

ACIDOS HÚMICOS Y SU EFECTO SOBRE VARIABLES MORFOMÉTRICAS EN PLANTAS DE ZANAHORIA (*Daucus carota L*)

HUMIC ACIDS AND THEIR EFFECT ON MORPHOMETRIC VARIABLES IN CARROT PLANTS (*Daucus carota L*)

Juan José Reyes Pérez^{1,2*}, Fernando Abasolo Pacheco², Ángel Joel Yépez Rosado², Ricardo Augusto Luna Murillo¹, Darwin Zambrano Burgos¹, Vicente Francisco Vázquez Morán¹, Daniel Antonio Cabrera Bravo³, Jenny Alexandra Guzmán Acurio⁴, Juan Antonio Torres Rodríguez⁵, William Oswaldo Rodríguez Mendoza⁶

¹ Universidad Técnica de Cotopaxi. Extensión La Maná. Av. Los Almendros y Pujilí, Edificio Universitario, La Maná, Ecuador.

² Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Av. Walter Andrade. Km 1.5 vía a Santo Domingo. Quevedo, Los Ríos, Ecuador.

³ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.

⁴ Instituto Superior Tecnológico de Valencia. Valencia, Los Ríos, Ecuador.

⁵ Universidad de Granma. Carretera a Manzanillo Km 17 ½, Peralejo, Apartado 21, Bayamo, Granma Cuba.

⁶ Estudiante de Ingeniería Agronómica. Universidad Estatal de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

RESUMEN

Las sustancias húmicas tienen profundos efectos físicos, químicos y biológicos sobre el suelo, con un efecto estimulante para el crecimiento de las plantas. Estas sustancias influyen en la movilidad de compuestos orgánicos no iónicos como pesticidas y contaminantes, removiéndolos de las soluciones acuosas. El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de los ácidos húmicos sobre la morfometría de plantas de zanahoria, las cuales se sometieron a la aplicación de ácidos húmicos a 10 mg/L y un tratamiento control. El estudio se desarrolló en una estructura tipo invernadero con sombra del 40%. Se midió la longitud de la raíz, biomasa fresca de la raíz, longitud de las hojas, biomasa fresca de las hojas y diámetro superior. Los resultados mostraron que los ácidos húmicos aplicados favorecieron el desarrollo de las variables morfométricas en plantas de zanahoria con valores de largo de la raíz de 20 cm y biomasa de 102 g, significativamente superiores al tratamiento control. Se discute la respuesta entre las plantas de zanahoria y la aplicación de ácidos húmicos.

Palabras clave: bioestimulante, variables morfométricas, hortaliza.

ABSTRACT

Humic substances have profound physical, chemical and biological effects on the soil, with a stimulating effect for the growth of plants. These substances influence the mobility of nonionic organic compounds such as pesticides and contaminants, removing them from aqueous solutions. The objective of the present study was to determine the effect of humic acids on the morphometry of carrot plants, which were subjected to the application of humic acids at 10 mg/L and a control treatment. The study was carried out in a greenhouse-type structure with shade of 40%. Carrot root length, fresh root biomass, leaf length, leaf fresh biomass and upper diameter were measured. Results showed that the applied humic acids favored the development of the morphometric variables in carrot plants with values of 20 cm

for root length and 102 g for biomass. The response between carrot plants and the application of humic acids is discussed. **Key words:** biostimulant, morphometric variables, vegetable.

INTRODUCCIÓN

La zanahoria es un producto muy apetecido tanto por su alto contenido de beta caroteno, el precursor de la vitamina A, así como también ser una fuente de vitaminas y minerales. El cultivo de la zanahoria en Ecuador se realiza donde las temperaturas fluctúan entre 16 y 18°C generalmente de forma intensiva apoyado en el uso de fertilizantes y pesticidas químicos. (SOLAGRO, 2017).

Sin embargo, con el aumento de la población mundial, la agricultura moderna enfrenta grandes problemas económicos y medio ambientales, provocados por el uso irracional de los recursos naturales y productos químicos. En ese sentido, el objetivo principal de la agricultura es el de satisfacer de alimentos y fibras a los seres humanos. Sin embargo, estas necesidades son mayores a medida que aumenta la población mundial, la cual se espera que para el año 2025 alcance de 6,5 a 8,5 mil millones de habitantes (FAO, 2015).

Ante esta realidad, en los últimos años se han adoptado metodologías de producción agrícola que permitan contrarrestar las consecuencias ecológicas, perjudiciales de las prácticas agrícolas modernas y los problemas del clima. En especial alternativas orgánicas que solucionen a bajos costos los problemas de fertilización de los cultivos agrícolas de interés económico (FAO, 2016).

Una de estas prácticas la constituye el uso de bioestimulantes del crecimiento vegetal y especial énfasis ha cobrado la utilización de los ácidos húmicos (AH); debido fundamentalmente al papel crucial que este cumple en la nutrición vegetal y su efecto en la incorporación de determinados nutrientes a las plantas (Jardín, 2015).

Los ácidos húmicos son macromoléculas polielectrolíticas que desempeñan un papel importante en el ciclo global de carbono y nitrógeno y en la regulación de la movilidad de

*Autor para correspondencia: Juan José Reyes Pérez.
Correo electrónico: jjreyesp1981@gmail.com

Recibido: 17 de marzo de 2017

Aceptado: 08 de mayo de 2017

nutrientes y contaminantes ambientales (Christi *et al.*, 2000). Además, se encuentran en carbones marrones como carbón de bajo rango (CBR) tipo lignito, el cual presenta bajo grado de carbonificación (Peña *et al.*, 2005; Giannoulli *et al.*, 2009). Por otra parte, se ha reportado que los AH pueden actuar como fitohormonas, debido a que presentan sustancias que estimulan el crecimiento celular y que su bioactividad está relacionada con un mayor contenido de grupos nitrogenados en su estructura, muy parecida a la actividad de promoción de crecimiento del ácido indol acético (Nardi *et al.*, 2002; Pasqualoto *et al.*, 2009).

El objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de los ácidos húmicos sobre la morfometría de plantas de zanahoria, con el fin de dilucidar la posible respuesta del cultivo a la aplicación de este bioestimulante.

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 Experimental "La Playita", de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná, localizado geográficamente a los WGS 84: Latitud S0° 56' 27" Longitud W 79° 13' 25". La Tabla 1, presenta las condiciones climáticas del área experimental.

Tabla 1. Condiciones climáticas del área de estudio
Table 1. Climatic conditions of the study area

Características	Promedio
Altitud msnm	193.00
Temperatura (°C)	24.60
Humedad relativa (%)	85.00
Heliofanía (horas/luz/año)	793.20
Precipitación anual total (mm)	1977.80

Fuente: INAHMI, 2016

Las características físico-químicas del suelo se determinaron en la Estación Experimental Tropical de Pichilingue (INIAP) (Tabla 2).

Material genético

Se utilizaron semillas de zanahoria de la variedad Tropical CH-4. Previo al presente experimento y con el fin de evaluar la calidad de las semillas de las variedades en estudio, se realizó una prueba de germinación, utilizando la metodología propuesta por ISTA (1999).

Diseño experimental y tratamientos

El experimento se realizó mediante un diseño completamente al azar con arreglo factorial, donde el factor A fue la variedad de zanahoria, y el factor B fue la concentración de ácidos húmicos (10 mg/L), con seis repeticiones. Las semillas de la variedad se desinfectaron mediante inmersión por 5 min en una solución de hipoclorito de calcio, conteniendo

Tabla 2. Características físico-químicas del suelo en el área de estudio
Table 2. Physical-chemical characteristics of the soil in the study area

Parámetros	Valor	Interpretación
pH	5.80	Media ácido
M.O %	4.40	Medio
NH ₄ (ppm)	13.00	Bajo
P (ppm)	9.00	Bajo
K meq/100 g	0.16	Bajo
Ca meq/100 g	8.00	Medio
Mg meq/100 g	1.10	Medio
S (ppm)	10.00	Medio
Zn (ppm)	1.30	Bajo
Cu (ppm)	7.20	Alto
Fe (ppm)	118.00	Alto
Mn (ppm)	3.50	Bajo
Boro (ppm)	0.16	Bajo

M.O. = Materia Orgánica

Fuente: Laboratorio de Suelos, Tejidos Vegetales y Aguas INIAP-PICHILINGUE

5% de cloro activo. Las semillas se lavaron con agua destilada y se embebieron en agua destilada (control) o en la dilución de ácidos húmicos (10 mg/L) durante 72 h.

La composición del ácido húmico se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3. Composición química del ácido húmico
Table 3. Chemical composition of humic acid

Elemento	(%)
Nitrógeno	8.00
Fósforo	2.00
Potasio	2.00
Calcio	9.50
Magnesio	1.00
Azufre	1.50
Boro	2.50
Hierro	0.25
Manganeso	0.02

Fuente Ficha técnica NEDEA

Manejo del experimento

La preparación del suelo se realizó con una azada, lo cual fue necesario realizar dos limpiezas antes de la siembra. Se procedió a la siembra del material vegetativo, el mismo que fue realizado por siembra directa en canteros de 1.6 m y 4 hileras a 030 x 0.60 m. La distancia de siembra fue de 15 x 20 cm y la misma se realizó a una profundidad de 1 cm. Se implementó riego por goteo, de acuerdo a los requerimientos del cultivo. El control de malezas se llevó a cabo de manera

mecánica con la manipulación de machete y azadón, con el fin de evitar la competencia de estas con el cultivo y que sirvan de hospederos de alguna plaga u enfermedad.

Se hicieron todas las labores culturales del cultivo como identificación del terreno, preparación del suelo, delimitación de la parcela, siembra, fertilización, control de malas hierbas y riego, para un normal desarrollo y crecimiento de este cultivo según su Instructivo Técnico.

Variables morfométricas

A los 85 días posteriores a la aplicación de los tratamientos, las plantas se trasladaron al laboratorio donde se procedió a separar raíz y hojas por el método destructivo y se midieron las variables, número de hoja (NH), largo de raíz (LR) y de la hoja (LH) así como el diámetro superior (DS) en centímetros (cm). También la biomasa fresca de raíz (BFR) y hoja (BFH) (g), para estas última se utilizó una balanza analítica (Mettler® Toledo, modelo AG204).

Análisis estadístico

Se realizó una prueba de t-Student. Los análisis se realizaron con el programa estadístico Statistica® (STATSOFT Inc., Tulsa, Oklahoma) para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El efecto de los ácidos húmicos sobre variables morfométricas en plantas de zanahoria se muestran en la tabla 4. La concentración de 10 mg/L de ácido húmico incrementó, con diferencias significativas, las variables morfométricas: longitud de la raíz, biomasa fresca de la raíz, largo de las hojas, biomasa fresca de las hojas y diámetro superior de las zanahorias respecto al tratamiento control.

Los resultados obtenidos pueden explicarse porque los ácidos húmicos influyen positivamente en el crecimiento de las plantas ya que promueven incrementos en la permeabilidad de la membrana celular en plantas de tomates (Arteaga, *et al.*, 2006) y favorece la imbibición de la semilla, con lo cual se solubilizan los almidones y así se favorece la disponibilidad de carbohidratos para el crecimiento de la radícula. Adicionalmente pueden influir directamente sobre la fisiología de la planta superiores como regulador de crecimiento según Nardi *et al.* (2002) o incluso se estimula el crecimiento de las raíces de varias especies de plantas por la aplicación al suelo de ácidos húmicos (Chen *et al.*, 2004).

No obstante, también se debe tener en cuenta que los resultados están relacionados con el aporte nutricional del ácido húmico utilizado (Tabla 3), que es de gran calidad

biológica si se tiene en cuenta la concentración de nitrógeno (8%) fósforo (2%) y potasio (2%) y algunos oligoelementos esenciales como calcio (9%) y magnesio (1%). Este efecto puede ayudar a explicar la razón que a pesar que se haya utilizado una dosis relativamente baja de AH se hayan obtenidos resultados positivos con respecto al control a diferencia de los obtenidos por Rodríguez *et al.*, (2009) que en aplicaciones al suelo con diferentes concentraciones de AH no encontró diferencias significativas en la masa seca de plantas de trigo. Sin embargo, si concuerdan con Kulikova *et al.* (2003) quienes señalaron que las sustancias húmicas facilitan la absorción de nutrimentos, especialmente de aquellos que se encuentran deficientes. 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. Los resultados obtenidos en las variables (BFR, BFH, BFT), sugieren que la aplicación de ácidos húmicos generan una permeabilidad de la membrana celular a nivel de raíces que induce un incremento en la absorción de nutrientes, concentraciones que se manifiestan en la parte aérea de la planta. En ese sentido, Fernández-Luqueño *et al.* (2010) plantea que la aplicación de ácidos húmicos provenientes de vermicomposta incrementa la biomasa fresca de la parte aérea en frijoles independientemente de la forma de aplicación. Los resultados del presente estudio también están en concordancia con los de Acevedo y Pire (2004) quienes realizaron experimentos en *Carica papaya* L., aplicando lombricompost como fuente de ácido húmico; evaluando área foliar, altura de planta, diámetro de tallo y biomasa y reportaron incrementos respecto al control cuando se aplicó lombricompost sola y con sulfato de amonio. El incremento en materia fresca se atribuyó a que el ácido húmico de lombricompost contiene sustancias que estimulan el crecimiento, especialmente de plantas jóvenes.

Por otro lado, se han demostrado los efectos positivos de los humatos, en el incremento de los parámetros del crecimiento en variadas especies incluida las florales (Arancon *et al.*, 2008), en el incremento de la microbiota del suelo (Gutiérrez-Miceli *et al.*, 2008), efecto fitohormonal (Jana *et al.*, 2010), mejora de disponibilidad de iones esenciales en suelos salinos (Sallaku *et al.*, 2009) y modificación de las propiedades físico-químicas del suelo (Azarmi *et al.*, 2008).

Los resultados del presente estudio relacionados con el efecto benéfico de los ácidos húmicos en la longitud de la raíz (LR), biomasa fresca de la raíz (BFR), largo de las hojas (LH), biomasa fresca de las hojas (BFH) y diámetro superior (DS) también coinciden parcialmente en lo observado en

Tabla 4. Efecto de los ácidos húmicos sobre variables morfométricas en plantas de zanahoria.

Table 4. Effect of humic acids on morphometric variables in carrot plants.

Tratamiento	Largo de la raíz (cm)	Biomasa fresca de la raíz (g)	Largo de las hojas (cm)	Biomasa fresca de las hojas (g)	Diámetro superior (cm)
AH (10mg/L)	19.85±0.41 ^a	102.15±2.35 ^a	41.52±0.72 ^a	32.55±1.52 ^a	2.95±0.04 ^a
T (Control)	15.34±0.45 ^b	82.23±2.62 ^b	36.62±0.76 ^b	25.41±1.95 ^b	2.05±0.05 ^b

Promedios con letras iguales no presentan diferencia estadística ($P \leq 0,05$) según la prueba de t-Student

otros estudios en tomate (Bachman y Metzger, 2008; Zaller, 2010) y pimiento (Berova y karanatsidis, 2009), reportando incrementos significativos para estas variables del crecimiento.

Otros resultados similares fueron encontrados por Cano-Ríos et al (2004), determinándose que los valores promedio en el invernadero del peso del fruto, diámetro ecuatorial del tomate tratado con vermicompost fueron superiores significativamente al tratamiento testigo sin aplicación. También Rodríguez-Dimas et al. (2007) han reportado valores superiores en las variables diámetro de frutos tomate tratados con vermicomposta con significación estadística respecto a un tratamiento testigo.

CONCLUSIONES

Los ácidos húmicos aplicados a la concentración de 10 mg/L favorecieron el desarrollo de las plantas de zanahoria para las variables morfológicas longitud de la raíz, biomasa fresca de la raíz, número de hojas, largo de las hojas, biomasa fresca de las hojas y diámetro superior, lo que se atribuyó al contenido de sus elementos nutritivos y su efecto bioestimulante.

REFERENCIAS

- 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 y 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.
- Arteaga, M., Gárce, N., Guridi, F., Pino, J., López, A., Ménéndez, J y Cartaya, O. (2006). Evaluación de las aplicaciones foliares de humus líquido en el cultivo del tomate var. Amalia en condiciones de producción. *Cultivos Tropicales*. 27(3):95-101.
- Azarmi, R., Torabi, G.M y 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.
- Bachman, G.R., Metzger, J.D. 2008. Growth of bedding plants in commercial potting substrate amended with vermicompost. *Bioresource Technology*. 99: 3155-3166.
- Berova, M., Karanatsidis, G. 2009. Influence of bio-fertilizer, produced by *Lumbricus rubellus* on growth, leaf gas-exchange and photosynthetic pigment content of pepper plants (*Capsicum annum*). *Acta Horticulturae*. 830:447-452.
- Cano-Ríos P., Theran-Kruger, K.E., Esparza-Martínez, J.H (2004). Calidad de fruta de híbridos de melón reticulado (*Cucumis meló* L.) bajo condiciones de La Comarca Lagunera. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*. 3(2): 123-130.
- Chen, Y., De Mobili, M y Aviad, T. (2004). Stimulating effects of humic substances on plant growth. En: Magdof F.R. y R.R. Weil (Eds.), pp: 103-129. *Soil Organic Matter in Sustainable Agriculture*. CRC. Press, New York, USA.
- Christl, I., Knicker, H., Kogel I y Kretschmar, R. (2000) Chemical heterogeneity of humic substances: Characterization of size

- fractions obtained by hollow-fibre ultrafiltration. *European Journal of Soil Science*. 51 (4), 617-25.
- Ermakov, E.I., Ktitorova, I.N y Skobeleva, O.V. (2000). Effect of humic acid in the mechanical properties of cell walls. *Russian Journal of Plant Physiology*. 47, 518-525.
- FAO. (2015). *World Population Prospects The revision 2015. Key findings and tables*. United Nations New York. Disponible en https://esa.un.org/unpd/wpp/publications/files/key_findings_wpp_2015.pdf
- FAO.(2016). *El estado mundial de la agricultura y alimentación. Cambio climático, agricultura y seguridad alimentaria*
- Fernández-Luqueño, F., Reyes, V.V., Martínez, S.C., Salomon, H.G., Yañez, M.J., Ceballos, R.J y Dendooven, L. 2010. Effect of different nitrogen source on plant characteristics and yield of common bean (*Phaseolus vulgaris*). *Bioresource Technology*. 101: 396-403.
- Giannouli, A., Stavros, K., Siavalas, G., Chatziapostolou, A., Christanis, K., Papazisimou, S., Papanicolaou, C y Foscolos, A. (2009). Evaluation of Greek low-rank coals as potential raw material for the production of soil amendments and organic fertilizers. *International Journal of Coal Geology*. 477 (3-4), 383-393.
- Gutiérrez-Miceli, F.A., Moguel-Zamudio, B., Abud-Archila, M., Gutiérrez-Oliva, V.F y Dendooven, L. 2008. Sheep manure vermicomposts supplemented with a native diazotrophic bacteria and mycorrhizas for maize cultivation. *Bioresource Technology*. 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 y 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.
- Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*. 196:3-14
- Kulikova, N.A., Dashitsyrenova, A.D., Perminova, I.V. & Lebedeva, G.F. (2003). Auxin-like activity of different fractions of coal humic acid. *Bulgarian Journal Ecology Science*. 2: 55-56.
- Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A. y Vianello, A. (2002). Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology Biochemistry*. 34, 1527-1536.
- Pasqualoto, L., Canellas, F., Lopes, A. L., Okorokova, F y Rocha, A. (2009). Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H-ATPase activity in maize' roots. *Plant Physiology*. 130, 1951-1957.
- Peña, E., Havel, J y Patocka, J. (2005). Humic substances compounds of still unknown structure applications in agriculture, industry, environment and biomedicine. *Journal of applied Biomedicine*. 3, 13-24.
- Rodríguez, N., Cano, P., Favela, E., Figueroa, U., Álvarez, V., Palomo, A., Márquez, C., Moreno-Reséndez A (2007) Vermicomposta como alternativa orgánica en la producción de tomate en invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 13(2): 185-192.
- Rodríguez, M., Venegas, J., Angoa, M., Montañez. J. (2009). Extracción secuencial y caracterización de ácidos húmicos y su efecto sobre el cultivo del trigo. *Bioagro*. 21(3):183-188.
- Sallaku, G., Babaj, I., Kaw, S y 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.
Solagro. (2017). Información completa del cultivo zanahoria. Disponible en <http://www.solagro.com.ec/web/cultdet.php?vcultivo=Zanahoria>, consultado 24/04/2017

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.