

Efecto de la fertilización orgánica y de síntesis química en tomate verde (*Physalis ixocarpa* Brot. Ex Horn) en Calakmul, Campeche (México)

The effect of organic and chemical fertilization in green tomato plants (*Physalis ixocarpa* Brot. Ex Horn) in Calakmul, Campeche (Mexico)

Yuriko Pilar Cruz Koizumi, José Armando Alayón Gamboa* y Alejandro Morón Ríos

Departamento de Conservación de la Biodiversidad ECOSUR-
Unidad Campeche
Av. Rancho Polígono 2A, Ciudad Industrial
Lerma Campeche, Campeche (México) (C. P. 24500).
Tel. 01(981) 1273720

*Correspondencia: jalayon@ecosur.mx

Resumen

El uso desmedido de agroquímicos ha impactado negativamente los ecosistemas y sistemas agrícolas, aun en condiciones controladas, donde se concentra el uso de grandes cantidades de químicos para asegurar el aporte de nutrientes a los cultivos. El objetivo del estudio consistió en comparar el efecto de la fertilización orgánica y de síntesis química en el crecimiento, floración, mortalidad y daños foliares en plantas de tomate verde bajo condiciones de malla sombra. Se probaron cuatro tratamientos: a) sin aplicación de fertilizante (C); b) aplicación de 49.70 g de abono orgánico (vermicomposta) equivalente a 160 kg de Nha^{-1} (TOV); c) aplicación de abono orgánico (vermicomposta adicionado con lixiviados a razón de 20 L/ha⁻¹ TOL); y, d) aplicación de 2.26 g de fertilizante de síntesis química N-P-K (convencional, TSQ) a razón de 160 kg Nha^{-1} , en un diseño completamente al azar con 15 macetas por tra-

Abstract

Excessive use of agrochemicals negatively impacts the ecosystem and agricultural systems, even under controlled conditions because of the large amount of concentrated agrochemicals that are meant to provide sufficient nutrients to crops. The objective of this study was to compare the effects of organic and chemical fertilization on growth, flowering and leaf damage in green tomato plants under shade mesh conditions. We tested four different treatments: a) no fertilization (C), b) application of an organic fertilizer to a ratio of 49.70 gr (vermicompost) equivalent to 160 kg of N / ha-1 (TOV); C) application of an organic fertilizer (vermicompost plus worm leachates) equivalent to 20 liters / ha-1 (TOL), and d) application of a chemical fertilizer N-P-K (TSQ) to a ratio of 2.26 gr equivalent to 160 kg N / ha-1. We used a completely randomized design with 15 plant pots per treatment. The vermicompost

tamiento. El tratamiento con vermicomposta tuvo una mayor producción de biomasa aérea total (2.20 g peso seco), de follaje ($p=0.001$) y flores ($p=0.001$), y presentó menor daño foliar con respecto al tratamiento de fertilización química. Los tratamientos TOL y Control tuvieron similar producción de biomasa total, follaje y flores. Se concluye que para promover mayor producción de biomasa, menor mortalidad y un menor daño foliar de las plantas de tomate verde en condiciones de malla sombra es recomendable utilizar vermicomposta como fertilizante orgánico.

Palabras clave

Vermicomposta, fertilización química, daño foliar.

treatment TOV resulted in higher total biomass production (2.20 g dry weight), more leaves ($p=0.0001$) and flowers ($p=0.0001$) and the lowest leaf damage than chemical treatment. The TOL treatment and the Control treatment had similar results in terms of the production of total biomass, foliage and flowers. Our results showed vermicompost were organic fertilizers enabled to optimize green tomato plants development under shade mesh conditions.

Keywords

Vermicompost, chemical fertilization, leaf damage.

Introducción

La agricultura en México enfrenta serios problemas de producción por la reducida fertilidad y pérdida de suelos, obligando a los productores a usar indiscriminadamente grandes cantidades de fertilizantes de síntesis química (Palm *et al.*, 2013). Ello da como resultado efectos negativos en la calidad de los frutos, en las características físicas, químicas y biológicas del suelo (Arnhold *et al.*, 2014), en la biodiversidad (Barral *et al.*, 2015) y en los modos de vida de los productores (Morón-Ríos y Alayón-Gamboa, 2014); esta situación provoca pérdida de cultivos y empobrecimiento de los agricultores.

En respuesta a los problemas ambientales que ha generado el uso excesivo de los fertilizantes de síntesis química, se ha impulsado de manera considerable el cultivo agrícola con técnicas agroecológicas (Taylor *et al.*, 2003), mediante la utilización de fertilizantes orgánicos —como la vermicomposta y la incorporación de tecnologías, como los invernaderos, estructuras de cubierta y protección como la malla sombra— que permitan reducir la sensibilidad de los cultivos ante las inclemencias del clima y las plagas, principalmente en el cultivo de hortalizas (Gamliel y Bruggen-Van, 2015).

Entre las hortalizas que se cultivan en México, el tomate verde (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horn), tiene un papel preponderante. Su producción nacional anual es de alrededor de 698,016 toneladas (SIAP, 2016). Pero esta hortaliza es sensible a suelos con baja disponibilidad de nitrógeno (N), y para su cultivo se requieren, al menos, 3.80 kg de este elemento para producir una tonelada de fruto de tomate verde (Islas-Blancas, 2006).

Además, se ha observado que con la aplicación de macronutrientes, como el Fósforo (P) y el Potasio (K) y de micronutrientes, como el Zinc (Zn), Magnesio (Mg) y Manganeseo (Mn), se obtiene una respuesta positiva en la producción de fruto (Islas-Blancas, 2006).

Por ello, cuando se cultiva en suelos que pierden rápidamente su fertilidad y la concentración y disponibilidad de macronutrientes —como ocurre en los suelos de la Península de Yucatán— baja la producción, aumenta la sensibilidad a plagas y se reduce la calidad del cultivo, por lo que se hace necesaria la incorporación de fertilizantes (Solís y Campo, 2004). Los fertilizantes de síntesis química o inorgánicos, son los que regularmente ocupan los productores en cantidades indiscriminadas y con pocas medidas de seguridad en su aplicación (Vasile *et al.*, 2015).

La prolongada aplicación de grandes cantidades de fertilizante de síntesis química ha impactado negativamente la diversidad de la rizósfera, afectando procesos en el suelo que hacen posible la disponibilidad, reciclaje y utilización de nutrientes (Solís y Campo, 2004), comprometiendo a largo plazo la productividad agrícola, la viabilidad de las plantas y, en general, la capacidad de recuperación del ecosistema agrícola (Crittenden *et al.*, 2015).

Por otro lado, con la utilización de fertilizantes orgánicos (p. ej.: vermicomposta), para la producción hortícola, se han logrado resultados positivos en la calidad de los productos cultivados, en producción de biomasa, en el rendimiento (Singh *et al.*, 2010; Doan *et al.*, 2015), en el crecimiento, floración y fructificación (Peyvast *et al.*, 2008; Ladan-Moghadam *et al.*, 2012); y, sobre todo, en la conservación, calidad y estructura del suelo (Crittenden *et al.*, 2015; Khan *et al.*, 2015).

Esto se debe al incremento en el contenido de materia orgánica, macro y micro elementos (como el N, P, C, Mg, Si), la liberación de ácidos húmicos e incremento de la actividad biológica en la rizósfera; inclusive, con efectos a corto plazo, como en los cultivos de ciclo corto (Singh *et al.*, 2008; Amaya-Carpio *et al.*, 2009; Cruz-Koizumi, 2015). Sin embargo, las respuestas positivas observadas varían y están estrechamente vinculadas al contexto geográfico y ecológico donde se aplican estas prácticas agroecológicas.

En la presente investigación realizada en el municipio de Calakmul, Campeche (México), se espera encontrar que mediante una fertilización orgánica con vermicomposta en las plantas de tomate verde, se obtendrá una mayor producción de biomasa área y de raíz y que influirá en la producción de hojas y de flores, favoreciendo un mejor desarrollo de las plantas, al disminuir la afectación foliar por patógenos, nutrición y mortalidad.

Por ello, el presente estudio tiene por objetivo evaluar el efecto de la fertilización orgánica y de síntesis química en la producción de biomasa aérea y de raíz, en los daños foliares, y la mortalidad de las plantas de tomate verde bajo condiciones de malla sombra.

Materiales y métodos

Ubicación y área de estudio

El estudio se realizó en los terrenos pertenecientes a la localidad El Chichonal; ubicado, aproximadamente, a 14 km al oeste de la cabecera municipal de Xpujil, Campeche (México), 18°30'52" N, 89°31'24" O, dentro de la zona de amortiguamiento de la Reserva de la Biosfera de Calakmul (RBC) (18°07'21" N y 89°48'56" O), en el municipio de Calakmul, Campeche (México).

Se seleccionó una unidad productiva agrícola ubicada a 2 km de la localidad que tuviera, dentro de su esquema de producción multipropósito, el uso de técnicas de manejo orgánico para la producción; y que, además, contara con instalaciones rústicas necesarias de malla sombra para el control de la producción.

La topografía del terreno es plana y se encuentra a una altitud de 250 msnm. En el área predomina el clima cálido subhúmedo, con temperatura media anual de 25°C y precipitación anual que varía de 500 a 2,500 mm (Martínez y Galindo-Leal, 2002). Existen dos épocas marcadas, lluvia y seca.

El material parental de los suelos es la roca caliza, muy pobre en hierro, sílice y aluminio. Su pH es alcalino, el contenido de materia orgánica es muy alto y los contenidos de fósforo y de los micronutrientes (Zinc y Cobre) son bajos; presenta un tipo de suelo cárstico en la mayoría de la región, debido a la disolución de la roca caliza (INE, 1999; Martínez y Galindo-Leal, 2002).

Elección del sitio y preparación de fertilizante orgánico

Se utilizó una cubierta de malla sombra (16 x 14 hilos por pulgada cuadrada) con sombra del 40%, construida con madera obtenida de la misma unidad productiva. Debajo de la estructura malla sombra se utilizaron macetas de 2 kg de capacidad, se llenaron con suelo procedente de la misma parcela agrícola (cuadro 1), donde el productor ha cultivado durante más de 10 años con fertilización orgánica.

Cuadro 1

Caracterización fisicoquímica del suelo utilizado.

| Variable | Valor |
|---------------------------------------------|-------|
| Materia orgánica, % | 11.05 |
| pH | 7.47 |
| Fósforo extraíble, mg kg | 19.80 |
| Nitrógeno total, % | 0.55 |
| Potasio, Cmol kg | 0.45 |
| Conductividad eléctrica, dS m | 0.14 |
| Capacidad de intercambio catiónico, Cmol kg | 48.78 |
| Arena, % | 40.30 |
| Arcilla, % | 31.70 |
| Limo, % | 28.00 |
| Densidad aparente, g mL | 0.98 |

Por otro lado, previo a la siembra del cultivo, se preparó un fertilizante orgánico para la generación de vermicomposta en el mes de noviembre de 2014. Se utilizó, como materia prima, el rastrojo de maíz (*Zea mays*) 40%, pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*) 40% y hojas y tallos tiernos de Árnica (*Thitonia diversifolia*) 20%. Estos materiales se pesaron con una báscula (marca Torrey) y se picaron con un molino de martillos (marca Koltler 2500 rpm y 14 HP) a un tamaño de partícula de 5 mm. La biomasa total se mezcló con estiércol seco de borrego a una proporción 1:1.

Se adicionó agua y se mezcló homogéneamente. Al finalizar, se cubrió con un plástico en un compostero fabricado con paredes y piso de concreto y un canal de escorrentía para la obtención de lixiviados en un recipiente de plástico. La composta se mantuvo húmeda y se procesó durante un mes.

Concluido el proceso de compostaje, se inocularon 3 kg de lombriz roja (*Lumbricus rubellus*) equivalentes aproximadamente a 1,500 lombrices y se mantuvo por un lapso de 35 días para la formación de vermicomposta y la obtención de lixiviados provenientes de la escorrentía. Los lixiviados se capturaron en un tanque de 200 l. Al finalizar el periodo, se obtuvo una muestra representativa de la vermicomposta y de los lixiviados de lombriz para su análisis químico (cuadro 2).

Cuadro 2

Análisis químico de los fertilizantes orgánicos utilizados en los tratamientos evaluados.

| | CE | pH | MO | N | P | K |
|----------------|-------|------|-------|------|--------|---------|
| Lombricomposta | - | - | 36.59 | 0.40 | 18.82 | 26.80 |
| Humus | 13.63 | 8.80 | -- | --- | 20.80* | 254.60* |

CE= Conductividad eléctrica (ds m), MO= Materia orgánica (%), N= Nitrógeno total (%), P= Fósforo (Cmol kg), K= Potasio (Cmol kg) * mg L.

Tratamientos y diseño experimental

El suelo que se utilizó para las macetas se tamizó con una malla 2 cm de apertura, con el fin de eliminar detritos de vegetación, piedras y unificar el tamaño de partícula. Posteriormente, se esterilizó con un autoclave eléctrico (Mod 25x-1 de 120 Volts marca ALL AMERICAN). Cada muestra de suelo se sometió a dos ciclos de esterilización de 40 min a 1.15 kg cm⁻² de presión y 126°C con el propósito de eliminar los microorganismos que pudieran estar presentes del suelo.

La efectividad de la esterilización se corroboró mediante el cultivo y conteo de la presencia de hongos en condiciones de laboratorio. Posteriormente, en el mes de febrero de 2015, se sembraron de cinco a ocho semillas de tomate verde (*P. ixocarpa*) por maceta. Se utilizó semilla comercial de tomate verde variedad Rendidora (90% de germinación marca Alestar) y se aplicó riego (1.50 l/maceta) manual, tres veces por semana, equivalente a 1.878 mm de agua en lámina de riego.

Una vez germinadas las semillas, se permitió el crecimiento de las tres mejores plantas por maceta. Para el mantenimiento y cuidado de las plantas se siguieron las recomendaciones del manual de cultivo del tomate verde del Instituto Nacional de Investigación Forestal Agrícola y Pecuaria (INIFAP) (Gûemes-Guillen *et al.*, 2001).

Los tratamientos que se evaluaron fueron: a) sin aplicación de fertilizante (control, C); b) aplicación de 49.70 gr de abono orgánico (vermicomposta) por maceta, equivalente a 160 kg de N/ha⁻¹ (TOV); c) aplicación de abono orgánico más lixiviados a razón de 20 l ha⁻¹ (TOL) y d) aplicación de 2.26 gr de fertilizante de síntesis química N-P-K (triple 17, convencional) por maceta, a razón de 160 kg N/ha⁻¹ (TSQ).

Los tratamientos se aplicaron 15 días después de la germinación de las plantas, cuando éstas presentaron de tres a cinco hojas verdaderas y las plantas se distribuyeron en un diseño experimental completamente al azar, con 15 repeticiones por tratamiento (Kuehl, 2001).

Producción de biomasa y cuantificación del número de hojas y flores

La producción de biomasa por tratamiento se cuantificó en fresco y en seco, separando la biomasa aérea y la biomasa de raíz. Para la biomasa aérea se consideró la producción

de tallos, hojas y flores; mientras que para la biomasa de raíces se consideraron las raíces principales y secundarias.

La cosecha de biomasa se realizó mediante la extracción de la tierra de las macetas con la precaución de no romper las raíces y por separación de la biomasa aérea de la biomasa de raíz, cortándolas con unas tijeras de podar (marca Truper). Cada fracción se pesó con una báscula digital (marca Torrey Mod. MFQ-40). Posterior a la extracción de cada fracción, se tomaron cinco muestras de cada tratamiento para determinar el peso seco. Las muestras se sometieron a secado en estufas hasta alcanzar un peso constante y se registró su peso.

Adicionalmente, se cuantificó el número total de hojas y flores mediante conteo directo a los 40 días después de aplicados los tratamientos.

Cuantificación de los daños a las plantas

Los daños en las plantas, se evaluaron a los 15 y 45 días de crecimiento del cultivo. Se utilizaron cinco criterios cualitativos de clasificación tomando como base lo expuesto por Apodaca-Sánchez *et al.* (2008); en ningún caso se determinó el agente causal o se midió la concentración de los nutrimentos. Los criterios a evaluar fueron: 1) pérdida foliar (perforaciones de partes de la lámina foliar); 2) manchas (manchas circulares o semicirculares delimitadas por las nervaduras de color café claro en partes de la lámina foliar); 3) nutrición (decoloración amarillenta en partes de la lámina foliar); 4) virosis (hojas rizadas), y 5) necrosis (manchas de color negro en partes de la lámina foliar).

A cada criterio se le asignó una categoría de 0 a 4, de acuerdo con el porcentaje de daño que presentó la planta, donde 4 es el 100% de daño. Y se calculó la tasa de cambio de los daños presentes del tiempo 1 (a los 15 días de aplicación de los tratamientos) al tiempo 2 (a los 45 días de aplicación de los tratamientos).

Cuantificación de la mortalidad

La mortalidad de las plantas se determinó con base en el porcentaje de plantas que sobrevivieron durante los 45 días del período en el que se mantuvo el cultivo, con respecto al total de plantas que germinaron; para su determinación, se realizaron conteos al inicio del estudio y tres días antes de cosechar la biomasa.

Análisis estadísticos

Los datos de biomasa aérea, biomasa de raíz, daños a las hojas y mortalidad se analizaron con una prueba de Kruskal-Wallis y se compararon las medianas con una prueba Post Hoc de Wilcoxon, usando el paquete estadístico Agricolae de R (R version 3.1, 2014), debido a que la distribución de los datos no cumplía con los parámetros de normalidad y homocedasticidad.

El número de hojas y flores se analizó con un Modelo Lineal Generalizado con distribución Poisson mediante el *software* estadístico R (R version 3.1, 2014) y se compararon las medias de los tratamientos por comparación múltiple de medias de Tukey (Gómez y Gómez, 1983).

Resultados

Evaluación de la producción de biomasa, número de hojas y de flores

La producción de biomasa aérea en peso seco, a los 45 días, fue significativamente mayor ($p=0.006$) con la aplicación de vermicomposta. En la biomasa de raíz en peso seco no fue significativamente diferente entre los tratamientos utilizados. En el cuadro 3 se presentan los rangos obtenidos de la prueba K-W para la producción de biomasa de las plantas de tomate verde.

Cuadro 3

Efecto de la fertilización orgánica y de síntesis química sobre la producción de biomasa de las plantas de tomate verde (*P. ixocarpa*).

| Variable | Tratamientos | | | | |
|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|
| | C (n=15) | TOL (n=15) | TOV (n=15) | TSQ (n=15) | P |
| Biomasa aérea PS | 28.40 ^b | 29.66 ^b | 42.96 ^a | 20.96 ^b | 0.006 |
| Biomasa raíz PS | 25.16 | 30.96 | 39.13 | 26.75 | 0.12 |

NOTA: Los valores son los rangos obtenidos mediante la prueba de Kruskal-Wallis.

PS= peso seco de las muestras. C=sin fertilización (control), TOV= tratamiento orgánico con vermicomposta, TOL= tratamiento orgánico con lixiviados y vermicomposta y TSQ= tratamiento síntesis química. Las diferentes literales en superscript (a, b y c) en la misma fila muestran diferencias significativas ($p<0.05$). Prueba de comparación de medianas Post Hoc de Wilcox.

El efecto de la fertilización sobre la producción de hojas y flores se observó a los 45 días de la aplicación de los tratamientos. Se encontró un efecto significativo en la producción de hojas ($p=0.001$) y de flores ($p=0.001$).

En el cuadro 4, se observa que el tratamiento con la aplicación de fertilizante de síntesis química presentó una menor producción de hojas y flores, en comparación con la observada en los otros tratamientos.

El tratamiento TOV y control presentaron un número similar de hojas; mientras que en el tratamiento TOL se obtuvo un mayor número de hojas con respecto a TSQ, pero un menor número de hojas con respecto a TOV y C. Respecto al número de flores, el tratamiento TOV fue el que produjo una mayor cantidad, mientras que los tratamientos control y TOL fueron similares.

Cuadro 4

Efecto de la fertilización orgánica y de síntesis química sobre la cantidad de hojas y flores de tomate verde (*P. ixocarpa*) a los 45 días del cultivo.

| Variable | Tratamientos | | | | |
|---------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-------|
| | C (n=15) | TOL (n=15) | TOV (n=15) | TSQ (n=15) | P |
| No. de hojas | 75.40 ± 28.5 ^a | 69.53 ± 24.9 ^b | 75.3 ± 17.4 ^a | 53.66 ± 34.6 ^c | 0.001 |
| No. de flores | 26.40 ± 12.8 ^b | 24.13 ± 8.0 ^b | 31.13 ± 11.3 ^a | 20.80 ± 15.1 ^c | 0.001 |

NOTA: Los datos son la media de n=15 ±DS.

C=sin fertilización (control), TOV= tratamiento orgánico con vermicomposta, TOL= tratamiento orgánico con lixiviados y vermicomposta y TSQ= tratamiento síntesis química. a, b y c= literales diferentes en la misma fila son significativamente ($p < 0.05$) diferentes. Prueba de comparación de medias de Tukey.

Evaluación de los daños foliares

Se encontraron diferencias significativas ($p = 0.02$) en el porcentaje de hojas con manchas y con decoloración (amarillamiento) ($p = 0.001$). El tratamiento con fertilización de síntesis química presentó el mayor porcentaje de daño por nutrición, con respecto a lo observado en las plantas que recibieron tratamiento con fertilizante orgánico; mientras que el tratamiento control y el TSQ presentaron el mayor porcentaje de afectación por manchas en las hojas con respecto al observado con el tratamiento de vermicomposta.

Respecto a la pérdida foliar, los daños por virosis y necrosis no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos. En el cuadro 5, se presentan los rangos obtenidos de la prueba KW para el porcentaje de daño foliar en las plantas de tomate verde.

Cuadro 5

Efecto de la fertilización orgánica y de síntesis química en el porcentaje de daño en las plantas de tomate verde (*P. ixocarpa*).

| Variable | Tratamientos | | | | |
|----------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|-------|
| | C (n=15) | TOL (n=15) | TOV (n=15) | TSQ (n=15) | P |
| Pérdida foliar | 37.33 | 35.00 | 25.93 | 23.73 | 0.07 |
| Manchas | 38.46 ^a | 33.00 ^a | 19.83 ^b | 30.70 ^{ab} | 0.02 |
| Nutrición | 29.16 ^b | 23.06 ^b | 23.56 ^b | 46.20 ^a | 0.001 |
| Virosis | 34.56 | 29.10 | 24.96 | 33.36 | 0.40 |
| Necrosis | 32.00 | 33.86 | 21.66 | 34.46 | 0.10 |

NOTA: Los valores son los rangos obtenidos por la prueba de K-W.

C= Control (sin fertilización), TOV= tratamiento orgánico con vermicomposta, TOL= tratamiento orgánico con lixiviados y vermicomposta y TSQ= tratamiento síntesis química. a, b y c= literales distintas en la misma fila son significativamente ($p < 0.05$) diferentes. Prueba de comparación de medianas por Post Hoc de Wilcox.

Mortalidad de las plantas de tomate verde

Se encontraron diferencias significativas ($p=0.008$) entre los tratamientos sobre la mortalidad de las plantas. El tratamiento de síntesis química presentó un mayor porcentaje de mortalidad; mientras que el tratamiento con vermicomposta no tuvo mortalidad, el tratamiento control y el TOL presentaron baja mortalidad respecto al tratamiento TSQ.

En el cuadro 6 se presentan los rangos obtenidos de la prueba K-W para el porcentaje de mortalidad de las plantas de tomate verde.

Cuadro 6

Efecto de la fertilización orgánica y de síntesis química en la mortalidad de plantas de tomate verde (*P. ixocarpa*) creciendo en condiciones de invernadero.

| Variable | Tratamientos | | | | |
|------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|
| | C (n=15) | TOL (n=15) | TOV (n=15) | TSQ (n=15) | P |
| Mortalidad | 27.833 ^b | 29.666 ^b | 26.000 ^b | 38.500 ^a | 0.008* |

C=sin fertilización, TOV= tratamiento orgánico con vermicomposta, TOL= tratamiento orgánico con lixiviados y vermicomposta y TSQ= tratamiento síntesis química.

*Prueba de Kruskal-Wallis; a, b y c= literales distintas difirieron significativamente ($p<0.05$).

Discusión

La aplicación de fertilizantes orgánicos favorece la producción de biomasa (Khan *et al.*, 2015) y mejora la fertilidad y calidad del suelo (Crittenden *et al.*, 2015), debido a que aporta sustancias promotoras del crecimiento vegetal (vitaminas, hormonas, enzimas) que favorecen el crecimiento y desarrollo de la planta (Cavender *et al.*, 2003; Doan *et al.*, 2015). A diferencia de la fertilización química, que sólo aporta ciertos nutrimentos, dependiendo del tipo de fertilizante utilizado, lo que hace que la planta crezca con menor vitalidad.

Probablemente, a esto se debió que la producción de biomasa aérea fuera menor con la fertilización de síntesis química; lo que concuerda con los resultados obtenidos por Buffalo *et al.* (2015) al aplicar 150 kg/ha de fertilizante orgánico en un cultivo de albaica (*Ocimum basilicum* L.) en condiciones de invernadero.

Sin embargo, al estimar la producción de biomasa de raíz, nuestros resultados difieren con lo señalado por Singh *et al.* (2010), quienes determinaron un incremento en la cantidad de raíces al aplicar lixiviados de lombriz en plantas de fresa (*Fragaria ananassa* Duch.). No obstante, se asume que la fertilización orgánica estimuló la absorción de nutrimentos en las plantas; ya que, a los 45 días de la aplicación de la vermicomposta se observó un aumento significativo en la formación de hojas y flores en las plantas; tal como lo demostraron los estudios de Peyvast *et al.* (2008) y Papathanasiou *et al.* (2012), donde encontraron un incremento significativo en la producción de hojas y flores en plantas

de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) y lechuga (*Lactuca sativa* L.), respectivamente, al aplicarles vermicomposta en condiciones de invernadero.

Este efecto se ha asociado con un incremento en la actividad bacteriana en el suelo y un mayor aporte de micro nutrientes —como el Zn, Mg, Ca, Fe y Cu (Peyvast *et al.*, 2008; Khan *et al.*, 2015)—; estos elementos son esenciales para un óptimo desarrollo de las plantas y la producción de una mayor cantidad de hojas y a la regulación de los ciclos de nutrientes para la conservación de la calidad del suelo (Peyvast *et al.*, 2008; Papathanasiou *et al.*, 2012; Doan *et al.*, 2015).

La fertilización con vermicomposta y lixiviados, además, aporta ácidos húmicos que favorecen la absorción de micro y macronutrientes, controlan infecciones virales y amortiguan efectos del estrés hídrico, lo que reduce la aparición de daños foliares y la mortalidad de las plantas (Oliva *et al.*, 2008); en este experimento se probó que, con una fertilización química, el daño por nutrición y la aparición de manchas es mayor que con la aplicación de vermicomposta y lixiviados.

Posiblemente, la aplicación de fertilizantes orgánicos no hizo más apetecible a la planta al ataque de posibles herbívoros; y nuestros resultados difirieron de los encontrados por Edwards *et al.* (2010), quienes encontraron —al aplicar lixiviados de vermicomposta en tomate (*Solanum lycopersicum* L.)— que se incrementó la susceptibilidad de daño foliar.

Por otro lado, la aplicación de tratamientos orgánicos pudo favorecer que las plantas concentraran los contenidos fenólicos solubles y un incremento en el N disponible en los tejidos de las hojas, reduciendo el ataque por plagas (Arancon *et al.*, 2006). Esto, posiblemente, se vincule con lo observado en una menor presencia de manchas con el tratamiento con vermicomposta. La presencia de este tipo de mancha está asociada, principalmente, con el hongo *Cercospora physalidis* Ellis, que produce una coloración café, delimitada por las nervaduras de las hojas (Apodaca-Sánchez *et al.*, 2008).

La calidad de la plantas de tomate se favoreció con la aplicación de los tratamientos con vermicomposta y ello derivó en un menor porcentaje de mortalidad con respecto al tratamiento de fertilización con síntesis química. Asimismo, la similitud de las respuestas observadas con la aplicación de tratamientos orgánicos con respecto al tratamiento control pudo estar influenciada por la calidad del suelo que se utilizó en el estudio; el cual se obtuvo de la parcela que ha estado bajo manejo orgánico por mucho tiempo (10 años).

Conclusiones

Lograr una buena calidad del suelo es esencial para el óptimo desarrollo de la planta de tomate verde; y esta cualidad puede ser favorecida con la aplicación de vermicomposta como alternativa de fertilización orgánica en sistemas protegidos. Su aplicación favorece la producción de biomasa y una mayor producción de hojas y flores. Además, apoya el desarrollo de las plantas, al disminuir los daños foliares y su mortalidad.

Literatura citada

- Amaya-Carpio, L.; Davies, F. T.; Fox, T. y He, C. (2009). Arbuscular mycorrhizal fungi and organic fertilizer influence photosynthesis, root phosphatase activity, nutrition, and growth of *Ipomoea carnea* ssp. *fistulosa*. *Photosynthetica*, 47(1), 1–10.
- Apodaca-Sánchez, M.; Barreras-Soto, M.; Mondaca-Cortez, E. y Quintero-Benítez, J. (2008). *Enfermedades del tomate de cáscara en Sinaloa*. 1ª. Ed. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Ed. D. F., México. 32 pp.
- Arancon, N.; Edwards, C.; Yardim, E.; Oliver, T.; Byrne, R. y Keeney, G. (2006). Suppression of two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*), mealy bug (*Pseudococcus* sp) and aphid (*Myzus persicae*) populations and damage by vermicomposts. *Crop Protection*, 26(2007): 29–39.
- Arnhold, S.; Lindner, S.; Lee, B.; Martin, E.; Kettering, J.; Nguyen, T. T. y Huwe, B. (2014). Conventional and organic farming: Soil erosion and conservation potential for row crop cultivation. *Geoderma*, 219(220): 89–105.
- Barral, M.; Rey-Benayas, J.; Meli, P. y Maceira, N. (2015). Quantifying the impacts of ecological restoration on biodiversity and ecosystem services in agroecosystems : A global meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 202, 223–231.
- Bufalo, J.; Cantrell, C. L.; Astatkie, T.; Zheljzkov, V. D.; Gawde, A. y Boaro, C. S. F. (2015). Organic versus conventional fertilization effects on sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) growth in a greenhouse system. *Industrial Crops and Products*, 74, 249–254.
- Cavender, N. D.; Atiyeh, R. M. y Knee, M. (2003). Vermicompost stimulates mycorrhizal colonization of roots of *Sorghum bicolor* at the expense of plant growth. *Pedobiologia*, 47(1): 85–89.
- Crittenden, S. J.; Poot, N.; Heinen, M.; van Balen, D. J. M. y Pulleman, M. M. (2015). Soil physical quality in contrasting tillage systems in organic and conventional farming. *Soil and Tillage Research*, 154: 136–144.
- Cruz-Koizumi, Y. (2015). *Análisis comparativo de calidad suelo y productividad en dos sistemas de cultivo de tomate verde (Physalis ixocarpa) en Calakmul, Campeche*. Tesis de Maestría. El Colegio de la Frontera Sur. Chiapas, México. 65 pp.
- Doan, T. T.; Henry-des-Tureaux, T.; Rumpel, C.; Janeau, J.-L. y Jouquet, P. (2015). Impact of compost, vermicompost and biochar on soil fertility, maize yield and soil erosion in Northern Vietnam: a three year mesocosm experiment. *The Science of the Total Environment*, 514: 147–54.
- Edwards, C. A.; Arancon, N. Q.; Vasko-bennett, M.; Askar, A. y Keeney, G. (2010). Effect of aqueous extracts from vermicomposts on attacks by cucumber beetles (*Acalymna vittatum*) (Fabr.) on cucumbers and tobacco hornworm (*Manduca sexta*) (L.) on tomatoes. *Pedobiologia*, 53(2): 141–148.
- Edwards, C. A.; Arancon, N. Q.; Vasko-bennett, M.; Askar, A.; Keeney, G. y Little, B. (2010). Suppression of green peach aphid (*Myzus persicae*) (Sulz.), citrus mealybug (*Planococcus citri*) (Risso), and two spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) (Koch.) attacks on tomatoes and cucumbers by aqueous extracts from vermicomposts. *Crop Protection*, 29(1): 80–93.
- Gamliel, A. y van Bruggen, A. H. C. (2015). Maintaining soil health for crop production in organic greenhouses. *Scientia Horticulturae* 208 (29):120-130.
- Gómez, K. y Gómez, A. (1983). *Statistical procedures for agricultural research*. (W. Publication, Ed. Second Edi, Vol. 6. NY, USA: John Wiley & Sons. 630 pp.
- Gûemes-Guillen, M. J.; Palacios-Álvarez, A.; Ramírez-Rojas, S.; García-Pérez, F.; Salazar-Pedroza, A. e Inoue, K. (2001). *Guía para cultivar tomate de cáscara en el estado de Morelos*. INIFAP. Centro de Investigación Regional del Centro Campo Experimental “Zacatepec” Zacatepec, Morelos, México, 19 pp.
- INE (1999). *Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Calakmul*. México, D. F. 277 pp.
- Islas-Blancas, A. (2006). *Efecto de la fertilización y riego con aguas negras en la calidad poscosecha de tomate de cáscara (Physalis ixocarpa Brot.) Var. titán*. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

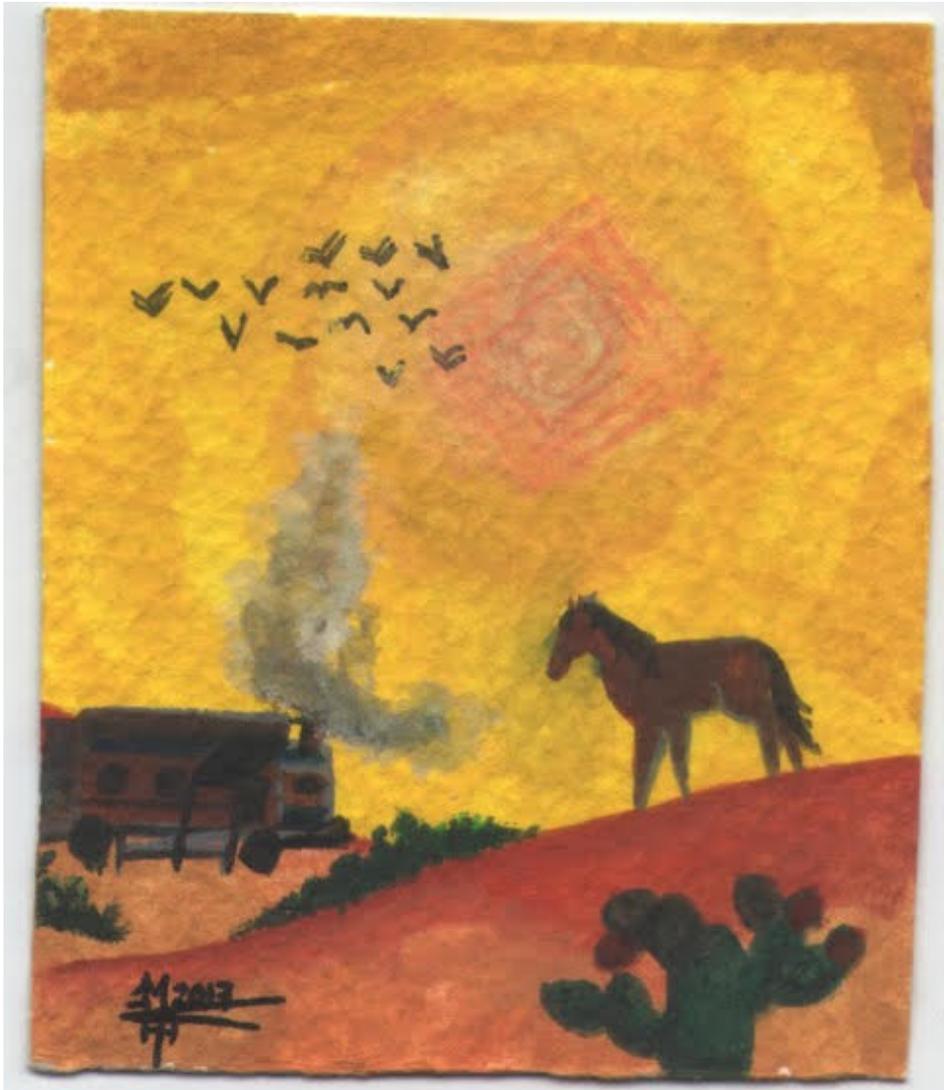
- Khan, K.; Pankaj, U.; Verma, S. K.; Gupta, A. K.; Singh, R. P. y Verma, R. K. (2015). Bio-inoculants and vermicompost influence on yield, quality of *Andrographis paniculata*, and soil properties. *Industrial Crops and Products*, 70: 404–409.
- Kuehl, R. (2001). *Diseño de experimentos: Principios estadísticos de diseño y análisis de investigación*. Edit Thomson Le. 668 pp.
- Ladan Moghadam, A. R.; Oraghi Ardebili, Z. y Saidi, F. (2012). Vermicompost induced changes in growth and development of *Lilium Asiatic* hybrid Var. Navona. *African Journal of Agricultural Research* 7(17): 2609–2621.
- Martínez, E. y Galindo-Leal, C. (2002). La vegetación de Calakmul, Campeche, México: clasificación, descripción y distribución. *Bol. Soc. Bot. México*, 71: 7–32.
- Morón-Ríos, A. y Alayón-Gamboa, J. (2014). Productividad del cultivo de chile jalapeño (*Capsicum anuum* L.) con manejo orgánico o convencional en Calakmul, Campeche, México. *Avances en investigación agropecuaria* 18(3): 35–40.
- Oliva, M. A.; Rincón, R.; Zenteno, E.; Pinto, A.; Dendooven, L. y Gutiérrez, F. (2008). Rol del vermicompost frente al estrés por cloruro de sodio en el crecimiento y fotosíntesis en plántulas de tamarindo. *Gayana Bot.* 65(1): 10–17.
- Palm, C.; Blanco-Canqui, H.; DeClerck, F.; Gatere, L. y Grace, P. (2013). Conservation agriculture and ecosystem services: An overview. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 19. <http://doi.org/10.1016/j.agee.2013.10.010>
- Papathanasiou, F.; Papadopoulos, I.; Tsakiris, I. y Tamoutsidis, E. (2012). Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and quality of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 10(2): 677–682.
- Peyvast, G.; Olfati, J. A.; Madeni, S. y Forghani, A. (2008). Effect of vermicompost on growth, yield and quality of spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 6(1): 110–113.
- R version 3.1.1, 2. (2014). “Pumpkin Helmet”. *Package Agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research y Copyright (C) 2014 The R Foundation for Statistical.*
- SIAP (2016). *Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*. http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/ient. (Consultada el 12 de mayo de 2017).
- Singh, R.; Gupta, R. K.; Patil, R. T.; Sharma, R. R.; Asrey, R.; Kumar, A. y Jangra, K. K. (2010). Sequential foliar application of vermicompost leachates improves marketable fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.). *Scientia Horticulturae*, 124(1): 34–39.
- Singh, R.; Sharma, R. R.; Kumar, S.; Gupta, R. K. y Patil, R. T. (2008). Vermicompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.). *Bioresource Technology*, 99(17): 8507–11.
- Solís, E. y Campo, J. (2004). Soil N and P dynamics in two secondary tropical dry forests after fertilization. *Forest Ecology and Management*, 195: 409–418.
- Taylor, P.; Francis, C.; Lieblein, G.; Gliessman, S.; Breland, T. A.; Creamer, N. y Harwood, R. (2003). Agroecology : The Ecology of Food Systems. *Journal of Sustainable Agriculture* 22(3): 99–118.
- Vasile, A. J.; Popescu, C.; Ion, R. A. y Dobre, I. (2015). From conventional to organic in Romanian agriculture – Impact assessment of a land use changing paradigm. *Land Use Policy* 46: 258–266.

Recepción: 17 de enero de 2017

Envío arbitraje: 21 de enero de 2017

Dictamen: 08 de mayo de 2017

Aceptado: 30 de julio de 2017



Título: *El rancho*

Dimensiones: 9 cm x 10 cm

Técnica: Acuarela sobre papel

Autora: Marisol Herrera Sosa