo.

En el presente estudio, la respuesta al humatos fue positiva en todas las variables medidas en albahaca, lo que sugiere que éste mitiga el efecto del NaCl, resultados que coinciden con los de Arancon *et al.* (2002) quienes reportaron incrementos en la biomasa fresca y seca de tallo al adicionar vermicompost en tomate y *Calendula officinalis*, sometidos a estrés por salinidad.

Por su parte, Kalantari *et al.* (2010) observaron resultados similares en plantas de maíz, mientras que Samson y Visser (1989) indicaron que los ácidos húmicos causan mayor permeabilidad de la membrana celular en raíces e incrementan la absorción de nutrientes.

Guichard *et al.* (2001), Taylor y Locassio (2004) indicaron que la reducción del peso seco de tallo al incrementarse la concentración salina, se presenta por la deficiencia de calcio, que debilita y reduce la división celular, además de otros desórdenes fisiológicos.

El humato de vermicompost mitiga el efecto negativo de la salinidad, al facilitar la absorción de diversos elementos esenciales, entre ellos el calcio, de ahí las tendencias observadas en el presente estudio. Fernández-Luqueño *et al.* (2010) plantearon que la aplicación de vermicompost incrementa la BFPA y la BSPA en cualquier forma de aplicación en plantas de *Phaseolus vulgaris* L.

Los resultados del presente estudio coinciden con Acevedo y Pire (2004) quienes aplicaron lombricompost como fuente de ácido húmico en *Carica papaya* L., encontrando incrementos de área foliar, altura de planta, diámetro de tallo y materia seca total, que se atribuye a las sustancias del ácido húmico que estimulan el crecimiento.

El estudio actual es un punto de partida para nuevas investigaciones, aunado a las pocas investigaciones previas acerca del crecimiento y desarrollo de albahaca en ambientes salinos, incluyendo la escasez de reportes técnicos y científicos de la respuesta de aplicación de humatos.

Se han demostrado los efectos positivos de los humatos extraídos del vermicompost, al mostrarse incrementos en variables del crecimiento inicial de varias especies de plantas (3), en los componentes microbiológicos (19), fitohormonas (22), iones disponibles (37) y modificación de las propiedades fisicoquímicas del suelo (5).

Existen reportes de investigación de explicaciones teóricas sobre la reducción del porte de las plantas que crecen en ambiente salino, así como diversos reportes de la acción benéfica de los ácidos húmicos en el crecimiento de las plantas cultivadas, pero en ambos casos, las teorías no han sido comprobadas aún (1, 2, 3, 4, 5, 9, 12, 17, 23, 25, 29, 35, 37), por lo que en consecuencia, no es posible afirmar categóricamente explicaciones a las respuestas observadas.

## CONCLUSIONES

Existe una respuesta diferencial entre variedades para la tasa, porcentaje de emergencia y variables morfométricas en condiciones de estrés salino y la aplicación del humato de vermicompost, destacándose la variedad Napoletano como la más tolerante, exhibiendo los valores mayores en todas las variables con la aplicación del bioestimulante.

La aplicación de humatos de vermicompost estimuló la tasa, porcentaje de emergencia y variables morfométricas 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.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Acevedo, I. C.; Pire, Y. R. 2004. Efecto del lombricompost como enmienda de un sustrato para el crecimiento del lechoso (*Carica papaya* L.). *Interciencia*. 29:274-279.
2. Arancon, N. Q.; Edwards, C. A.; Bierman, P.; Metzger, J.D.; Lee, S.; Welch, C. 2002. Effects of vermicomposts on growth and marketable fruits of field-grown tomatoes, peppers and strawberries. *Pedo Biología*. 47:731-735.

3. Arancon, N. O.; Edwards, C. A.; Babenko, A.; Cannon, J.; Galvis, P.; 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. *Applied Soil Ecology*. 39:91-99.
4. Aydin, A.; Kant, C.; Turan, M. 2012. Humic acid application alleviates salinity stress of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants decreasing membrane leakage. *African Journal of Agricultural Research*. 7:1073-1086.
5. Azami, R.; Torabi, G. M.; Dibar, T. R. 2008. Influence of vermicomposts on soil chemical and physical properties in tomato (*Lycopersicon esculentum*) field. *African Journal of Biotechnology*. 7:2397-2401.
6. Barros, D. L.; Pascualoto, C. L.; López, O. F.; Oliveira, A. N.; Eustáquio, P. L.; Azevedo, M.; Spaccini, R.; Piccolo, A.; Facanha, A. R. 2010. Bioactivity of chemical transformed humic matter from vermicomposts on plant root growth. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 58:3681-3688.
7. Biasutti, C. A.; Galifiares, 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.
8. Buniselli, M.; Gigliotti, G. Y.; 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.
9. Calderín, A.; Louro, R.; Portuondo, L.; Guridi, F.; Hernández, O.; Hernández, R.; Castro, R. 2012. Humic acids of vermicompost as an ecological pathway to increase resistance of rice seedlings to water stress. *African Journal of Biotechnology* 11:3125-3134.
10. Canellas, L. P.; Façanha, A. R. 2004. Chemical nature of soil humified fractions and their activity. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. 39:233-240.
11. Channabasananagowda, N. K.; Patil, B.; Patil, B. N.; Awaknavar, J. S. 2008. Effect of organic manure on growth, seed yield and quality of wheat. *Journal of Agricultural Sciences*. 29:366-368.
12. Chen, Y.; Aviad, T. 1990. Effects of humic substances on plant growth, contribution from seagram center for soil and water sciences. Faculty of Agriculture. The Hebrew University of Jerusalem, Rehovot, Israel. In: "Humic Substances in Soil Crop Sciences: Selected Readings". MacCarthy, C. E. Clapp, Malcom, R.L. and Bloom, P.R. (Eds.). American Society of Agronomy, Inc. Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wisconsin, U.S.A. p. 161-182.
13. Cussaianoviich, P. 2001. Una aproximación a la agricultura orgánica. *Agricultura Orgánica*. 1:23-26.
14. Degano, C. M. 1999. Respuestas morfológicas y anatómicas de *Tessaria absinthioides* a la salinidad. *Revista Brasileira de Botânica*. 22:357-363.
15. Ermakov, E. I.; Ktitorova, I. N.; Skobeleva, O. V. 2000. Effect of humic acid in the mechanical properties of cell walls. *Russian Journal of Plant Physiology*. 47:518-525.
16. Fernández-Luqueño, F.; Reyes, V. V.; Martínez, S. C.; Salomon, H. G.; Yañez, M. J.; Ceballos, R. J. M.; Dendooven, L. 2010. Effect of different nitrogen source on plant characteristics and yield of common bean (*Phaseolus vulgaris*). *Bioresource Technology*. 101:396-403.
17. Gacco, G.; Attina, E.; Gelsomino, A.; Sidari, M. 2000. Effect of nitrate and humic substance of different molecular size on kinetic parameters of nitrate uptake in wheat seeding. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 163:313-320.
18. Guichard, S.; Bertin, N.; Cherubino, L.; Christian, G. 2001. Tomato fruit quality in relation to water and carbon fluxes. *Agonomie*. 21:385-392.
19. Gutiérrez-Miceli, F. A.; Moguel-Zamudio, B.; Abud-Archila, M.; Gutiérrez-Oliva, V. F.; Dendooven, L. 2008. Sheep manure vermicomposts supplemented with a native diazotrophic bacteria and mycorrhizas for maize cultivation. *Bioresource Technology*. 99:7020-7026.
20. Hernández, J. A.; Corpas, F. J.; Gómez, M.; Del Río, L. A.; Sevilla, F. 1993. Salt induced oxidative stress mediated by activated oxygen species in pea leaf mitochondria. *Physiologia Plantarum*. 89:103-110.
21. ISTA. 1999. International Seed Testing Association. International Rules for Seed Testing. Zurich, Switzerland. 321 p.
22. Jana, V.; Barot, S.; Blowin, M.; Lavelle, P.; Laffray, D.; Repellin, A. 2010. Earthworms influence the production of above and belowground biomass and the expression of genes involved in cell proliferation and stress responses in *Arabidopsis thaliana*. *Soil Biology and Biochemistry*. 42:244-252.
23. Kalantari, S.; Hatani, H.; Ardalan, M. M.; Alikhani, H. A.; Shorofa, M. 2010. The effect of compost and vermicomposts of yar leaf manure on growth of corn. *African Journal of Agricultural Research*. 5:1317-1323.
24. Klimánková, E.; Katerina, H.; Jana, H.; Cajka, T.; Poustka, J.; Koudela, M. 2008. Aroma profiles of five basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivars grown under conventional and organic conditions. *Food Chemistry*. 107: 464-472.

25. Kulikova, N. A.; Stepanova, E. V., Koroleva, O. V. 2005. Use of humic substance to remediate polluted environment: from theory to practice, Chapter 14. Irina Perminova Editor. Netherlands. 285-309.
26. Little, T. M.; Hills, F. J. 1989. 'Statistical methods in agricultural research'. Versión en español. 'Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura'. Ed. Trillas. México. 128 p.
27. Maguire, J. D. 1962. Speed of germination -aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*. 2:176-177.
28. Mata-González, R.; Meléndez-González, R. 2005. Growth characteristics of Mexican oregano (*Lippia berlandieri*) under salt stress. *The Southwestern Naturalist*. 50:1-6.
29. Meloni, D. A. 2012. Respuestas fisiológicas a la suplementación con calcio de plántulas de vinal (*Prosopis ruscifolia* G.) estresadas con NaCl. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina*. 44(2): 79-88.
30. Miceli, A., Moncada, A.; Vetrano, F.; D'Anna, F. 2003. First result on yield and quality response of basil (*Ocimum basilicum* L.) grown in floating system. *Acta Horticulturae*. 609:377-381.
31. Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Journal of Plant Biology* 49:301-304.
32. Nardi, S.; Pizzeghello, C.; Ferrarese, L.; Trainotti, L.; Casadoro, G. 2002a. A low molecular weight humic fraction on nitrate uptake and protein synthesis in maize seedlings. *Soil Biology and Biochemistry*. 32:415-419.
33. Nardi, S.; Pizzeghello, D.; Muscolo, A.; Vianello, A. 2002b. Physiological effect of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry*. 34:1527-1536.
34. Palada, M. C.; Crossman, S. M. A.; Kowalski, A.; Collingwood, C. D. 1999. Evaluation of organic and synthetic mulches for basil production under drip irrigation. *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*. 6(4): 39-48.
35. Reyes-Pérez, J. J.; Murillo-Amador, B.; Nieto-Garibay, A.; Troyo-Diéguez, E.; Reynaldo-Escobar, I. M.; Rueda-Puente, E. O. 2013. Emergencia y crecimiento de plántulas de variedades de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) en condiciones salinas. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza. Argentina*. 45(2): 257-268.
36. Royo, A., Aragües, R. 2003. Establecimiento de nuevos índices de tolerancia de los cultivos a la salinidad: la cebada como caso de estudio. *Investigación Agraria. Producción y Producción Vegetal*. 3:410-421.
37. Sallaku, G.; Babaj, I.; Kaw, S.; Balliu, A. 2009. The influence of vermicomposts on plant growth characteristics of cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings under saline conditions. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 7:869-872.
38. Samson, G.; Visser, S.A. 1989. Surface-active effects of humic acids on potato cell membrane properties. *Soil Biology and Biochemistry*. 21:343-347.
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'. Ed. McGraw Hill. México. 92 p.
41. Taylor, M. D.; Locassio, S. J. 2004. Blossom-end rot: A calcium deficiency. *Journal of Plant Nutrition* 26:123-139.
42. Terry, E.; Leyva, A. 2006. Evaluación agrobiológica de la co-inoculación micorrizas arbusculares -rizobacterias- en tomate. *Agronomía Costarricense*. 30:65-73.
43. Warman, P. R.; AngLopez, M. J. 2010. Vermicomposts derived from different feedstocks as a plant growth medium. *Bioresource Technology*. 101:4479-4483.
44. Yao Lei, T.; Takano, T.; Suzuki, S. 2000. Effects of salt stress on growth, water relation and oil content of basil leaves. *Journal of Shanghai Agricultural College*. 18:77-84.
45. Yldrm, E. A.; Dursun, I.; Guvenc, Y.; 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 Agrobotanica* 55:75-80.
46. Zaller, J. G. 2007. Vermicomposts in seedling potting media can affect germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. *Journal of Soil Biology*. 43:332-336.

### 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 dos árbitros anónimos por sus acertadas correcciones y sugerencias para mejorar sustancialmente la calidad del manuscrito.