

Respuestas del crecimiento y el rendimiento en pimiento (*Capsicum annuum L.*) híbrido Nathalie a un lixiviado de vermicompost bovino

Growth and yield responses of pepper (*Capsicum annuum L.*) hybrid Nathalie to a bovine vermicompost leachate

Autores: José Lincoln Cedeño Guerra¹

Eduardo Fidel Héctor Ardisana^{2,3 *}

Antonio Torres García³

Osvaldo Fosado Téllez^{2,3}

Dirección para correspondencia: ehectorardisana@gmail.com

Recibido: 23-04-2020

Aceptado: 10-06-2020

Resumen

El pimiento (*Capsicum annuum L.*) es una hortaliza muy apreciada en el mundo por sus propiedades nutritivas, sus aplicaciones médicas y como condimento a los alimentos. En Ecuador se cultiva en varias provincias, y en todos los casos se utilizan altas cantidades de fertilizantes químicos sintéticos. Una opción es el empleo de bioestimulantes orgánicos que permiten producciones limpias. Este trabajo tuvo como objetivo investigar las respuestas del crecimiento y el rendimiento del pimiento híbrido Nathalie a la aplicación de un lixiviado de vermicompost bovino (LVCB). Se ensayaron seis tratamientos experimentales: suelo sin fertilizar, fertilizante químico YaraMila™ Complex™, y tres diluciones de LVCB (1:10, 1:20 y 1:30 v/v). Las variables del crecimiento evaluadas fueron la altura de las plantas, el diámetro del tallo, la cantidad de hojas y el contenido de clorofillas totales a los 15, 30 y 45 días después del trasplante. Las variables del rendimiento (longitud, circunferencia y peso de los frutos) se midieron en cuatro cosechas. Se calculó el rendimiento estimado por hectárea a

¹ Estudiante de la Maestría en Agronomía, mención Producción Agrícola Sostenible, Facultad de Ingeniería Agronómica. Universidad Técnica de Manabí. Ecuador. E-mail: colincedeguerra@hotmail.com

² Facultad de Ingeniería Agronómica. Universidad Técnica de Manabí. Ecuador. E-mail: catorres@utm.edu.ec

³ Instituto de Posgrado. Universidad Técnica de Manabí. Ecuador. E-mail: ofosado@utm.edu.ec

partir del peso total de los frutos de las cuatro cosechas y el área ocupada por las plantas muestreadas. No se observaron diferencias significativas en las variables del crecimiento y el contenido total de clorofillas entre los tratamientos experimentales. Los rendimientos estimados de todas las diluciones de LVCB fueron similares a los obtenidos con fertilizante químico y superaron al suelo sin fertilizar. Los resultados obtenidos sugieren que el uso de LVCB puede convertirse en una alternativa sostenible para la producción de pimiento sin contaminar el medio ambiente.

Palabras clave: pimiento; *Capsicum annuum* L.; bioestimulantes.

Abstract

The pepper (*Capsicum annuum* L.) is a vegetable highly prized in the world for its nutritional properties, medical applications and as a condiment to food. In Ecuador it is grown in several provinces, and in all cases high amounts of synthetic chemical fertilizers are used. One option is the use of organic biostimulants that allow clean productions. This work aimed to investigate the growth and yield responses of the Nathalie hybrid pepper to the application of a leachate of bovine vermicompost (LVCB). Six experimental treatments were tested: unfertilized soil, YaraMilaTM ComplexTM chemical fertilizer, and three dilutions of LVCB (1:10, 1:20 and 1:30 v/v). The growth variables evaluated were the height of the plants, the diameter of the stem, the amount of leaves and the total chlorophyll content at 15, 30 and 45 days after transplantation. The yield variables (length, circumference and weight of the fruits) were measured in four crops. The estimated yield per hectare was calculated from the total weight of the fruits of the four crops and the area occupied by the sampled plants. No significant differences were observed in the growth variables and the total chlorophyll content between the experimental treatments. The estimated yields of all dilutions of LVCB were similar to those obtained with chemical fertilizer and exceeded the soil without fertilizing. The results obtained suggest that the use of LVCB can become a sustainable alternative for pepper production without polluting the environment.

Keywords: pepper; *Capsicum annuum* L.; bioestimulants

Introducción

El pimiento (*Capsicum annuum* L.) es apreciado como alimento y por sus propiedades medicinales (Pandey et al., 2012; Mateos et al., 2013) por lo que se cultiva en más de 40 países y es la segunda hortaliza más consumida en el mundo contemporáneo (Hulse et al., 2016).

En el Ecuador el cultivo de esta especie se desarrolla fundamentalmente en la Costa, en las provincias de Guayas, El Oro, Santa Elena y Manabí, pero también en Chimborazo, Loja e Imbabura, provincias de la Sierra (Pinto, 2013). Entre los híbridos que han ganado aceptación en Suramérica se encuentra el Nathalie (Alemán et al., 2018; Lozano et al., 2018).

A pesar de la conocida influencia de los fertilizantes químicos sintéticos en la degradación de los suelos y en la contaminación ambiental, se continúa practicando indiscriminadamente en la agricultura. En cambio, la utilización de productos orgánicos como biofertilizantes o bioestimulantes es una opción hacia la producción sostenible sin perjudicar al medio ambiente (Tilman et al., 2011; Tittonell, 2014).

Du Jardin (2015) define a los bioestimulantes como sustancias o microorganismos que mejoran las propiedades agronómicas de las plantas, independientemente del contenido de nutrientes que puedan aportar. Entre los bioestimulantes más usados en diversos cultivos en los últimos años se encuentran los lixiviados del compost obtenido a partir de lombrices (vermicompost) (Ávila et al., 2015; Gutiérrez et al., 2017).

El objetivo de esta investigación fue evaluar las respuestas del crecimiento y el rendimiento del pimiento (*Capsicum annuum* L.) híbrido Nathalie a la aplicación de un lixiviado de vermicompost bovino.

Metodología

El experimento se ejecutó en las áreas del Campus Experimental “La Teodomira”, ubicado en la parroquia de Lodana, cantón Santa Ana, provincia de Manabí, perteneciente a la Facultad de Ingeniería Agronómica de la Universidad Técnica de Manabí, Ecuador; sus coordenadas son 01°09' S de latitud y 80°21' W de longitud, y su altitud es de 60 metros sobre el nivel del mar. Como material vegetal se emplearon plantas de pimiento (*Capsicum annuum* L.) híbrido Nathalie. Se utilizaron semillas certificadas, las cuales se sembraron en bandejas con suelo y residuos vegetales descompuestos, en proporción 1:3 (v/v).

Transcurridos 25 días de la siembra, las plantas se trasplantaron a una casa de cultivo semiprotegido, en un marco de plantación de 0,70 x 0,70 m, bajo riego localizado. El diseño experimental fue de bloques aleatorios con cuatro repeticiones. Antes del trasplante se determinaron las propiedades químicas del suelo, en el laboratorio de AGROCALIDAD (Agencia Ecuatoriana para el Aseguramiento de la Calidad de la Agricultura). También se determinaron las propiedades químicas del lixiviado de vermicompost bovino (LVCB).

Los tratamientos experimentales fueron:

- Suelo sin fertilizar
- Suelo fertilizado con YaraMila™ Complex^T (N 12%, P₂O₅ 11%, K₂O 18%, S 8%, Zn 0.02%, B 0.015%, Fe 0.2%, Mn 0.2%). Se aplicaron 10 g de fertilizante en la base de la planta a los 10 y 28 días después del trasplante.
- LVCB 1:10 v/v
- LVCB 1:20 v/v
- LVCB 1:30 v/v

El LVCB se aplicó por vía foliar a los 10, 20, 30 y 40 días después del trasplante.

Las mediciones de las variables se hicieron en seis plantas de cada repetición. Las variables del crecimiento se midieron a los 15, 30 y 45 días después del trasplante, y fueron: altura de la planta (cm), diámetro del tallo (cm), cantidad de hojas por planta y contenido total de clorofilas (unidades SPAD, determinado con el medidor de clorofila Minolta SPAD-502).

Se efectuaron cuatro cosechas (63, 77, 90 y 104 días después del trasplante). En cada fecha de cosecha se determinó la longitud de los frutos (cm), su circunferencia (cm) y su peso (g). Se calculó un promedio general para cada variable con los datos de las cuatro cosechas. El rendimiento de cada tratamiento ($t.ha^{-1}$) se calculó a partir del peso total de los frutos obtenidos de las cuatro cosechas y el área ocupada por las plantas muestreadas.

Se verificaron los supuestos de normalidad y homocedasticidad con las pruebas de Shapiro-Wilk y de Levene, respectivamente, y a continuación los datos se procesaron por un análisis de varianza. Las medias de los tratamientos se compararon con la prueba de la mínima diferencia significativa (MDS) de Fisher para comparaciones múltiples. Todos los análisis se ejecutaron con el software IBM® SPSS® Statistics v. 21.

Resultados

La Tabla 1 muestra los resultados de los análisis de las propiedades químicas del suelo empleado en el experimento y el lixiviado de vermicompost bovino ensayado.

Tabla 1. Propiedades químicas del suelo y el lixiviado de vermicompost bovino (LVCB) empleados en el experimento.

Parámetro	Suelo		LVCB	
	Unidad de medida	Valor	Unidad de medida	Valor
N	%	0,09 (B)	%	0,18 (B)
P	$mg.kg^{-1}$	83,53 (A)	%	0,0015 (B)
K	$cmol.kg^{-1}$	2,83 (A)	%	0,2780 (B)
Ca	$cmol.kg^{-1}$	19,36 (A)	%	0,0180 (B)
Mg	$cmol.kg^{-1}$	5,15 (A)	%	0,0503 (B)
Fe	$mg.kg^{-1}$	<15,0 (B)	%	0,0003 (B)
Zn	$mg.kg^{-1}$	<1,82 (B)	%	0,0019 (B)
Mn	$mg.kg^{-1}$	28,3 (A)		ND
Cu	$mg.kg^{-1}$	4,63 (A)		ND
Materia orgánica	%	2,14 (B)		ND
pH	pH	6,90 (casi neutro)		ND

B: bajo A: alto ND: no determinado en el análisis

Como puede apreciarse, el suelo contiene cantidades altas de varios macronutrientes (P, K, Ca, Mg) y micronutrientes (Mn, Cu). El resto de los elementos determinados (N, Fe, Zn) están presentes en magnitudes

insuficientes, al igual que la materia orgánica. Por otro lado, el lixiviado de vermicompost bovino (LVCB) no aporta cantidades sustanciales de los elementos determinados en el análisis (N, P, K, Ca, Mg, Fe y Zn).

Los resultados de la aplicación del LVCB sobre la altura de las plantas, el diámetro del tallo, la cantidad de hojas y el contenido total de clorofillas en los tres momentos de muestreo se presentan en la Figura 1.

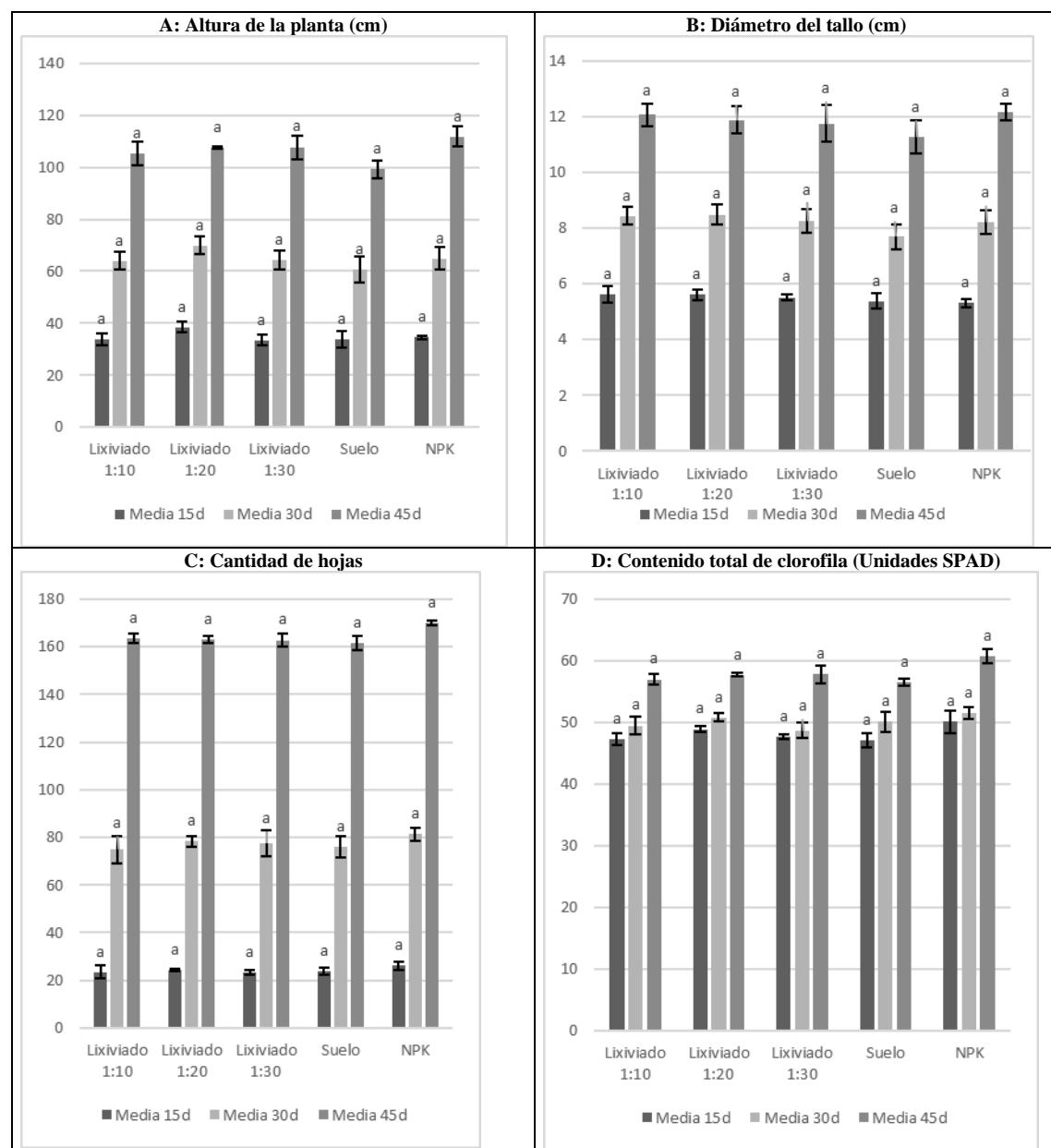


Figura 1: Influencia de los lixiviados de vermicompost sobre A: altura de la planta, B: diámetro del tallo, C: cantidad de hojas y D: contenido total de clorofila (unidades SPAD) en los diferentes momentos de medición. Letras iguales indican que no hay diferencias significativas (5%) para la prueba de MDS.

No se observaron diferencias significativas para ninguna de las variables en los tres momentos de muestreo entre las diferentes diluciones del LVCB, y tampoco entre estas y los testigos usados (suelo sin fertilizar y suelo fertilizado con NPK).

La influencia del LVCB sobre las variables correspondientes al rendimiento se muestra en las tablas 2, 3 y 4. En la longitud del fruto (Tabla 2) se observaron diferencias significativas en la segunda cosecha, en la que los frutos obtenidos en las plantas fertilizadas con NPK fueron mayores que los cosechados en presencia de LVCB o sin fertilización. Este resultado influyó en la longitud promedio de las cuatro cosechas; los frutos obtenidos con NPK fueron los más largos, sin diferencia con los procedentes de plantas tratadas con LVCB 1:30 (v/v) y este tratamiento a su vez no difirió de los restantes.

Tabla 2: Influencia del lixiviado de vermicompost bovino sobre la longitud del fruto (cm) en las diferentes cosechas.

	Cosecha				Longitud promedio
	Primera Media±SE	Segunda Media±SE	Tercera Media±SE	Cuarta Media±SE	
Lixiviado 1:10	12.8±0.30 a	12.9±0.20 b	11.9±0.17 a	10.9±0.30 a	12.2±0.22 b
Lixiviado 1:20	13.1±0.35 a	13.4±0.21 b	12.3±0.15 a	11.3±0.41 a	12.5±0.03 b
Lixiviado 1:30	12.8±0.17 a	13.0±0.12 b	12.4±0.17 a	12.2±0.63 a	12.6±0.15 ab
Suelo	13.2±0.12 a	12.2±0.15 c	12.2±0.30 a	11.7±0.33 a	12.3±0.17 b
NPK	13.2±0.37 a	14.4±0.27 a	12.7±0.38 a	11.8±0.15 a	13.0±0.12 a
Significancia	NS	***	NS	NS	*

Significancia: Resultado de significancia de la ANOVA; NS: No significativo; (*): p-valor<0.05; (**): p-valor<0.01; (***): p-valor<0.0001. Letras diferentes presentan diferencia significativa (5%) para la prueba MDS.

Tabla 3: Influencia del lixiviado de vermicompost bovino sobre la circunferencia del fruto (cm) en las diferentes cosechas.

	Cosecha				Circunferencia promedio
	Primera Media±SE	Segunda Media±SE	Tercera Media±SE	Cuarta Media±SE	
Lixiviado 1:10	16.7±0.18 a	16.4±0.18 b	16.7±0.24 a	16.3±0.25 a	16.5±0.07 a
Lixiviado 1:20	16.7±0.41 a	16.3±0.19 b	16.5±0.15 a	16.0±0.14 a	16.4±0.12 a
Lixiviado 1:30	16.3±0.27 a	16.4±0.27 b	17.0±0.29 a	16.0±0.48 a	16.4±0.12 a
Suelo	17.2±0.03 a	15.0±0.20 c	16.4±1.06 a	16.0±0.03 a	16.1±0.37 a
NPK	17.2±0.15 a	17.5±0.12 a	16.7±0.34 a	16.0±0.32 a	16.9±0.18 a
Significancia	NS	***	NS	NS	NS

Significancia: Resultado de significancia de la ANOVA; NS: No significativo; (*): p-valor<0.05; (**): p-valor<0.01; (***): p-valor<0.0001. Letras diferentes presentan diferencia significativa (5%) para la prueba MDS.

Tabla 4: Influencia del lixiviado de vermicompost bovino sobre el peso del fruto (g) en las diferentes cosechas y el rendimiento (t.ha⁻¹).

	Cosecha				Rendimiento
	Primera Media±SE	Segunda Media±SE	Tercera Media±SE	Cuarta Media±SE	
Lixiviado 1:10	608.01±16.18 a	538.80±54.05 a	514.47±37.43 b	452.47±57.24 a	43.14±2.75 a
Lixiviado 1:20	457.00±52.12 a	549.87±82.79 a	655.73±54.85 a	482.93±65.70 a	43.78±2.57 a
Lixiviado 1:30	610.80±55.73 a	567.07±17.85 a	481.53±6.36 b	531.93±48.13 a	44.72±0.78 a
Suelo	478.07±13.21 a	419.47±41.59 a	403.80±31.88 b	365.33±58.35 a	34.01±1.40 b
NPK	542.07±56.57 a	680.27±116.18 a	680.87±57.80 a	395.07±55.35 a	46.90±3.45 a
Significancia	NS	NS	**	NS	*

Significancia: Resultado de significancia de la ANOVA; NS: No significativo; (*): p-valor<0.05; (**): p-valor<0.01. Letras diferentes presentan diferencia significativa (5%) para la prueba MDS.

En la segunda cosecha también se observaron diferencias significativas en la circunferencia de los frutos (Tabla 3), obteniéndose los mayores valores en las plantas fertilizadas con NPK, seguidas de las que recibieron LVCB y por último

las que crecieron en suelo sin fertilizar. Sin embargo, la circunferencia promedio de las cuatro cosechas no mostró diferencias significativas.

En el peso de los frutos (Tabla 4) las diferencias se observaron en la tercera cosecha, en la cual los frutos más pesados se obtuvieron en las plantas fertilizadas con NPK y las tratadas con LVCB (1:20 v/v). A continuación se ubicaron los valores correspondientes a las plantas tratadas con las restantes diluciones de lixiviados y el suelo sin fertilizar.

El rendimiento calculado a partir del peso de los frutos y el área ocupada por las plantas mostró diferencias significativas (Tabla 4). Las plantas que crecieron en suelo sin fertilizar produjeron valores significativamente menores que las fertilizadas con NPK y las tratadas con LVCB en cualquiera de sus concentraciones.

Discusión

El lixiviado de vermicompost bovino (LVCB) no aportó concentraciones importantes de nutrientes; por tanto es de esperar que cualquier influencia ejercida sobre las plantas de pimiento se deba no a un efecto fertilizante, sino a la presencia en el LVCB de otras sustancias benéficas para el vegetal.

En el vermicompost y sus lixiviados se ha informado la presencia de sustancias con actividad biológica, como los ácidos húmicos y los reguladores del crecimiento (Atiyeh et al., 2002; Arancon et al., 2003; Du Jardin, 2015; Joshi et al., 2015). Es de esperar por tanto que los efectos observados en las variables estudiadas en esta investigación se deban a la posible presencia de sustancias de este tipo, capaces de estimular los procesos biológicos de las plantas.

En las variables del crecimiento (altura de la planta, diámetro del tallo, cantidad de hojas) y en el contenido total de clorofillas, no se obtuvieron diferencias significativas entre los tratamientos en ninguno de los momentos de muestreo. En otras especies los resultados han sido diversos. Por ejemplo, Gutiérrez et al. (2017) no observaron diferencias para estas variables en plantas de caña de azúcar (*Saccharum* sp.) tratadas con NPK o con lixiviados de vermicompost. En cambio, Bidabadi et al. (2016) señalaron que en *Stevia rebaudiana* Bertoni los lixiviados de vermicompost incrementan la biomasa, aunque los efectos son mayores cuando se combinan con fertilizantes sintéticos. En lechuga (*Lactuca sativa* L.) la aplicación de humatos líquidos procedentes de vermicompost incrementó la cantidad de hojas y redujo el ciclo de cultivo (Hernández et al., 2014).

Todo indica que los resultados dependen de la especie, pero el hecho de que no se hayan obtenido diferencias para estas variables en el pimiento híbrido Nathalie estimula su empleo futuro en este cultivo.

En las variables del rendimiento, la aplicación del LVCB produjo resultados estadísticamente similares a los obtenidos con la fertilización química, y superiores a los de las plantas que crecieron en suelo sin fertilizar.

El uso de lixiviados de vermicompost en la agricultura ha sido en general muy favorable para incrementar los rendimientos en especies de las que se cosechan sus partes aéreas (Hernández et al., 2014; Bidabadi et al., 2016). En especies de las que se aprovechan los frutos no se han alcanzado resultados destacados, aunque se conoce que los lixiviados mejoran la calidad del fruto (Ávila et al., 2015; López et al., 2016). El hecho de que en el pimiento híbrido Nathalie se hayan obtenido rendimientos similares a los que se alcanzaron con la fertilización química y lixiviados de vermicompost bovino, y que estos rendimientos hayan sido superiores a los obtenidos en el suelo sin fertilización, plantea una alternativa orgánica y sostenible para la producción de este importante cultivo sin afectar el medio ambiente.

Conclusiones

El lixiviado de vermicompost bovino (LVCB) no produjo efectos significativos sobre el crecimiento y el contenido total de clorofillas en plantas de pimiento (*Capsicum annuum L.*) híbrido Nathalie. Su aplicación condujo a rendimientos estadísticamente similares a los que se obtuvieron en plantas a las que se aplicó fertilización química sintética, y significativamente superiores a los obtenidos en plantas sin ningún tipo de fertilización. Los efectos observados no se deben a aportes nutricionales del LVCB, sino a la posible presencia en este de sustancias bioestimulantes.

Referencias bibliográficas

- Alemán, R. D., Domínguez, J., Rodríguez, Y., Soria, S., Torres, R., Vargas, J. C., Bravo, C. & Alba, J. L. (2018). Indicadores morfológicos y productivos del pimiento sembrado en invernadero y a campo abierto en las condiciones de la Amazonía ecuatoriana. *Cent. Agríc.* 45 (1): 14-23.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-5785201800010002
- Arancon, N. Q., Lee, S., Edwards, C. A. & Atiyeh, R. (2003). Effects of humic acids derived from cattle, food and paper-waste vermicomposts on growth of greenhouse plants. *Pedobiologia* 47: 741-744.
<https://pdfs.semanticscholar.org/add3/1c27f4ecb2535544b712227969e256b89b7b.pdf>
- Atiyeh, R. M., Arancon, N. Q., Edwards, C. A. & Metzger, J. (2002). The influence of earthworm-processed pig manure on the growth and productivity of marigolds. *Biores. Technol.* 81: 103-108.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852401001225?via%3Dihub>
- Ávila, L., Rodríguez, A., Rodríguez, N., Guevara, R. G., González, Torres, I., Pacheco, Ocampo R. V. & Moustaph, B. (2015). Vermicompost leachate as a supplement to increase tomato fruit quality. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 15 (1): 46-59.
https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-95162015000100005

Bidabadi, S. S., Afazel, M. & Poodeh, S. D. (2016). The effect of vermicompost leachate on morphological, physiological and biochemical indices of *Stevia rebaudiana* Bertoni in a soilless culture system. *Int. J. Recycl. Org. Waste Agricult.* 5: 251-262. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11157-014-9347-1>

Du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. *Scien. Horticul.* 196: 3-14. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423815301850>

Gutiérrez, F. A., García, R. C., Oliva, M. A., Montes, J. A. & Dendooven, L. (2017). Vermicomposting leachate as liquid fertilizer for the cultivation of sugarcane (*Saccharum* sp.). *J. Plant Nutr.* 40 (1): 40-49. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01904167.2016.1193610>

Hernandez, O. L., Calderín, A., Huelva, R., Martínez-Balmori, D., Guridi, F., Aguiar, N. O., Olivares, F. L. & Canellas, L. P. (2014) Humic substances from vermicompost enhance urban lettuce production. *Agron. Sust. Dev.* 35 (1): 225-232. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13593-014-0221-x>

Hulse, A. M., Ashra, H., Plieske, J., Lemm, J., Stoffel, K., Hill, T., Luerssen, H., Pethiyagoda, C. L., Lawley, C. T., Ganal, M. W. & Van Deynze, A. (2016). A HapMap leads to a *Capsicum annuum* SNP infinium array: a new tool for pepper breeding. *Hort. Res.* 3: 16036. <https://www.nature.com/articles/hortres201636>

Joshi, R., Singh, J. & Pal Vig, A. (2015). Vermicompost as an effective organic fertilizer and biocontrol agent: effect on growth, yield and quality of plants. *Rev. Environ. Sci. Biotechnol.* 14 (1): 137-159. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11157-014-9347-1>

López, J. D., Vázquez, D. A., Esparza, J. R., García, J. L., Castruita, M. A. & Preciado, P. (2016) Yield and nutraceutical quality of tomato fruit produced with nutrient solutions prepared using organic materials. *Rev. Fitotec. Mex.* 39 (4): 409-414. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rfm/v39n4/0187-7380-rfm-39-04-00409.pdf>

Lozano, J., Orozco, L. F. & Montoya, L. F. (2018). Effect of two environments and fertilization recommendations on the development and production of bell pepper (cv. Nathalie). *Acta Agron.* 67 (1): 101-108. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28122018000100101

Mateos, R. M., Jiménez, A., Román, P., Romojaro, F., Bacarizo, S., Leterrier, M., Gómez, M., Sevilla, F., del Río, L.A., Corpas, F. J. & Palma, J. M. (2013). Antioxidant systems from pepper (*Capsicum annuum* L.): involvement in the response to temperature changes in ripe fruits. *Int. J. Mol. Sci.* 14: 9556-9580. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23644886>

Pandey, S. K., Yadav, S. K. & Singh, V. K. (2012). An overview on *Capsicum annuum* L. *J. Pharm. Sci. & Technol.* 4 (2): 821-828. <http://www.onlinepharmacytech.info/docs/vol4issue2/JPST12-04-2-01.pdf>

Pinto, M. M. B. (2013) El cultivo del pimiento y el clima en Ecuador. <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/meteorologia/articulos/agrometeorologia/El%20cultivo%20del%20pimiento%20y%20el%20clima%20en%20el%20Ecuador.pdf>

Tilman, D., Balzer, C., Hill, J. & Belfort, B. L. (2011). Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 108: 20260-20264. <https://www.pnas.org/content/108/50/20260>

Tittonell, P. (2014). Ecological intensification of agriculture – sustainable by nature. *Curr. Opin. Environ. Sustain.* 8: 53-61. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877343514000499>