

## Crecimiento de plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) tratadas con humato de vermicompost

Roberto Gregorio Chiquito-Contreras<sup>1</sup>  
Juan José Reyes-Pérez<sup>2,3</sup>  
Enrique Troyo-Diéguez<sup>4</sup>  
Edgar Omar Rueda-Puente<sup>5</sup>  
Juan Antonio Torres-Rodríguez<sup>6</sup>  
Bernardo Murillo-Amador<sup>4§</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Agrícolas-Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz, México. <sup>2</sup>Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo, Los Ríos, Ecuador. <sup>3</sup>Universidad Técnica de Cotopaxi. Extensión La Maná, La Maná, Ecuador. <sup>4</sup>Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste SC. La Paz, Baja California Sur, México. <sup>5</sup>Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora, México. <sup>6</sup>Universidad de Granma. Granma, Cuba.

§Autor para correspondencia: bmurillo04@cibnor.mx.

### Resumen

El humato de vermicompost es un estimulante que mejora la calidad y productividad de los cultivos y permite eliminar total o parcialmente los fertilizantes químicos contribuyendo a la agricultura orgánica, ecológica y sustentable. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de diferentes concentraciones de humato de vermicompost (1/10, 1/20, 1/30 v/v y un control -agua destilada-) en el crecimiento de plántulas de *Solanum lycopersicum* cultivadas en suelos afectados por salinidad. El experimento se realizó utilizando un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones por tratamiento de 40 plántulas cada una. A los 24 días después del trasplante, se midió altura de plántulas, diámetro de tallo, número de hojas, peso fresco y seco de parte aérea y de raíz. Los resultados mostraron diferencias significativas entre tratamientos y todas las variables mostraron valores superiores en la dilución de 1/30 (v/v), seguido de las diluciones 1/20 y 1/10, mostrando valores inferiores en el control. El valor porcentual de incremento en la dilución de 1/30 respecto al control fue de 61, 68, 63, 50, 19, 30, 56 y 27 para altura, diámetro de tallo, longitud de raíz, número de hojas, peso fresco de raíz, peso seco de raíz, peso fresco de parte aérea y peso seco de parte aérea, respectivamente.

**Palabras clave:** altura, peso fresco, peso seco, salinidad.

Recibido: noviembre de 2017

Aceptado: enero de 2018

## Introducción

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) se considera una de las hortalizas más importantes en el mundo por su gran demanda para el consumo fresco y como producto industrial (Infoagro, 2017). En México, durante 2015 la superficie nacional establecida fue de 49 703 ha, con una producción de 3 098 329 t y un valor de \$20 640 millones a nivel nacional (SIAP, 2016). En América Latina, México, Cuba y República Dominicana destacan por el alto consumo per cápita de tomate (Gómez *et al.*, 2000). Por otro lado, la salinidad de los suelos es una condición adversa que afecta los sistemas de producción agrícolas de nuestro planeta e influye en el asentamiento de los seres humanos. Se estima que 43% de las tierras de cultivo en el planeta, están afectadas por la salinidad en el suelo o en el agua para riego, con valores referenciados de conductividad eléctrica que superan la tolerancia a la salinidad de las principales especies cultivadas (Royo y Aragües, 2003).

La salinidad aumenta a una tasa media de 0.5% anual, debido fundamentalmente a precipitaciones bajas, superficie grande expuesta a una evaporación alta, riego con aguas salinas y por las prácticas tradicionales de cultivo que favorecen el incremento de la concentración de sales en el suelo (Royo y Abió, 2003). La salinización de los suelos crece a razón de 3 ha  $\text{min}^{-1}$  (González *et al.*, 2005) y se contabilizan alrededor de 953 millones de hectáreas de tierras afectadas por este factor estresante en diferentes regiones del mundo (Nabhan *et al.*, 1999) y los modelos matemáticos demuestran que la salinización de los suelos aumenta año con año (FAO, 2017).

De los 7.09 millones de hectáreas de suelos que se explotan para el sistema agrícola de la República de Cuba, 46% presenta una fertilidad baja, 69% muestra contenidos de materia orgánica bajos; un 31% está erosionado por el agua o por el viento, 24% son suelos ácidos, 14% son suelos afectados por la salinidad y de acuerdo con datos científicos, se estiman incrementos de 7.5% de suelos salinizados en los próximos diez años. A esto se le agregan las variaciones que ocurren en los factores del clima, donde las temperaturas son más altas y las sequías más prolongadas e intensas, con incidencia directa en los cultivos (González, 2002; González *et al.*, 2005). En la región más oriental de Cuba, sitio donde se realizó esta investigación, existen suelos salinizados que en total ocupan 55% de los suelos de la región.

Entre las regiones más afectadas se encuentran la zona de San Germán y Alto Cedro. También se presentan suelos salinos alrededor de la Bahía de Nipe. En el Valle del Cauto existen extensas áreas salinizadas; además, en el Valle de Guantánamo los suelos salinos van desde Solonchak típico, con una concentración de sales que en muchos casos superan 2.5%, hasta ligeramente salinos, siendo la región oriental donde el proceso de salinización se desarrolló de manera más notable y existen alrededor de 30 000 ha afectadas (Mesa, 2003).

El estrés provocado por la salinidad, afecta el rendimiento de las especies cultivadas, impide su desarrollo y en unos casos la muerte de la planta. Cuando las plantas de tomate son sometidas a estrés por salinidad, depositan solutos como prolina, fructosa, glucosa y sacarosa (Pérez-Alfocea *et al.*, 1996; Balibrea *et al.*, 1997) y la alteración de la síntesis de estos osmorreguladores se realiza en la planta con un costo energético alto (Heuer, 1994; Heuer y Nadler, 1998) afectando de manera negativa el desarrollo de las plantas y el rendimiento (Mizrahi *et al.*, 1988). Estudios más recientes

indican que los efectos principales de la salinidad en las plantas es la disminución de la absorción de agua, absorción de iones que provocan toxicidad, desbalance nutrimental, cambios fisiológicos, entre otros (Tarchoune *et al.*, 2013; Ghulam-Abbas *et al.*, 2015; Postnikova y Nemchinov, 2015).

Para contrarrestar el efecto de la salinidad en las plantas, se han buscado diferentes alternativas que permitan una nutrición orgánica, ecológicamente sostenible que posea como condición principal, además de la producción para satisfacer las necesidades humanas, la de mejorar y conservar el medio ambiente. De acuerdo con Wencomo y Lugo (2013), una de las alternativas es utilizar estimulantes naturales que contribuyan al incremento de la productividad y calidad de los productos derivados de las especies de plantas cultivadas, eliminando de manera parcial o total el uso de fertilizantes de origen químico. Uno de los estimulantes biológicos más utilizados para mitigar el efecto de la salinidad es el humato de vermicompost, producto que tiene su origen en la Universidad Agraria de La Habana, Cuba y está registrado con el nombre comercial de Liplant<sup>®</sup> (Garcés, 2000).

Este bioestimulante presenta una actividad biológica alta a concentraciones bajas del producto, facilita el desarrollo radicular de las plantas, el crecimiento del tallo y las hojas, índice de floración mayor con un incremento en la fructificación efectos que producen plantas más saludables y vigorosas, que logran producción y rendimiento mayor por área de cultivo (Garcés, 2000). Los bioestimulantes también representan una alternativa viable y potencial para la producción sustentable de alimentos, donde el desarrollo de la agricultura orgánica es una realidad que permite lograr estabilidad en el ciclo biológico «clima-suelo-planta» para obtener beneficios mayores de los recursos que se dispone y proteger y conservar el medio ambiente (Arteaga *et al.*, 2007).

Es por ello que se desarrollan y se utilizan compuestos de origen orgánico, como los abonos orgánicos, abonos verdes, la combinación de abonos con la rotación de cultivos, residuos de cosecha, rastrojos, residuos de animales así como formas más elaboradas como la composta, el vermicompost, el humus de lombriz, que se utilizan cada vez más porque contribuyen al establecimiento y desarrollo de una agricultura sostenible (Vilches y Núñez, 2000; Fonseca de la Cruz *et al.*, 2011; Mariña de la Huerta *et al.*, 2012).

Como se mencionó anteriormente, la región oriental de Cuba, específicamente la provincia Granma, presenta problemas en los suelos, pues en algunos casos están afectados por sales y provocan que algunas especies cultivadas como el tomate, no alcancen su máximo potencial de crecimiento en condiciones de almácigo o semillero, debido al estrés que provoca principalmente el NaCl, por lo que se requiere utilizar alternativas para aumentar la tolerancia de las plántulas que posteriormente se trasplantarán a campo para la producción de frutos. En este contexto, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de diferentes concentraciones de humato de vermicompost en el crecimiento y desarrollo de plántulas de tomate cultivadas en suelos afectados por salinidad.

## **Materiales y métodos**

### **Sitio de estudio y caracterización edafo-climática**

La investigación se desarrolló en condiciones de semillero o almácigo, en el municipio Jiguaní, localizado en las coordenadas 20° 22' 23" N, 76° 25' 20" W (Academia de Ciencias de Cuba, 1989) específicamente con un grupo de productores de la UBPC # 1 "Ernesto Che Guevara". Las

semillas se sembraron en el mes de octubre y se depositaron a una distancia de 1 cm entre éstas y a 5 cm entre surcos, en suelo tipo Fluvisol (Hernández *et al.*, 1999), manteniendo las condiciones adecuadas para la germinación y desarrollo de las plántulas, acorde con Gómez *et al.* (2000). Las características del suelo a la profundidad de desarrollo de las plántulas (0-20 cm) presentó una conductividad eléctrica de 3.50 dS m<sup>-1</sup>, un pH de 7.5, un contenido de materia orgánica de 3.25%. Durante la etapa de desarrollo de las plántulas, la humedad promedio fue 83%, una temperatura promedio de 26.3 °C y una precipitación total de 45.2 mm.

### **Tratamientos con humato de vermicompost**

Se utilizaron cuatro tratamientos consistentes en tres diluciones de humato de vermicompost del producto conocido como Liplant<sup>®</sup> y un testigo sin aplicación de este producto. Previo al trasplante, las plántulas de tomate variedad Amalia, se imbibieron en las diferentes diluciones del humato de vermicompost. Se prepararon cuatro porciones de volúmenes iguales, consistentes en las tres diluciones (v/v) de humato (1/10, 1/20 y 1/30 y la cuarta porción se utilizó como el control, usando agua destilada). Las plántulas se colocaron durante 6 horas en inmersión en cada dilución y el control (agua destilada) posteriormente se secaron durante 24 h a temperatura ambiente y en la sombra. Posteriormente se trasplantaron en campo.

### **Diseño experimental**

El experimento se desarrolló en un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones por tratamiento. Los tratamientos consistieron en aplicar a las plántulas, las tres diluciones de humato de vermicompost (1/10, 1/20, 1/30 y un control -agua destilada-). Se utilizaron 640 plántulas por tratamiento.

### **Composición del humato de vermicompost**

El humato de vermicompost se obtuvo por donación de la Universidad Agraria de La Habana, La Habana, Cuba. Este producto es un estimulador vegetal y portador de minerales como calcio (20.2 mg L<sup>-1</sup>), cobre (0.164 mg L<sup>-1</sup>), magnesio (6.52 mg L<sup>-1</sup>), manganeso (0.492 mg L<sup>-1</sup>), potasio (18.3 mg L<sup>-1</sup>), hierro (11.4 mg L<sup>-1</sup>), sodio (5.7 mg L<sup>-1</sup>), zinc (1.11 mg L<sup>-1</sup>), fósforo (1-28%), níquel (0.032 mg L<sup>-1</sup>) y cromo (0.225 mg L<sup>-1</sup>). También contiene aminoácidos libres (9-10 mg L<sup>-1</sup>), polisacáridos, carbohidratos, elementos inorgánicos, sustancias húmicas (25-30% p/v), microorganismos benéficos, hormonas vegetales como auxinas (AIA, AIP, de 0.5 a 2 mg L<sup>-1</sup>), giberelinas (GA<sub>3</sub>, de 0.5 a 2 mg L<sup>-1</sup> y citocininas (adenina, de 0.01 a 0.5 mg L<sup>-1</sup>) y humus solubles, cuya composición por fracciones químicas corresponden a un pH de 7 a 7.5, 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 E4/E6 de su coeficiente óptico.

### **Variables de crecimiento**

Para la evaluación de las variables de crecimiento de las plántulas de tomate, se seleccionaron 40 plántulas al azar por tratamiento y repetición, para un total de 160 plántulas por tratamiento. A los 24 días después del trasplante (DDT), se midieron las siguientes variables:

Altura de plántula (cm). Se midió con un flexómetro a partir de la base del tallo por debajo del primer entrenudo hasta la parte superior de las ramas o copa de la plántula.

Diámetro de tallo (cm). Se midió con un vernier o pie de rey.

Número de hojas por plántula. Se contabilizaron directamente el número de hojas verdaderas de cada plántula.

Peso fresco de parte aérea y de raíz (g). Se tomó cada plántula y se dividió en parte aérea (tallo y hojas) y raíz y se pesaron, utilizando una balanza de precisión (Mettler Toledo® PR2002).

Peso seco de parte aérea y de raíz (g). Las hojas y tallos (parte aérea) y raíz, después de registrar el peso fresco, se colocaron en bolsas de papel y se introdujeron en estufa de secado (Shel-Lab®, modelo FX-5, serie-1000203) a 65°C, hasta peso constante. El peso se determinó mediante balanza de precisión (Mettler Toledo® PR2002).

### Análisis estadístico

Se realizaron análisis de varianza y cuando se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, se utilizó una prueba de comparación múltiple de medias (Tukey HSD,  $p \leq 0.05$ ). El número de hojas se transformó mediante raíz cuadrada de cada dato mediante la ecuación  $X = \sqrt{n}$ , con el objetivo de cumplir con los supuestos de homogeneidad de varianza (Sokal y Rohlf, 1988). Todos los análisis se realizaron con Statistica® v. 10.0 para Windows (StatSoft®, Inc. 2011).

## Resultados y discusión

Todas las variables del crecimiento de plántulas de tomate mostraron diferencias significativas entre las diluciones del humato de vermicompost utilizadas (Cuadro 1). Asimismo, todas las variables mostraron valores superiores en la dilución de 1/30 (v/v), seguido de las diluciones 1/20 y 1/10, mostrando valores inferiores en el tratamiento control. El valor porcentual de incremento en la dilución de 1/30 respecto al tratamiento control fue de 61, 68, 63, 50, 19, 30, 56 y 27 para altura, diámetro de tallo, longitud de raíz, número de hojas, peso fresco de raíz, peso seco de raíz, peso fresco de parte aérea y peso seco de parte aérea, respectivamente.

**Cuadro 1. Variables de crecimiento de plántulas de tomate cultivadas en suelo salino y sometidas a diferentes diluciones de humato de vermicompost.**

Diluciones de humato de vermicompost (v/v)	Altura de plántula (cm)	Diámetro de tallo (cm)	Núm. de hojas	Peso fresco de parte aérea (g)	Peso seco de parte aérea (g)	Peso fresco de raíz (g)	Peso seco de raíz (g)	Longitud de raíz (cm)
1/10	13.67 c	0.2 c	2.67 c	1 c	0.1 b	0.08 c	0.05 c	6.44 c
1/20	14.92 b	0.22 b	3.45 b	1.2 b	0.11 b	0.12 b	0.08 b	7.47 b
1/30	18.12 a	0.25 a	4.62 a	1.4 a	0.15 a	0.16 a	0.1 a	8.73 a
Control	10.98 d	0.17 d	2.3 d	0.79 d	0.04 c	0.03 d	0.03 d	5.54 d
Nivel de sig.	0.05	0.001	0.05	0.001	0.001	0.001	0.001	0.013

Medias con letras distintas en columna difieren estadísticamente (Tukey HSD  $p \leq 0.05$ ).

De acuerdo con Casanova *et al.* (2003), para la producción de plántulas de tomate en almácigo o semillero, se debe tomar en cuenta la longitud y diámetro del tallo y el número de hojas, porque estas variables intervienen en el manejo de las plántulas en el momento del trasplante, aumentando o disminuyendo la resistencia al estrés que constituye esta labor para las plántulas, además del establecimiento de las mismas en el área de producción. En este contexto, Casanova *et al.* (2003) establecieron como características deseables de las plántulas de tomate para el trasplante, valores entre 12 a 14 cm en la altura, de 3 a 4 hojas por plántulas y un diámetro del tallo mayor a 3 mm, además, se debe tener cuidado con la sanidad y el estado nutricional de las plántulas.

Los resultados de este estudio con relación a todas las variables medidas indican que el humato de vermicompost aplicado fue efectivo en las condiciones del tipo de suelo en la fase de semillero o almácigo, al lograrse incrementos significativos respecto al control, lo que permitió a las plántulas, presentar características deseables y acorde con los valores establecidos por Casanova *et al.* (2003). También Wencomo y Lugo (2013) reportaron efectos positivos de este bioestimulante demostrando que favorece el crecimiento del tallo, entre otras variables relacionadas con el crecimiento de plántulas. Por su parte, Ortega y Fernández (2007) señalan que las sustancias húmicas del humato de vermicompost tienen un efecto bioestimulante y también se depositan en cantidades pequeñas en las hojas, logrando un efecto nutricional, pero se garantiza una disponibilidad mayor cuando se aplica a través del suelo, porque este es absorbido por las raíces.

Resultados similares a los encontrados en este estudio los reportó Arteaga *et al.* (2006) en un experimento de campo y utilizando plantas de tomate a las cuales les aplicó diferentes diluciones de humato de vermicompost vía foliar. También en tomate, Fonseca de la Cruz *et al.* (2011) utilizaron diferentes diluciones de humato de vermicompost, entre ellas la de 1/30 y encontró incrementos en las variables del crecimiento vegetativo. En maíz, Calderín-García *et al.* (2009) reportaron que la dilución 1/30 v:v del humus de lombriz, estimuló el crecimiento, la biomasa en la raíz y el tallo, mientras que la dilución de 1/20 v:v ejerció un efecto mayor sobre la longitud y el área de la raíz.

En un estudio con tomate variedad Vyta y utilizando tres diluciones de humato de vermicompost (1/10, 1/20 y 1/30), Reyes-Pérez (2009) reportó incrementos mayores en las variables del crecimiento en la dilución de 1/30. Otras diluciones como 1/60 del humato del vermicompost, han demostrado que mitiga los efectos negativos que ocasiona el NaCl en especies vegetales como albahaca (*Ocimum basilicum* L.) en la etapa de emergencia, reportando que el porcentaje y tasa de emergencia, longitud de radícula, altura de plántula, biomasa fresca y seca de radícula y de parte aérea se incrementaron tanto en la variedad tolerante al NaCl (Napoletano) como en la sensible (Sweet Genovese) al utilizar el bioestimulante, aun en condiciones de estrés por salinidad (Reyes-Pérez *et al.*, 2014).

En la misma especie, pero en la etapa del crecimiento vegetativo inicial, Reyes-Pérez *et al.* (2016) mostraron que en esta etapa, el humato de vermicompost en una dilución de 1/60, también mitiga el efecto nocivo que provoca el NaCl, incrementando la tolerancia al estrés salino tanto de la variedad tolerante como de la sensible al NaCl.

La mayoría de los estudios que utilizan el humato de vermicompost como bioestimulante del crecimiento vegetal y como mitigador del estrés abiótico, coinciden que el efecto positivo que ejerce el humato se debe a los ácidos húmicos y fúlvicos que contiene este estimulante (Arteaga

*et al.*, 2006) de los cuales se conoce su acción hormonal, generalmente tipo auxina, que implica el incremento de la actividad de la H<sup>+</sup>-ATPasa y por consiguiente el aumento en la extrusión de protones, lo que se correspondería con la teoría del crecimiento (Canellas *et al.*, 2002; Quaggiotti *et al.*, 2004; Canellas y Façanha, 2004) que trae consigo una capacidad de absorción mayor de los nutrientes por el sistema radicular de las plántulas, que permite una fijación mayor sobre el suelo cuando estas se trasplantan en campo.

Los ácidos húmicos y fúlvicos del humato de vermicompost tienen un efecto positivo en la raíz y en la parte aérea de las plantas (Vaughan y Malcolm, 1985; Van de Venter *et al.*, 1991; Façanha *et al.*, 2002; Canellas *et al.*, 2002; Canellas y Façanha, 2004), efecto que se logra a través de los procesos fisiológicos-bioquímicos en las plantas, con intervención positiva en la respiración, velocidad de las reacciones enzimáticas del ciclo de Krebs, lo cual propicia una producción de ATP mayor, así como también en efectos selectivos sobre la síntesis proteica y aumento o inhibición de la actividad de diversas enzimas (Nardi *et al.*, 2002). La aplicación de sustancias húmicas en especies que se desarrollan en condiciones de estrés, entre ellos, el salino, reduce los efectos negativos de este estrés abiótico (Varanini y Pinton, 1995; Dubbini, 1995; Chukov *et al.*, 1996).

Al parecer las sustancias húmicas reducen la absorción de Na<sup>+</sup> porque actúan sobre las H<sup>+</sup>-ATPasas de membrana plasmática (Canellas *et al.*, 2002; Canellas y Façanha, 2004) y H<sup>+</sup>-pirofosfatasas estimulando el proceso natural de exclusión de Na<sup>+</sup> por parte de la planta. El mecanismo de toxicidad principal y específico causado por el NaCl en las plantas es la generación elevada de radicales libres que provocan el estrés oxidativo en las mitocondrias (Hernández *et al.*, 1993). En este sentido, las sustancias húmicas afectan la actividad enzimática, la expresión de las proteínas, la extrusión de protones (Canellas *et al.*, 2002; Façanha *et al.*, 2002) y los niveles del RNA mensajero (Quaggiotti *et al.*, 2004; Elena *et al.*, 2009) del protón de la membrana plasmática de la ATPasa (PM H<sup>+</sup>-ATPase) de una manera similar a los efectos que ejercen las auxinas en PM H<sup>+</sup>-ATPasa reportada en maíz (Frías *et al.*, 1996). Esta enzima tiene un rol crucial en la absorción de nutrientes y crecimiento de la raíz lo cual se confirma por su abundancia en los tejidos de la raíz (Palmgren, 2001).

El humus líquido de vermicompost también contiene aminoácidos, minerales y fracciones químicas, los cuales activan la producción de energía metabólica, que es aprovechada en la formación de estructuras nuevas en las plantas (Mayhew, 2004). De acuerdo con Pierik (1990) la relación elevada de auxina/citocinina induce la formación y la elongación de raíces y en el caso del humato de vermicompost, el contenido de auxina es mayor que el de citocinina, lo cual favorece la respuesta de la planta al aplicar este bioestimulante.

Aunque en términos generales la respuesta de las plantas con y sin estrés es favorable, de acuerdo con Zandonadi *et al.* (2013) es importante tener un método estándar que se utilice para lograr una comparación eficiente de los resultados en una diversidad de fuentes de sustancias húmicas y especies de plantas, sobre todo dirigir los esfuerzos hacia el desarrollo de un método bioquímicamente estandarizado, técnicamente accesible y económicamente viable para calificar la bioactividad de la materia orgánica.

## Conclusiones

Las variables del crecimiento de plántulas de tomate, altura, diámetro de tallo, longitud de raíz, número de hojas, peso fresco de raíz, peso seco de raíz, peso fresco de parte aérea y peso seco de parte aérea, alcanzaron valores máximos en la dilución 1/30 (v/v) del humato de vermicompost, con valores porcentuales respecto al tratamiento control de 61, 68, 63, 50, 19, 30, 56 y 27 para altura, diámetro de tallo, longitud de raíz, número de hojas, peso fresco de raíz, peso seco de raíz, peso fresco de parte aérea y peso seco de parte aérea, respectivamente.

En general, los resultados obtenidos confirman el efecto positivo del humato de vermicompost en el crecimiento y desarrollo de plántulas de tomate, al incrementar significativamente las variables del crecimiento respecto a las plántulas no tratadas; además, este bioestimulante es una opción ecológica para obtener plántulas de calidad, cultivadas en agroecosistemas frágiles y degradados como los suelos salinos, cuyo uso no contamina el medio ambiente, además conserva la fertilidad y biodiversidad del suelo.

## Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo técnico de Pedro Luna-García y Lidia Hiraes-Lucero. La difusión de esta investigación se realizó con fondos de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Veracruzana y del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, SC.

## Literatura citada

- Academia de Ciencias de Cuba. 1989. Nuevo atlas nacional de Cuba. Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía. La Habana. 41 p.
- Arteaga, M.; Garcés, N.; Guridi, F.; Pino, J. A.; Caro, I.; Bernardo, O.; Calzadilla, J.; Mesa, S.; López, A.; Ruisánchez, Y.; Menendez, J. y Cartaza, O. 2006. Evaluación de las aplicaciones foliares de humus líquido en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) var. amalia en condiciones de producción. Cultivos Tropicales. 27(3):95-101.
- Arteaga, M.; Garcés, N.; Novo, R.; Guridi, F.; Pino, J. A.; Acosta, M.; Pasos, M. y Besú, D. 2007. Influencia de la aplicación foliar del bioestimulante Liplant sobre algunos indicadores biológicos del suelo. Rev. Protección Vegetal. 22:110-117.
- Balibrea, M. E.; Cayuela, E.; Artés, F. y Pérez, A. F. 1997. Salinity effects on some postharvest quality factors in a commercial tomato hybrid. J. Hortic. Sci. 72(6):885-892.
- Calderín, G. A.; Guridi, I. F.; Mollineda, T. A.; García, N. E.; Pimentel, J.; Huelva, L. R.; Valdés, C. R. y Hernández, G. O. L. 2009. Efectos biológicos de derivados del humus de lombriz sobre el crecimiento de plantas de maíz cv. Canilla. Centro Agrícola. 36(1):27-31.
- Canellas, L. P. and Façanha, A. R. 2004. Chemical nature of soil humified fractions and their activity. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 39(3):233-240.
- Canellas, L. P.; Olivares, F. L.; Okorokova, F. A. L. and Façanha, A. R. 2002. Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H<sup>+</sup>-ATPase activity in maize roots. Plant Physiology. 130:1951-1957.
- Casanova, A. S.; Gómez, O.; Laterrol, H. y Anais, G. 2003. Manual para la producción protegida de hortalizas. Editorial Agroinfor, Minag. La Habana, Cuba. 250 p.



- Chukov, S. N.; Talishkina, V. D. and Nadporozhzhkaya, M. A. 1996. Physiological activity of growth stimulators and of soil humic acids. *Eur. Soil Sci.* 28(4):30-39.
- Dubbini, G. 1995. Interés de los bioestimulantes. *Hortoinformación.* 9:50-51.
- Elena, A.; Diane, L.; Eva, B.; Marta, F.; Roberto, B.; Zamarréño, M. and García-Mina, J. M. 2009. The root application of a purified leonardite humic acid modifies the transcriptional regulation of the main physiological root responses to Fe deficiency in Fe-sufficient cucumber plants. *Plant Physiol. Biochem.* 47:215-223.
- Façanha A. R.; Façanha, A. L. O.; Olivares, F. L.; Guridi, F.; Santos, G. A.; Velloso, A. C. X.; Rumianek, V. M.; Brasil, F.; Schripsema, J.; Braz, F. R.; Oliveira, M. A. and Canellas, L. P. 2002. Bioatividade de ácidos húmicos: efeito sobre o desenvolvimento radicular e sobre a bomba de prótons da membrana plasmática. *Pesquisa Agropecuária Brasileira,* 37:1301-1310.
- FAO. 2017. Food and Agriculture Organization of the United Nations. La sal de la tierra: peligro para la producción de alimentos. Cumbre Mundial sobre la Alimentación, 5 años después. <http://www.fao.org/worldfoodsummit/spanish/newsroom/focus/focus1.htm>.
- Fonseca de la Cruz, A.; Salgado, B. Y. y Sotto. T. A. 2011. Empleo de micorriza y humus de lombriz líquido (Liplant) para la producción de posturas en el cultivo del tomate bajo los principios de la agricultura sostenible. *Rev. Granma Ciencia.* 15(3):1-9.
- Frías, I.; Caldeira, M.T.; Pérez, C. J. R.; Navarro, A. J. P.; Culiáñez, M. F. A.; Kuppinger, O.; Stransky, H.; Pagés, M.; Hager, A. and Serrano, R. 1996. A major isoform of the maize plasma membrane H(+)-ATPase: characterization and induction by auxin in coleoptiles. *The Plant Cell.* 8:1533-1544.
- Garcés, N. 2000. Evaluación y obtención de extractos con actividad bioestimulante a partir del vermicompost. Anuario. Universidad Agraria de La Habana (UNAH), La Habana, Cuba. 38-43 pp.
- Gómez, O.; Casanova, A.; Laterrol, H. y Anais, G. 2000. Manual técnico. Mejora genética y manejo del cultivo del tomate para la producción en el Caribe. Instituto de Investigaciones Hortícola "Liliana Dimitrova". La Habana, Cuba. 159 p.
- González, L. M. 2002. Reflexiones sobre los mecanismos generales de adaptación de las plantas a la salinidad y a otros tipos de estrés. *Alimentaria.* 339:99-102.
- González, L. M.; Argente, L.; Zaldívar, N. y Ramírez, R. 2005. Efecto de la sequía simulada con PEG-6000 sobre la germinación y el crecimiento de las plántulas de dos variedades de trigo. *Cultivos Tropicales.* 26(4):45-49.
- Ghulam, A.; Muhammad, S.; Javaid, A. and Muhammad A. H. 2015. Interactive effects of salinity and iron deficiency on different rice genotypes. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 178:306-311.
- Hernández, A.; Pérez, J.; Bosch, J. y Rivero, L.D. 1999. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. Agrinfor, Minagri. Instituto de Suelos. La Habana, Cuba. 64 p.
- Hernández, J. A.; Corpas, F. J.; Gómez, M.; Del Río, L. A. and Sevilla, F. 1993. Salt induced oxidative stress mediated by activated oxygen species in pea leaf mitochondria. *Physiologia Plantarum.* 89:103-110.
- Heuer, B. 1994. Osmoregulatory role of proline in water and salt-stressed plants. *In:* Pessarakli, M. (Ed.). *Handbook of plant and crop stress.* Marcel Dekker, Inc., USA. 363-381 pp.
- Heuer, B. and Nadler, A. 1998. Physiological response of potato plants to soil salinity and water deficit. *Plant Sci.* 137:43-51.
- Infoagro. 2017. El cultivo del tomate. <http://www.infoagro.com/hortalizas/tomate.htm>.

- Mariña de la H, C.; Nieto, M. M.; Almaguer, S. M.; Castillo, F. P. y Bruqueta, Y. D. 2012. Efecto del humus líquido Liplant sobre el crecimiento, rendimiento y calidad en tabaco negro cultivado sobre bases agroecológicas. *Rev. Granma Ciencia*. 16(1):1-10.
- Mayhew, L. 2004. Humic substances in biological agriculture. *ACRES USA*. 34(1-2):1-8.
- Mesa, D. 2003. Obtención de plantas resistentes a la salinidad para los suelos salinos cubanos. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 37(3):217-226.
- Mizrahi, Y.; Taleisnik, E.; Kagan-Zur, V.; Zohar, Y.; Offenbach, R.; Matan, E. and Golan, R. 1988. A saline irrigation regime for improving tomato fruit quality without reducing yield. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 113(2):202-205.
- Nabhan, H. A.; Mashali, M. and Mermut, A. R. 1999. Integrated soil management for sustainable agriculture and food security in Southern and East Africa. Proceedings of the expert consultation. Harare, Zimbabwe. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. 8-12 December. 406 p.
- Nardi, S.; Pizzeghello, C.; Ferrarese, L.; Trainotti, L. and Casadoro, G. 2002. A low molecular weight humic fraction on nitrate uptake and protein synthesis in maize seedlings. *Soil Biol. Biochem.* 32(3):415-419.
- Ortega, R. and Fernández, M. 2007. Agronomic evaluation of liquid humus derived from earthworm humic substances. *J. Plant Nutr.* 30:2091-2104.
- Palmgren, M. G. 2001. Plant plasma membrane H<sup>+</sup>-ATPase: powerhouses for nutrient uptake. *Annual Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 52:817-845.
- Pérez, A. F.; Balibrea, M. E.; Santacruz, A. and Estan, M.T. 1996. Agronomical and physiological characterization of salinity tolerance in a commercial tomato hybrid. *Plant and Soil* 180:251-257.
- Pierik, R. L. M. 1990. Cultivo in vitro de las plantas superiores. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 151 p.
- Postnikova, O. A. and Nemchinov, L. G. 2015. Natural antisense transcripts associated with salinity response in alfalfa. *The Plant Genome*. 8(2):33-39.
- Quaggiotti, S.; Ruperti, B.; Pizzaghello, D.; Francioso, O.; Tugnoli, V and Nardi, S. 2004. Effect of low molecular size humic substances on nitrate uptake and expression of genes involved in nitrate transport in maize (*Zea mays* L.). *J. Exp. Bot.* 55:803-813.
- Reyes, P. J. J.; Guridi, I. F.; Reynaldo, E. I. M. y Larrinaga, M. J. A. 2009. Efectos del humus líquido sobre los rendimientos del tomate en suelos salinos en la región oriental de Cuba. *Centro Agrícola*. 36(3):57-61.
- Reyes, P. J. J.; Murillo, A. B.; Nieto, G. A.; Troyo, D. E.; Reynaldo, E. I. M.; Rueda, P. E. O. and Guridi, I. F. 2014. Humatos de vermicompost como mitigador de la salinidad en albahaca (*Ocimum basilicum* L.) *Rev. Facultad Cienc. Agr. Universidad Nacional de Cuyo*. 46(2):149-162.
- Reyes, P. J. J., Murillo, A. B.; Nieto, G. A.; Troyo, D. E.; Rueda, P. E. O.; Hernández, M. L. G.; Preciado, R. P.; Beltrán, M. A.; Rodríguez, F. F. y López, B. R. J. 2016. Uso de humatos de vermicompost para disminuir el efecto de la salinidad en el crecimiento y desarrollo de albahaca (*Ocimum basilicum* L.). *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 7(6):1375-1387.
- Royo, A. y Abió, D. 2003. Salt tolerance in *Triticum durum* wheat cultivars. *Japanese J. Crop Sci.* 63(2):158-163.
- Royo, A. y Aragüés, R. 2003. Establecimiento de nuevos índices de tolerancia de los cultivos a la salinidad: la cebada como caso de estudio. *Investigación Agraria. Producción y Protección Vegetal*. 17(3):410-421.

- SIAP. 2016. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Anuario estadístico de la producción agrícola. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>.
- Sokal, R. R. and Rohlf, F. J. 1988. Biometry: the principles and practice of statistics in biological research. Third edition. Freeman & Co, San Francisco, CA, USA.
- StatSoft. 2011. Statistica. System reference. StatSoft, Inc., Tulsa, Oklahoma, USA. 1098 p.
- Tarchoune, I.; Sgherri, C.; Ba<sup>^</sup>atour, B.; Izzo, R., Lacha<sup>^</sup>al, M.; Navari-Izzo, F. and Ouerghi, Z. 2013. Effects of oxidative stress caused by NaCl or Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> excess on lipoic acid and tocopherols in Genovese and Fine basil (*Ocimum basilicum* L.). Ann. App. Biol. 163:23-32.
- Van de Venter, H. A.; Furter, M.; Dekker, J. and Cronje, I. J. 1991. Simulation of seedling root growth by coal-derived sodium humate. Plant and Soil. 138:17-21.
- Varanini, Z. and Pinton, R. 1995. Humic substances and plant nutrition. Progress Bot. 56:97-116.
- Vaughan, D. and Malcolm, R.E. 1985. Influences of humic substances growth and physiological processes. In: soil matter and biological activity. Vaughan, D. and Malcolm, R. E. (Eds.). Martinus Nijhoff Pub. Dordrecht. 37-76 pp.
- Vilches, E. y Núñez, E. 2000. Efectos de los residuos de leguminosas sobre estadios de una población de lombrices (*Eisenia foetida*) y caracterización biológica del humus obtenido. Cultivos Tropicales. 21 (3):25-28.
- Wencomo, H. B. y Lugo, J. 2013. Rendimiento de materia seca y otros componentes en *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham con el uso del Liplant. Pastos y Forrajes. 36(1):43-49.
- Zandonadi, D. B.; Santos, M. P.; Busato, J. G.; Pereira Peres, L. E. and Façanha, A. R. 2013. Plant physiology as affected by humified organic matter. Theoretical and Experimental Plant Physiology. 25(1):12-25.