

**TÉ DE VERMICOMPOST: ALTERNATIVA PARA LA
PRODUCCIÓN DE CHILE JALAPEÑO BAJO CONDICIONES
PROTEGIDAS**

SAYANI TERESA LÓPEZ ESPINOSA

T E S I S

Presentada como Requisito Parcial para

Optar al Grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN
PRODUCCIÓN AGROPECUARIA**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO

Torreón, Coahuila, México.

Junio de 2014

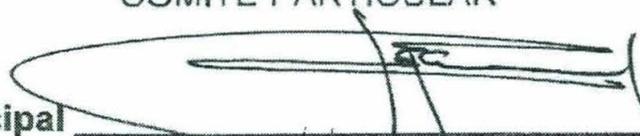
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO
TÉ DE VERMICOMPOST: ALTERNATIVA PARA LA PRODUCCIÓN DE
CHILE JALAPEÑO BAJO CONDICIONES PROTEGIDAS
TESIS POR
SAYANI TERESA LÓPEZ ESPINOSA

Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y aprobada
como requisito parcial, para optar al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

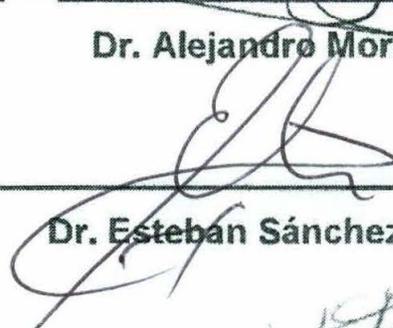
COMITÉ PARTICULAR

Asesor Principal



Dr. Alejandro Moreno Reséndez

Co-Asesor



Dr. Esteban Sánchez Chávez

Asesor Externo



Dr. César Márquez Quiroz

Asesor



Dr. José Luis Reyes Carrillo


Dr. Fernando Ruíz Zárate
Subdirector de Posgrado
Dr. Pedro Antonio Robles Trillo
Jefe del Departamento de Posgrado

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO
TÉ DE VERMICOMPOST: ALTERNATIVA PARA LA PRODUCCIÓN DE
CHILE JALAPEÑO BAJO CONDICIONES PROTEGIDAS

TESIS POR

SAYANI TERESA LÓPEZ ESPINOSA

Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y aprobada
como requisito parcial, para optar al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

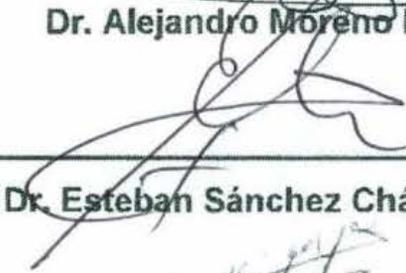
COMITÉ PARTICULAR

Director de Tesis



Dr. Alejandro Moreno Reséndez

Co-Director



Dr. Esteban Sánchez Chávez

Asesor Externo



Dr. César Márquez Quiroz

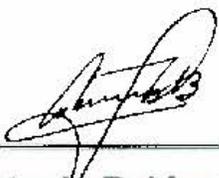
Asesor



Dr. José Luis Reyes Carrillo



Dr. Fernando Ruiz Zárate
Subdirector de Posgrado



Dr. Pedro Antonio Robles Trillo
Jefe del Departamento de Posgrado

Torreón, Coahuila,

Junio de 2014

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Por darme la oportunidad de realizar los estudios de posgrado y trabajo experimental, bajo el proyecto denominado “Fertilización orgánica incrementa capacidad antioxidante, actividad enzimática, contenido de licopeno y vitamina C en frutos de tomate” clave 13-10-2669, registrado por el Dr. Pedro Cano Ríos.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

Por el otorgamiento de la beca para realizar el estudio de posgrado, de la cual se obtuvieron los ingresos para desarrollar el proyecto de investigación.

A mis Asesores, los Doctores:

Esteban Sánchez Chávez, César Márquez Quiroz, José Luis Reyes Carrillo y Alejandro Moreno Reséndez, investigadores del Centro en Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. (CIAD) Unidad Delicias, la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco y la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por compartir sus observaciones, paciencia, confianza y amistad recibida.

Al CIAD-Unidad Delicias, Chihuahua y a los técnicos del laboratorio de Fisiología y Nutrición Vegetal.

MC. Mónica García Bañuelos, IQ. Alexandro Guevara Aguilar, MC. Ezequiel Muñoz Márquez y MC. Juan Pedro Sida Arreola; por compartir sus conocimientos y técnicas de laboratorio.

A los egresados: Jorge A. Abarca Gatica, Fredy Armando Alfaro Vázquez, Abraham Cuellar Piña, Agustín Chávez Ramírez, Ma. Del Carmen García Leyva, Adan Guizar Villegas, Andrés López Pérez y Patricia J. Miguel Hernández. Por su amistad, paciencia, confianza y sobre todo por apoyar en la realización del trabajo de campo del experimento.

A Aurelia Nájera Cruz

Por la atención prestada durante mi estancia en el posgrado de la Unidad Laguna.

DEDICATORIA

A Dios

Al ser todo poderoso que siempre está conmigo, darme la oportunidad de existir y alumbrarme el camino del estudio hasta llegar a la culminación de esta tesis **GRACIAS.**

A mi Mamá y a mis hermanas

Por su apoyo, confianza, comprensión y cariño que siempre me han demostrado.

A mi Papá (Q.E.P.D)

A mi Esposo

César Márquez Quiroz, por su profundo amor, gran apoyo, comprensión, paciencia e impulso dado para alcanzar ésta meta. Con todo mi amor, respeto y gratitud eterna.

A mis Hijos

Cesar Tadeo y Teresa Guadalupe Márquez López, por su amor, motivo de mi fortaleza para seguir adelante y por haberme permitido robarle parte del tiempo que le pertenecía para la realización de este trabajo.

COMPENDIO

**TÉ DE VERMICOMPOST: ALTERNATIVA PARA LA PRODUCCIÓN DE
CHILE JALAPEÑO BAJO CONDICIONES PROTEGIDAS**

POR

SAYANI TERESA LÓPEZ ESPINOSA

**MAESTRA EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

TORREÓN, COAHUILA.

JUNIO DE 2014

Dr. Alejandro Moreno Reséndez -Asesor-

Palabras clave: *Abono orgánico, compost, rendimiento, vermicompost.*

El objetivo del presente trabajo de investigación fue evaluar el efecto del té de vermicompost en el crecimiento y producción de chile jalapeño. Durante el ciclo agrícola otoño-invierno 2011 se evaluó el genotipo de chile jalapeño Hechicero (Harris Moran®) en cinco tratamientos de fertilización: F1 = arena +

solución nutritiva inorgánica; F2 = arena + té de vermicompost al 10 % de concentración; F3 = mezcla de arena + compost (relación 1:1; v:v) + té de vermicompost al 2.5 % de concentración; F4 = mezcla de arena + vermicompost (relación 1:1; v:v) + té de vermicompost al 2.5 % de concentración y F5 = mezcla de arena + compost + vermicompost (relación 2:1:1; v:v) + té de vermicompost al 2.5 % de concentración. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente al azar. Se evaluó la dinámica de crecimiento, peso del fruto, tamaño del fruto (longitud y diámetro ecuatorial) y el rendimiento. Los resultados demuestran que el mayor rendimiento se presentó bajo la fertilización F4 y F5 con una media de 64.3 Mg ha⁻¹ sin alterar la calidad del fruto. Por lo que se concluye, que fue posible satisfacer la demanda nutrimental del cultivo con el uso de té de vermicompost solo o en combinación con la mezcla de arena + compost + vermicompost, por lo que tiene potencial como alternativa para producir chile jalapeño orgánico bajo condiciones protegidas.

ABSTRACT

**VERMICOMPOST TEA: AN ALTERNATIVE FOR JALAPEÑO PEPPER
PRODUCTION UNDER PROTECTED CONDITIONS**

BY

SAYANI TERESA LÓPEZ ESPINOSA

**MASTER OF SCIENCE IN AGRICULTURAL PRODUCTION
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA**

TORREÓN, COAHUILA.

JUNE 2014

Dr. Alejandro Moreno Reséndez-Advisor-

Index words: *Compost, organic amendment, vermicompost, yield.*

The objective of this research was to evaluate the effect of vermicompost tea on the growth and production of jalapeño. During the 2011 crop season fall-winter the genotype jalapeño pepper Hechicero (Harris Moran[®]), was evaluated in five fertilization treatments: F1 = sand + inorganic nutrient solution; F2 = sand

+ vermicompost tea at 10 % of concentration; F3 = sand + compost mixture (1:1, v:v) + vermicompost tea at 2.5 % of concentration; F4 = mixture of sand + vermicompost (1:1, v:v) + vermicompost tea at 2.5 % of concentration and F5 = mixture of sand + compost + vermicompost (ratio 2:1:1, v:v) + vermicompost tea at 2.5 % of concentration. The treatments were arranged in a completely randomized design. The dynamics of growth, fruit weight, fruit size (length and diameter equatorial), pulp thickness, number of fruits per plant, number of locules and the total yield were evaluated. The highest yield was obtained in the F4 and F5 fertilizer source with an average of 64.3 Mg ha⁻¹ without altering the quality of the fruit. It is concluded, that was possible to satisfy the nutrient demand of the jalapeño pepper using vermicompost tea alone or in combination with the mixture of sand + compost + vermicompost, so it has potential as an alternative to produce organic jalapeño pepper under protected conditions.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | Página |
|--|-----------|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| Objetivos | 4 |
| Hipótesis | 4 |
| REVISIÓN DE LITERATURA | 5 |
| Agricultura Protegida | 5 |
| Abonos Orgánicos | 5 |
| El Vermicompostaje y el Vermicompost..... | 7 |
| Los Extractos Acuáticos de Compost y Vermicompost..... | 11 |
| Artículo 1. Publicado en: Emirates Journal of Food and Agriculture 25(9): 666-675. doi: 10.9755/ejfa.v25i9.15979 FERTILIZACIÓN ORGÁNICA: ALTERNATIVA PARA LA PRODUCCIÓN DE CHILE JALAPEÑO BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO | 15 |
| CONCLUSIONES | 34 |
| LITERATURA CITADA | 35 |
| ANEXOS | 40 |
| Artículo 1. | 40 |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1. Análisis químico de los materiales empleados durante el desarrollo del chile jalapeño bajo condiciones de invernadero (n=1)..... | 21 |
| Cuadro 2. Concentración de la solución nutritiva empleada para el desarrollo de chile jalapeño en invernadero..... | 22 |
| Cuadro 3. Ecuaciones de regresión para las fuentes de fertilización en relación con la altura de planta en chile jalapeño, desarrollado con abonos orgánicos bajo condiciones de invernadero. | 25 |
| Cuadro 4. Valores promedio y diferencia estadística de las variables evaluadas en chile jalapeño, desarrollado con abonos orgánicos bajo condiciones de invernadero. | 27 |

INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de satisfactores y de servicios, causada por el crecimiento acelerado de la poblacional, ha provocado cambios en el uso del suelo y la explotación intensiva de éste y del agua, con el consiguiente deterioro y degradación de los recursos naturales; aunado que los consumidores actuales de los productos alimenticios ya no solo se interesan en la apariencia de éstos, ahora se interesan en su origen, como fueron cultivados, si son seguros para comerse, de su contenido nutricional y si están libres de agroquímicos, por lo tanto ponen una mayor atención a las prácticas agrícolas utilizadas en su producción.

En la actualidad, muchos productores, grandes y pequeños, quienes tradicionalmente han utilizado fertilizantes sintéticos para promover el desarrollo de sus cultivos, están modificando esta práctica por diversas razones, entre las cuales se incluyen la restricción en el uso de plaguicidas, la demanda de alimentos de alta calidad, la creciente preocupación por la degradación del recurso suelo, las presiones del público sobre los aspectos ambientales, el ahorro y el incremento de las ganancias ([Humpert, 2000](#)). Por otra parte, y debido a que las reglamentaciones para la aplicación y disposición del estiércol se han vuelto cada vez más rigurosas, en los últimos años ha crecido el interés por utilizar las lombrices de tierra (*Eisenia fetida* Sav.) como un sistema ecológicamente seguro para manejar el estiércol, ya que diversos estudios han

demostrado la capacidad de estos organismos para utilizar una amplia gama de residuos orgánicos, alrededor de 9,657 millones de toneladas por año, y transformarlos en abonos inocuos y con un contenido mayor de elementos minerales. Entre tales materiales están: estiércoles, residuos de cultivos, desechos industriales, aguas negras, entre otros ([Atiyeh et al., 2002](#); [Suthar, 2011](#); [Singh y Suthar, 2012](#); [Suthar et al., 2012](#); [Negi y Suthar, 2013](#)).

Los residuos orgánicos procesados por la lombriz de tierra; cuyo producto final es denominado “vermicompost”, son de tamaño fino, como los materiales tipo “Peat moss”, con alta porosidad, aireación y drenaje y, a su vez, una alta capacidad de retención de agua. El vermicompost (VC), comparado con la materia prima que lo genera, tiene reducidas cantidades de sales solubles, mayor capacidad de intercambio catiónico, y un elevado contenido de ácidos húmicos totales. Debido a estas características, los residuos orgánicos procesados con lombrices tienen un potencial comercial muy grande en la industria hortícola como medio de crecimiento para los almácigos y las plantas ([Ndegwa y Thompson, 2001](#); [Fornes et al., 2012](#)).

Por su parte, el té de vermicompost (TVC), solución resultante de la fermentación aerobia de VC en agua de la llave, contiene niveles altos de microorganismos benéficos, ácidos húmicos y fúlvicos, reguladores de crecimiento y elementos minerales ([Arancon et al., 2007](#); [Edwards et al., 2010a](#); [Edwards et al., 2010c](#)), ha llamado la atención de productores e investigadores en años recientes. La razón más importante para aplicar el TVC, a la capa

superficial del suelo, es para suministrar biomasa microbiana, partículas finas de materia orgánica y componentes químicos de VC solubles en agua. Por lo tanto, en diversos reportes de investigación se ha establecido la necesidad de investigar el efecto del TVC ([Scheuerell y Mahaffee, 2002](#); [Scheuerell y Mahaffee, 2004](#)) sobre el comportamiento y desarrollo de las especies hortícolas.

Objetivos

1.- Evaluar el impacto del té de vermicompost sobre el crecimiento y producción de chile jalapeño bajo condiciones protegidas.

Hipótesis

1.- El té de vermicompost aumentará el crecimiento y productividad del chile jalapeño.

REVISIÓN DE LITERATURA

Agricultura Protegida

Se define como un sistema agrícola con técnicas de producción que permiten modificar el ambiente en el que se desarrollan los cultivos, con el propósito de incrementar el rendimiento, producir en diferentes épocas y favorecer su crecimiento y desarrollo. Al respecto, bajo este sistema de producción se puede: a) proteger a los cultivos de las temperaturas, b) reducir el efecto de la velocidad del viento, minimizar los daños ocasionados por plagas y enfermedades, c) reducir las necesidades de agua, d) extender las áreas de cultivo y los ciclos de cultivo, e) mejorar la calidad del producto y preservar los recursos mediante el control climático, f) garantizar el suministro de productos de alta calidad a los mercados hortícolas, y g) promover la precocidad de las especies vegetales ([Juárez-López et al., 2012](#)).

Abonos Orgánicos

Un abono en general se considera a aquel material que se aplica al suelo y estimula el crecimiento de las plantas de manera indirecta ([Ahlawat y Jat, 2006](#); [Aira et al., 2007a](#); [Aira y Dominguez, 2011](#); [Aguiar et al., 2013](#)). Por otro lado, un material se considera como fertilizante cuando estimula el crecimiento de manera directa a través del aporte de elementos minerales indispensables para las plantas. Los abonos provenientes de residuos orgánicos, como los estiércoles de diferentes especies de animales, los biosólidos, los residuos de

cosecha, el compost y vermicompost pueden considerarse como abonos y también como fertilizantes orgánicos ([Figueroa y Cueto, 2003](#)).

La principal característica de los abonos orgánicos: es su alto contenido de materia orgánica, la cual contiene una serie de microorganismos benéficos para la planta, además de una cantidad elevada de elementos minerales como: nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), entre otros. Los abonos orgánicos más comúnmente utilizados con fines agrícolas son los estiércoles solarizados, los composts y los vermicomposts que están libres de patógenos, son inodoros y se obtienen por proceso aerobio y anaerobio ([Fornes et al., 2009](#); [Fornes et al., 2011](#)). Las principales técnicas para lograr este tipo de abonos son el compostaje y el vermicompostaje ([Fornes et al., 2012](#); [Fornes et al., 2013](#)).

La adición de abonos orgánicos al suelo y sustratos incrementan el rendimiento y la relación beneficio – costo ([Beltran-Morales et al., 2006](#); [De la Cruz-Lazaro et al., 2010](#)). Su uso en terrenos cultivados se remonta casi al nacimiento mismo de la agricultura y presentan ciertas ventajas ([Atiyeh et al., 2000](#); [Arancon et al., 2004a](#); [Arancon et al., 2004b](#); [Arancon et al., 2005](#); [Arancon et al., 2006](#); [Arancon et al., 2008](#); [Lazcano y Domínguez, 2011](#); [Radovich et al., 2012](#)):

- Mayor residualidad en el suelo, por su lenta liberación.
- Mayor capacidad de retención de humedad: a través de su estructura granular, la porosidad y la densidad aparente.

- Forman complejos orgánicos, con elementos minerales que se mantienen en forma aprovechable para las plantas.
- Provocan menor formación de costras y terrones.
- Incrementan la actividad biológica en el suelo.
- Aportan elementos minerales, energía y hábitat para los microorganismos del suelo.
- Actúan como reserva de nutrimentos.
- Retienen nutrimentos en forma disponible.
- Aportan cargas negativas a la capacidad de intercambio catiónico del suelo, donde pueden retener nutrimentos y metales pesados que de otra manera se lixiviarían.
- Favorecen la estructura del suelo.
- Incrementan la porosidad del suelo.

El Vermicompostaje y el Vermicompost

El vermicompostaje se define como un proceso de biooxidación, degradación y estabilización de la materia orgánica, a través de la acción conjunta de algunas lombrices de tierra y microorganismos, mediante el que se obtiene un material final estabilizado, homogéneo, rico en elementos minerales y de granulometría fina denominado vermicompost. El proceso de vermicompostaje requiere un manejo adecuado de la población de lombrices de tierra, por lo que se tiene que llevar a cabo en un rango estrecho de

temperatura (25 a 40 °C) y alta humedad (70 a 90 %) ([Domínguez, 2004](#); [Dominguez y Edwards, 2010](#)).

Las lombrices de tierra participan en las siguientes actividades ([Edwards et al., 2004](#); [Aira et al., 2007b](#); [Domínguez et al. 2010b](#); [Lazcano y Domínguez, 2011](#)): a) fragmentación física del sustrato orgánico que aumenta la superficie de ataque para los microorganismos, b) la modificación, transporte e inoculación de la microflora presente en los residuos y c) la aireación del sustrato a través de sus actividades de excavación y deyección. Las lombrices de tierra más utilizadas en el vermicompostaje son de las especies *Eisenia fetida* y *Eisenia andrei*, debido a que: a) son especies que tienen la capacidad de colonizar diferentes residuos orgánicos, b) toleran amplios intervalos de temperatura y humedad, c) son resistentes y fáciles de manejar, d) presentan una elevada tasa reproductora, y e) su longevidad es muy superior a la de las lombrices comunes ([Domínguez et al., 2005](#); [Nogales et al., 2005](#); [Aira et al., 2007b](#)).

Durante el desarrollo de las fases del vermicompostaje y al final del proceso, se observan cambios en las características de los residuos, los cuales son: a) reducción de los sólidos volátiles (9 a 12 %), b) disminución de la relación C/N, c) reducción o mantenimiento de la actividad enzimática, d) disminución de los niveles de pH, e) disminución de organismos patógenos, f) incrementos en el contenido total de sustancias húmicas, g) aumentos en la cantidad de N, P y K disponibles, aunque también pueden disminuir los niveles

de K, Ca y de metales como el hierro, zinc, plomo y cadmio en comparación con los valores observados en el material inicial, h) excelentes niveles de aireación, porosidad, estructura, drenaje, capacidad de almacenamiento de agua, y con un nivel considerable de elementos nutritivos esenciales fácilmente disponibles para las plantas, i) bajos niveles de fitotoxicidad, y j) reducción moderada en los niveles de celulosa, hemicelulosa y lignina ([Suthar, 2007](#); [Aira y Domínguez, 2008](#); [Suthar y Singh, 2008](#); [Domínguez et al., 2009](#); [Monroy et al., 2009](#); [Suthar, 2009](#); [Domínguez et al., 2010a](#)).

El vermicompostaje es una tecnología de fácil ejecución; sin embargo para su correcta realización es necesario tomar en cuenta algunos parámetros para que este proceso se lleve a cabo sin complicaciones ([Aira y Domínguez, 2008](#); [Lazcano et al., 2008](#); [Domínguez et al., 2009](#); [Fornes et al., 2013](#)):

- La temperatura ideal para el desarrollo de las lombrices es entre los 18 y 24 °C, por lo cual es importante evitar que los residuos se calienten durante su descomposición, porque puede influir de manera negativa en la colonización del medio.
- El pH del medio de crecimiento debe oscilar entre 5.0 y 8.5.
- La humedad del sustrato debe encontrarse entre un 80 y 90 %, procurando que la humedad se distribuya lo más homogéneamente posible, ya que una falta o un exceso de humedad pueden provocar muerte o migración de las lombrices, ocasionando una menor eficiencia en la degradación de los residuos.

- Los residuos en descomposición deben presentar una conductividad eléctrica inferior a 7 dS m^{-1} .
- El nivel de nitrógeno es muy importante para la colonización de los residuos, pero la concentración de amonio no debe superar los 0.5 mg g^{-1} .

A diferencia de los fertilizantes inorgánicos, el vermicompost constituye una fuente de elementos minerales de liberación lenta, disponibles para la planta conforme los requiera ([Chaoui et al., 2003](#)). Además, la incorporación de vermicompost puede producir una mejora significativa en las propiedades físicas y químicas tanto de los sustratos artificiales de cultivo ([Hidalgo y Harkess, 2002](#)) como del suelo ([Ferrerías et al., 2006](#)); pero no solo los efectos del vermicompost se centran en los beneficios físicos y/o químicos, sino que existen indicios que este tipo de abonos presentan fitohormonas que regulan el crecimiento de la planta ([Arancon et al., 2006](#)).

Existen evidencias de la incorporación de abonos orgánicos al suelo y sustratos de crecimiento que favorecieron el desarrollo y la productividad de diversos cultivos hortícolas, tales como tomate [*Solanum lycopersicum* L.] ([Atiyeh et al., 2000](#)), pimiento [*Capsicum annuum* L.] ([Arancon et al., 2005](#)), fresa [*Fragaria vesca* L.] ([Arancon et al., 2006](#)), lechuga [*Lactuca sativa* L.] ([Arancon et al., 2012](#)), Pak Choi [*Brasica rapa* L.] ([Pant et al., 2012](#)), petunias [*Petunia* sp. Juss.] ([Arancon et al., 2008](#)), entre otras especies de interés comercial.

Los Extractos Acuosa de Compost y Vermicompost

El extracto de compost o el extracto de vermicompost, es una solución acuosa con compost o vermicompost en suspensión, usualmente obtenidos por agitación en un medio aerobio o anaerobio, que puede ser usado como fertilizante líquido por su contenido de elementos minerales solubles ([Diver, 1998](#); [Arancon et al., 2007](#); [Pant et al., 2009a](#); [Pant et al., 2009b](#); [Radovich et al., 2009](#); [Edwards et al., 2010a](#); [Edwards et al., 2010c](#); [Pant et al., 2011](#); [Pant et al., 2012](#)). Aunque el té de compost y té de vermicompost son similares en relación al método de elaboración y sus modos de acción en la planta, se ha demostrado que el extracto acuoso de vermicompost tiene propiedades bioquímicas que promueve el crecimiento de las plantas ([Edwards et al., 2006](#)).

El té de compost tiene un contenido elevado de elementos minerales y microorganismos benéficos ([Weltzien, 1991](#); [Scheuerell, 2003](#); [Carpenter-Boggs, 2005](#); [Diánez et al., 2006](#); [Ochoa-Martínez et al., 2009](#); [Pant et al., 2009b](#); [Radin y Warman, 2010](#); [Sherman, 2013](#)). El té de compost activado con microorganismos usualmente se aplica para controlar enfermedades ocasionadas por hongos en el sistema radical o en la parte foliar de los cultivos, y en menor medida para mejorar el estado nutricional de las plantas ([Diver, 1998](#); [Scheuerell y Mahaffee, 2002](#); [Scheuerell y Mahaffee, 2004](#); [Kannangara et al., 2006](#)). La efectividad de este tipo de productos está en función de la edad del compost y la naturaleza de los residuos o ingredientes de origen ([Scheuerell, 2003](#)).

El té de vermicompost modifica el estado nutricional de la planta e incrementa el rendimiento cuando es aplicado vía foliar, al suelo o al medio de crecimiento ([Arancon et al., 2007](#); [Pant et al., 2009a](#); [Radovich et al., 2009](#); [Edwards et al., 2010a](#); [Edwards et al., 2010b](#); [Pant et al., 2011](#); [Pant et al., 2012](#)). Este beneficio se obtiene mediante: a) el aumento de las comunidades microbianas benéficas y sus efectos en los suelos y plantas y b) la producción de compuestos de defensa en la planta, con actividad biológica benéfica en el ser humano ([Edwards et al., 2006](#)).

Aunque la química y microbiología del extracto de vermicompost es complejo, se hace énfasis que los elementos minerales solubles extraídos del vermicompost tienen efectos positivos en el crecimiento de la planta con aplicaciones vía foliar ([Fritz et al., 2012](#)). En tanto que, se resalta la acción de los microorganismos y metabolitos microbianos en el crecimiento de la planta ([Pant et al., 2011](#)). Aunado a lo anterior, las fitohormonas extraídas del vermicompost también pueden tener un efecto favorable en el desarrollo radicular inicial y en el crecimiento de la planta ([Arancon et al., 2012](#)).

Dos métodos principales se usan en el proceso de elaboración del extracto acuoso, el aireado y el no aireado, descritos por Scheuerell y Mahaffee ([2002](#)) e Ingham ([2005](#)). Otros términos usados para describir el proceso de extracción aireado y no aireado son aeróbico y anaeróbico o activo y pasivo. Ambos métodos de extracción implican el remojo de compost o vermicompost en agua

durante un periodo de tiempo definido a temperatura ambiente. Además, el té aireado requiere aireación durante todo el periodo de extracción ([Weltzien, 1991](#); [Scheuerell y Mahaffee, 2002](#)). Weltzien, como pionero en esta área, se enfocó principalmente en el método no aireado para la elaboración del té ([Weltzien, 1991](#)). Sin embargo, en los últimos años, el interés se ha desplazado hacia el método aireado. Desde la perspectiva de un productor, el método aireado tiene la clara ventaja de que se puede preparar de 1 a 2 días y resulta en menos problemas de olores, mientras que el método no aireado requiere de 1 a 2 semanas de extracción ([Ingham, 2005](#)). La extracción no aireada no requiere ninguna tecnología especial más allá de un recipiente de extracción y se asocia con bajos costos de energía, en tanto que el método aireado requiere constante agitación y aireación de grandes volúmenes de líquido ([Pant et al., 2009b](#)).

Con respecto a la extracción del té de vermicompost, este proceso puede llevarse a cabo bajo condiciones de aireación o sin aireación. Durante la extracción aireada, el aire es bombeado a través del contenedor que mantiene el agua y vermicompost para mantener niveles de oxígeno de 5 ppm ([Pant et al., 2009b](#)). Para incrementar la actividad microbiana del producto final se adicionan aditivos, azúcar, cereales, emulsiones de pescado, extractos de algas, ácidos húmicos, entre otros ([Pant et al., 2011](#)).

Diversos investigadores han informado que el té no aireado, tiene efectos positivos sobre el crecimiento de las plantas y el control de enfermedades en

comparación con el té aireado ([Scheuerell y Mahaffee, 2004, 2006](#)). Scheuerell y Mahaffee ([2004](#)) reportaron que el té aireado hecho con diferentes composts y complementado con algas y ácidos húmicos controló el damping off en plántulas de pepino (*Cucumis sativus* L.) causado por *Pythium ultimum* comparado con los téis no aireados. En tanto que, Welke ([2005](#)) concluyó que ambos métodos de extracción aireado y no aireado tienen efectos similares sobre el crecimiento de plantas y la supresión de enfermedades. Al respecto, Hargreaves *et al.* ([2009](#)), demostraron que el té de compost no aireado y el té de compost aireado fueron eficaces como enmiendas orgánicas, para estimular el crecimiento de plantas de fresa.

Las poblaciones microbianas y sus diversidades en el té son los factores más importantes que contribuyen a su efecto sobre la supresión de las enfermedades y el crecimiento de las plantas. Un té de buena calidad debe contener una gran población de microorganismos benéficos tales como bacterias activas y totales, hongos, protozoos y nematodos. Al respecto, Ingham ([2005](#)) sugirió que 1 mL de té debe contener entre 10 a 150 μg de bacterias activas, de 150 a 200 μg de bacterias totales, de 2 a 10 μg de hongos activos, de 2 a 20 μg de hongos totales, 1000 protozoos de tipo flagelado y ameba, de 20 a 50 protozoos de tipo ciliado y de 2 a 10 nematodos benéficos.

Artículo 1. Publicado en: Emirates Journal of Food and Agriculture 25(9): 666-675. doi: 10.9755/ejfa.v25i9.15979 FERTILIZACIÓN ORGÁNICA: ALTERNATIVA PARA LA PRODUCCIÓN DE CHILE JALAPEÑO BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO

Organic fertilization: an alternative to produce jalapeño pepper under greenhouse conditions

Sayani Teresa López-Espinosa¹, Alejandro Moreno-Reséndez², Pedro Cano-Ríos³, Norma Rodríguez-Dimas⁴, Valentín Robledo-Torres³ and César Márquez-Quiroz⁵

¹Programa de Posgrado en Ciencias en Producción Agropecuaria, Departamentos de ²Suelos, ³Horticultura and ⁴Ciencias Básicas, ⁵Programa de Posgrado en Ciencias Agrarias, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro - Unidad Laguna (UAAAN – UL). Periférico Raúl López Sánchez km 1.5 y Carretera a Santa Fé s/n. Torreón, Coahuila, México. CP 27059.

ABSTRACT

The experiment was conducted during fall-winter seasons of years 2011-2012 to determine the effects of vermicompost tea (VCT) on growth and productivity of “Hechicero” jalapeño pepper plant grown under organic and synthetic fertilization in greenhouse. Five different fertilization methods were applied to plants (F1 = sand + inorganic nutrient solution (control group); F2 =

sand + VCT on concentration of 10 %; F3 = mixture of sand + compost (ratio 1:1; v:v) + VCT on concentration of 2.5 %; F4 = mixture of sand + vermicompost (ratio 1:1; v:v) + VCT on concentration of 2.5 % y F5 = mixture of sand + compost + vermicompost (ratio 2:1:1; v:v:v) + VCT on concentration of 2.5 %). Treatments F4 and F5 showed an increased yield of 70 and 45 % with regard to the yield obtained with F1; the F1 and F2 yields were not statistically different at the 0.05 significance level. The fruit length and the pericarp thickness were increased until 7.55 and 7.01 % in F5, respectively. These results suggest that, since there were differences in yield when using the organic and inorganic nutrient source, VCT combined with mixtures of sand + compost + vermicompost may be considered successful alternative fertilizer for organic jalapeño pepper production in greenhouse.

Key Words: *Capsicum annuum*, *glasshouse*, *vermicompost*, *organic farming*

RESUMEN

Múltiples estudios han reportado el efecto del té de compost sobre la supresión de enfermedades en plantas. Sin embargo, relativamente poco se ha hecho para investigar el efecto del té de vermicompost (TVC) sobre el crecimiento y rendimiento de cultivos hortícolas. El experimento se estableció durante el ciclo otoño-invierno 2011-2012 para evaluar el efecto del TVC sobre el crecimiento y producción del chile jalapeño "Hechicero" desarrollado bajo fertilización orgánica y sintética en invernadero. Cinco diferentes formas de fertilización se aplicaron a las plantas. Los tratamientos fueron: F1 = arena + solución nutritiva inorgánica (testigo); F2 = arena + TVC al 10 % de concentración; F3 = mezcla

de arena + C (relación 1:1; v:v) + TVC al 2.5 % de concentración; F4 = mezcla de arena + VC (relación 1:1; v:v) + TVC al 2.5 % de concentración y F5 = mezcla de arena + C + VC (relación 2:1:1; v:v) + TVC al 2.5 % de concentración. Los cinco tratamientos de fertilización se distribuyeron en un diseño completamente al azar. Los tratamientos de fertilización F5 y F4 registraron incrementos en rendimiento de 70 y 45 %, respectivamente, respecto al rendimiento obtenido por tratamiento F1 (testigo), mientras que los rendimientos obtenidos con los tratamientos F2 y F1 resultaron estadísticamente iguales. El estudio sugiere que, al haber diferencias en rendimiento entre fuentes orgánicas e inorgánicas de los elementos nutritivos, el TVC en combinación con mezclas de arena + C + VC, puede ser considerado como una alternativa para la producción orgánica de chile jalapeño bajo condiciones protegidas.

Palabras clave: *Capsicum annuum*, *invernadero*, *vermicompost*, *agricultura orgánica*

INTRODUCCIÓN

El estiércol, los residuos de los cultivos, los abonos verdes, los lodos residuales de la industria lechera, los residuos de la industria herbolaria medicinal, los biosólidos de las agroindustrias y los residuos de alimentos procesados, una vez que son adecuadamente tratados a través del proceso de compostaje y/o vermicompostaje (Alidadi *et al.*, 2007), son algunas de las fuentes potenciales de elementos nutritivos de los sistemas de producción orgánica (Ramesh *et al.*, 2005). De acuerdo con Ramesh *et al.* (2005) la producción orgánica es una

alternativa para consumidores que prefieren alimentos libres de plaguicidas y de fertilizantes sintéticos, es decir libres de riesgo, y con un alto valor nutricional.

Hoy en día es ampliamente reconocido que el compost (C) y el vermicompost (VC) constituyen una fuente de elementos nutritivos de lenta liberación, los cuales además se encuentran en formas fácilmente disponibles para las plantas, a medida que las especies vegetales los van demandando (Atiyeh *et al.*, 2001; Chaoui *et al.*, 2003; Cruz-Rodrigues *et al.*, 2003; Raviv, 2005). De hecho existen evidencias de que la incorporación de C y VC a los suelos y sustratos de crecimiento favorece el desarrollo y la productividad de diversos cultivos hortícolas, tales como tomate [*Solanum lycopersicum* L.] (Gutiérrez-Miceli *et al.*, 2007), lechuga [*Lactuca sativa* L.] (Steffen *et al.*, 2010), pimiento [*Capsicum annuum* L.] (Arancon *et al.*, 2004a), ajo [*Allium sativum* L.] (Argüello *et al.*, 2006), fresa [*Fragaria vesca* L.] (Arancon *et al.*, 2004b), entre otras especies de interés comercial.

Por otro lado, al mezclar el C y el VC con medios inertes como la arena se mejoran sus características físicas y químicas evitando la hipoxia. También se ha establecido que tanto el C como el VC pueden satisfacer la demanda nutritiva de diversos cultivos hortícolas en invernadero durante los primeros dos meses posteriores al trasplante (Márquez-Hernández *et al.*, 2006). No obstante, después de este tiempo los cultivos han manifestado deficiencias nutrimentales, principalmente de N (Rodríguez-Dimas *et al.*, 2007); lo anterior puede deberse a la baja tasa de mineralización del N tanto en el C, como en el VC. Debido a lo

anterior se ha sugerido que, en los sistemas de producción bajo condiciones protegidas, el estrés nutrimental de los cultivo puede evitarse adicionando otras fuentes de nutrición, entre los cuales se encuentre el té de vermicompost (TVC).

El TVC, solución resultante del VC en agua de la llave que contiene niveles altos de microorganismos benéficos y nutrimentos (Edwards *et al.*, 2010), ha llamado la atención de productores e investigadores en años recientes. La razón más importante para aplicar el TVC es para suministrar biomasa microbiana, partículas finas de materia orgánica y componentes químicos de VC solubles en agua que son aplicados a la capa superficial del suelo y que no podrían ser posible mediante el uso de VC sólido. Sin embargo, a la fecha existen pocas referencias acerca del efecto del TVC en el crecimiento y rendimiento de cultivos hortícolas.

Se planteó la hipótesis que el té de vermicompost como fertilizante afectara el crecimiento y productividad de plantas de chile jalapeño. Con base en lo anterior, el objetivo específico del estudio consistió en evaluar los efectos del té de vermicompost en el crecimiento y en la productividad de chile jalapeño desarrollado bajo fertilización orgánica y sintética.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se desarrolló durante el ciclo agrícola O-I 2011-2012, en la Comarca Lagunera (101° 40' y 104° 45' de longitud oeste y 25° 05' y 26° 54' de latitud norte), en un invernadero de la Universidad Autónoma Agraria Antonio

Narro – Unidad Laguna (UAAAN-UL). El invernadero es de forma semicircular, con cubierta de acrílico reforzado y protegido con malla sombra durante las estaciones del año más calurosos, piso de grava y sistema de enfriamiento automático mediante pared húmeda y dos extractores. Tiene ventanas laterales de 1.20 m de alto, cubiertas con acrílico enrollable y protegidas con malla antiáfido (Malla Plas®).

Los tratamientos fueron distribuidos de acuerdo a un diseño completamente al azar, se evaluó el chile jalapeño cv. Hechicero (Harris Moran®) en cinco formas de fertilización. La unidad experimental estuvo compuesta por una maceta, con una planta por maceta y con 12 repeticiones por tratamiento.

Las formas de fertilización evaluadas fueron: F1 = arena + solución nutritiva inorgánica (testigo); F2 = arena + TVC al 10 % de concentración; F3 = mezcla de arena + C (1:1, v:v) + TVC al 2.5 % de concentración; F4 = mezcla de arena + VC (relación 1:1 v:v) + TVC al 2.5 % de concentración; y F5 = mezcla de arena + C + VC (relación 2:1:1 v:v) + TVC al 2.5 % de concentración.

La siembra de las semillas se realizó el 1 de octubre de 2011 en charolas germinadoras de 200 cavidades rellenas con Peat Moss (Premier®). El trasplante se efectuó el 7 de noviembre de 2011, colocando una planta por contenedor. Éstos consistieron en bolsas de polietileno negro con capacidad de 18 L, llenados con base al volumen. La densidad de población fue de 4

macetas•m⁻². La arena utilizada en los sustratos fue previamente desinfectada con una solución de NaClO al 5 %.

El vermicompost, elaborado a base de estiércol, se adquirió en el Módulo de Abonos Orgánicos y Lombricultura de la UAAAN-UL. En este módulo se utilizaron estiércoles de caballo y de cabra con paja de alfalfa (*Medicago sativa* L.), mezclados en una relación 1:1, en volumen, y lombrices *Eisenia fetida* (Atiyeh *et al.*, 2000a) durante un periodo de 90 días (Bansal y Kapoor, 2000). El compost fue comercial (MaxCompost®). Las características nutrimentales de los sustratos se presentan en el Cuadro 1. La solución nutritiva empleada en tratamiento de fertilización F1 (Cuadro 2) fue la recomendada por Castellanos y Ojodeagua (2009).

Cuadro 1. Análisis químico de los materiales empleados durante el desarrollo del chile jalapeño bajo condiciones de invernadero (n=1)

| | N | P | K | Ca | Mg | Na | Fe | Zn | Mn | pH | CE |
|-----|-------|--------|-------|-------|--------|-------|------------------------|-----|-----|-----|-----------------------|
| | (%) | | | | | | (mg•kg ⁻¹) | | | | (dS•m ⁻¹) |
| C | 2.41 | 1.19 | 3.355 | 8.76 | 0.942 | 0.567 | 5920 | 260 | 160 | 8.5 | 6.7 |
| VC | 1.27 | 0.15 | 0.882 | 6.92 | 0.596 | 0.101 | 7090 | 330 | 210 | 8.2 | 2.4 |
| A | 0.011 | 0.0005 | 0.01 | 0.004 | 0.0016 | 0.007 | ND | 1.2 | 2.4 | 7.5 | 0.65 |
| TVC | 0.83 | 0.49 | 0.71 | 3.23 | 0.75 | 0.2 | 6.4 | 2.7 | 4.9 | 8 | 2.0 |

C = compost; VC = vermicompost; A = arena; TVC = Té de vermicompost; ND = no detectado.

Para preparar el TVC al 10 % de concentración se aplicó el método recomendado por Edwards *et al.* (2010), con una variación consistente en que

la bolsa con VC se introdujo en un recipiente con 20 L de agua durante 5 min para lavar el exceso de sales, antes de someterse a oxigenación. En un contenedor de 60 L de capacidad se oxigenaron 45 L de agua con una bomba de aire (Biopro: BP9891. Tiray Technology Co Ltd®) 2 h antes de introducir la bolsa con 4.5 kg de VC; la oxigenación se realizó de manera continua hasta la conclusión del proceso (24 h). Además, se agregaron 40 g de piloncillo o panela, producto elaborado a partir de jugo de caña (*Saccharum officinarum* L.), sin refinar (Solís-Pacheco *et al.*, 2006), como fuente de energía para promover el crecimiento y desarrollo de los microorganismos.

Cuadro 2. Concentración de la solución nutritiva empleada para el desarrollo de chile jalapeño en invernadero.

| Etapa/ion | NO ₃ ⁻ | NH ₄ ⁺ | H ₂ PO ₄ ⁻ | K ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | SO ₄ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | Na ⁺ | Cl ⁻ | CE |
|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|---|----------------|------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------|
| | (mmol•L ⁻¹) | | | | | | | | | | (dS•m ⁻¹) |
| Plantación y establecimiento | 6 | 0.5 | 1.5 | 4 | 4 | 1.0 | 1.5 | 1 | <5 | 3 | 1.4 |
| Floración y cuajado | 8 | 0.5 | 1.5 | 6 | 4 | 1.5 | 3.0 | 1 | <5 | 3 | 1.8 |
| Inicio de maduración y cosecha | 10 | 0.05 | 1.5 | 7 | 4 | 2.0 | 3.0 | 1 | <5 | 5 | 2.2 |

CE = Conductividad Eléctrica.

La aplicación del TVC fue constante durante todo el ciclo, y para preservar su calidad éste se mantuvo aireado durante las 24 h; para el tratamiento F2, se aplicaron 0.5 L de TVC al 10 % de concentración para cada maceta, mientras que para los tratamientos F3, F4 y F5, el TVC se diluyó a una proporción de 1:3 utilizando 1 L de TVC por cada 3 L de agua potable para tener una

concentración al 2.5 %. De esta dilución se aplicó 1 L por maceta. El pH del TVC fue ajustado a un valor de 5.5 con ácido cítrico ($C_6H_8O_7 \cdot H_2O$) grado alimenticio, aplicado a una concentración 5 mM ($1.2 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$) (Capulín-Grande *et al.*, 2007). Para satisfacer la demanda hídrica del cultivo se utilizó un sistema de riego por goteo en todos los tratamientos y la cantidad de agua aplicada, según la etapa fenológica del cultivo, osciló de 0.35 a $1.9 \text{ L} \cdot \text{planta}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$. Ésta se clasificó como agua de baja salinidad y bajo contenido de sodio (C_1S_1 , con una relación de absorción de sodio de 2.18) (Ayers y Westcot, 1994); presentó una CE de $1.05 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$, un pH de 7.8; y la concentraciones de cationes con valores de: $Ca^{2+} = 3.51$, $Mg^{2+} = 0.48$, $K^+ = 0.22$, $Na^+ = 2.71 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ y de aniones de: $HCO_3^- = 3.12$, $Cl^- = 2.3$, y $SO_4^{2-} = 2.62 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$. Durante el ciclo de cultivo, que duró 134 días después del trasplante (ddt), la temperatura mínima y máxima dentro del invernadero fluctuó entre 17.4 y 36.9 °C, respectivamente, mientras que la humedad relativa mínima y máxima osciló entre 20 y 79 %, respectivamente.

En cada unidad experimental se registró la altura de planta y el rendimiento total; la calidad de fruto se determinó en cuatro plantas por tratamiento y en 15 frutos por planta, considerando las siguientes variables: peso individual, espesor de pericarpio, número de lóculos en el fruto, longitud del fruto y diámetro ecuatorial. Para analizar el comportamiento de la altura de planta, a través del tiempo, se utilizó el análisis de regresión, mientras que para rendimiento y calidad se aplicó el análisis de varianza, la comparación se medias se efectuó con la prueba DMS con el programa estadístico SAS (SAS,

1999). La significancia estadística se obtuvo con un nivel de confiabilidad de 95 % ($\alpha = 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La dinámica de crecimiento de las plantas de chile jalapeño, cv. Hechicero, en las diferentes formas de fertilización evaluadas, se presenta en las ecuaciones de regresión lineal que se incluyen en el Cuadro 3. El ajuste lineal para todos los tratamientos resultó aceptable, ya que el r^2 fluctuó entre 91 y 97 %. El tratamiento de fertilización que favoreció la mayor altura de planta, al concluir el ciclo del cultivo a los 134 ddt, fue F5, con 1.55 m, valor que resultó estadísticamente diferente a la altura de planta registrada en los tratamientos restantes (Cuadro 3), este resultado sugiere que el TVC considerablemente mejoró el crecimiento de la planta, lo cual es consistente con lo reportado en estudios previos (Sanwal *et al.*, 2006; Hargreaves *et al.*, 2008; Hargreaves *et al.*, 2009). Este comportamiento se puede atribuir a la carga genética del genotipo y su interacción con el medio donde se desarrolló el cultivo, es decir la fertilización que incluyó todos los componentes: arena + C + VC (relación 2:1:1 v:v:v) + TVC al 2.5 % de concentración. Además se destaca que el tratamiento de fertilización F4 (arena + VC (relación 2:1 v:v) + TVC al 2.5 % de concentración) registró el segundo valor más alto, con 1.16 m. Por otra parte, Pant *et al.* (2009), encontró que el uso de TVC tuvo un efecto positivo en la altura de planta bajo fertilización con VC y tuvo poco efecto en altura de planta bajo fertilización con Osmocote. Keeling *et al.* (2003) observaron que la aplicación de TVC en semillas de colza en etapa temprana de crecimiento se

incrementó el desarrollo radicular y el crecimiento de planta, Siddiqui *et al.* (2008) observaron que el té de compost mejoró el crecimiento e incremento la longitud de la raíz de plantas de okra; aunque en el experimento no se midió el crecimiento radicular de la planta, hubo una mayor asimilación de nutrientes en plantas con aplicación de TVC comparadas con el testigo sugiere que se mejoró el crecimiento radicular y la asimilación de nutrientes puede ser uno de los mecanismos involucrados en la estimulación del crecimiento de la planta. Estos valores en parte se deben a la presencia del VC y del TVC, con lo cual se fortalece el hecho de que estos materiales, donde se contempla el empleo de las lombrices de tierra para la elaboración de estos productos, son de mayor calidad que los abonos orgánicos generados por los métodos tradicionales de compostaje (Santamaría-Romero *et al.*, 2001; Panikkar *et al.*, 2004; Lopes-Pereira *et al.*, 2005).

Cuadro 3. Ecuaciones de regresión para las fuentes de fertilización en relación con la altura de planta en chile jalapeño, desarrollado con abonos orgánicos bajo condiciones de invernadero.

| Tratamiento | Ecuación de Regresión* | r ² | Altura final (m) |
|-------------|------------------------|----------------|------------------|
| F1 | $y = 0.7142x - 2.5217$ | 0.95 | 0.93 c |
| F2 | $y = 0.4937x - 4.2867$ | 0.94 | 0.62 e |
| F3 | $y = 0.5757x - 4.5035$ | 0.92 | 0.73 d |
| F4 | $y = 0.8486x + 2.2051$ | 0.91 | 1.16 b |
| F5 | $y = 1.2648x - 14.797$ | 0.97 | 1.55 a |

Valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales, prueba DMS $P \leq 0.05$. F1 = arena + solución nutritiva inorgánica (testigo); F2 = arena + TVC al 10 % de concentración; F3 = mezcla de arena + C (1:1 v:v) + TVC al 2.5 % de concentración; F4 =

mezcla de arena + VC (1:1 v:v) + TVC al 2.5 % de concentración; F5 = mezcla de arena + C + t (2:1:1 v:v) + TVC al 2.5 % de concentración; y = altura.; x = ddt

Adicionalmente, al determinar que los tratamientos de fertilización F4 y F5, que incluyeron la aplicación del VC y del TVC, superaron al tratamiento testigo, con arena y solución nutritiva, se ha coincidido con lo reportado por Rodríguez-Ortiz *et al.* (2010) quienes concluyeron que la fertilización con VC, a razón de 1.5 y 3.0 t•ha⁻¹, incorporado al momento del trasplante de la cebollita cambray (*Allium cepa* L.) favoreció una mayor altura de esta especie al compararse con las plantas que recibieron la fertilización sintética. Arancon *et al.* (2007) reportaron que los ácidos húmicos, fulvicos y otros ácidos orgánicos extraídos o producidos por microorganismos en el TVC pudieron haber inducido el crecimiento de la planta. García-Martínez *et al.* (2002) investigaron que el extracto acuoso de compost contenía un componente con estructura molecular y actividad biológica análoga a la auxina. Lixiviados de compost maduro ha mostrado que contiene citocininas como sustancias derivadas de la hidrólisis de glucosidos cianogénicos por la enzima β -glucosidasa producida por microbios (Arthur *et al.*, 2001). Aunque las fitohormonas o reguladores de crecimiento en el TVC no fueron medidos en este estudio, se sugiere que pudo haber jugado un rol importante en la respuesta mostrada por las plantas.

Por otro lado, la fuente de variación de los tratamientos de fertilización fue significativa ($P \leq 0.05$), para longitud de fruto, número de lóculos, número de frutos, rendimiento y espesor de pericarpio (Cuadro 4). El mayor peso se obtuvo con los tratamientos F5 y F1, respectivamente, mientras que el menor peso se

registró en el tratamiento F2. De acuerdo al pliego de condiciones de la marca oficial “México Calidad Suprema” para chile (SAGARPA-ASERCA, 2011), el tamaño de fruto grande corresponde a una longitud entre 8.3 y 8.8 cm, por lo que el tamaño alcanzado de los frutos de los tratamientos F5 y F4 correspondieron a esta categoría.

Cuadro 4. Valores promedio y diferencia estadística de las variables evaluadas en chile jalapeño, desarrollado con abonos orgánicos bajo condiciones de invernadero.

| Tratamiento | PF | LF | DE | EP | NF | NL | R |
|----------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-----------|------------|------------------------|
| | (g) | (cm) | | | | | (Mg·ha ⁻¹) |
| F1 | 38.4 a | 8.21 b | 3.18 a | 0.57 bc | 31 bc | 2 b | 40.68 b |
| F2 | 29.9 b | 8.09 b | 3.22 a | 0.57 bc | 30 c | 2 b | 35.44 b |
| F3 | 35.9 a | 8.26 b | 3.16 a | 0.56 c | 28 c | 3 a | 33.12 b |
| F4 | 36.3 a | 8.41 b | 3.36 a | 0.59 b | 41 ab | 3 a | 59.16 a |
| F5 | 39.4 a | 8.83 a | 3.34 a | 0.61 a | 48 a | 2 b | 69.47 a |
| Media general | 36.01 | 8.36 | 3.25 | 0.58 | 36 | 2.4 | 45.57 |
| CV (%) | 11 | 4 | 7 | 4 | 30 | 9 | 31 |

Valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales, prueba DMS $P \leq 0.05$. F1 = arena + solución nutritiva inorgánica (testigo); F2 = arena + TVC al 10 % de concentración; F3 = mezcla de arena + C (1:1, v:v) + TVC al 2.5 % de concentración; F4 = mezcla de arena + VC (1:1, v:v) + TVC al 2.5 % de concentración; F5 = mezcla de arena + C + VC (2:1:1, v:v:v) + TVC al 2.5 % de concentración. PF = Peso de fruto; LF = Longitud del fruto; DE = Diámetro ecuatorial; EP = espesor de pericarpio; NF = Número de frutos; NL = número de lóculos; R = rendimiento; CV = coeficiente de variación.

Las diferencias en rendimiento fueron debido al número de frutos por planta y no al peso de éstos. El rendimiento promedio general fue de 45.57 Mg·ha⁻¹, es decir, se incrementó 208.74 % con respecto al rendimiento promedio obtenido, por los productores mexicanos, bajo condiciones de riego y temporal, cuyo valor

fue de $14.76 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (SIAP, 2011). Los tratamientos F5 y F4, presentaron incrementos en el rendimiento de 70.7 y 45.42 %, respectivamente, con relación al promedio obtenido por el testigo F1. Por otra parte, el tratamiento F5 registró un incremento en el rendimiento del 17.42 %, con relación al promedio obtenido por el tratamiento F4. Los tratamientos F2 y F3 fueron estadísticamente iguales al testigo (Cuadro 4). Los resultados obtenidos contrastan con los reportados por Subler *et al.* (1998), quienes mencionan que el mejor desarrollo del cultivo se genera cuando se aplican pequeñas proporciones de VC, entre 10 y 20 %. Aunado a lo anterior, Atiyeh *et al.* (2000a y 2000b) señalan que al usar más de 20 % de VC en el sustrato de crecimiento, existe un decremento en el rendimiento de la planta.

De acuerdo con datos de Inzunza-Ibarra *et al.* (2010), una cosecha de chile jalapeño extrae 2.8 kg de N por tonelada de fruto en fresco. En el presente estudio se considera una extracción similar, de modo que los tratamientos F2, F3, F4 y F5 extrajeron el equivalente a 99.23, 92.73, 165.64 y 194.51 kg de N, respectivamente. Es importante señalar que de acuerdo a la cantidad de N en las fuentes de fertilización orgánicas (Cuadro 1) y al transformarlo a N por hectárea con una tasa de mineralización del 11 %, estas fuentes de fertilización contienen el N necesario para producir los rendimientos obtenidos. No obstante, probablemente factores como la lixiviación (Castellanos, 2004), la volatilización, la adsorción, etc., pudieron influir para no obtener un mayor rendimiento, sobre todo, cuando se aplicó 50 % de C y VC dentro del sustrato. Es importante señalar, que el rendimiento obtenido pone de manifiesto, las altas cantidades de

elementos nutritivos contenidos en el C, VC y TVC, como lo mencionan Edwards *et al.* (2010).

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten destacar que el TVC, preparado a partir del VC (elaborado con estiércoles de caballo y de cabra con paja de alfalfa mezclados en una relación 1:1, en volumen), tiende a provocar efectos positivos en los indicadores de desarrollo del chile jalapeño. Por lo que el TVC, el C y el VC pueden ser considerados como fertilizantes alternativos para la producción orgánica en invernadero, por contener nutrimentos solubles que pueden abastecer la demanda nutritiva de esta especie vegetal. Los resultados obtenidos ponen en manifiesto que producir orgánicamente chile jalapeño bajo condiciones protegidas y utilizando abonos orgánicos aumenta considerablemente los rendimientos. Las mezclas orgánicas de arena + VC + TVC y arena + C + VC + TVC no varían en rendimiento, estos tratamientos de fertilización presentaron una media de $62.81 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, sin disminuir la calidad de fruto, por lo que pueden igualar el rendimiento e incrementar el número de frutos con respecto al testigo. Finalmente, bajo las condiciones de manejo del presente trabajo, se logró satisfacer la demanda nutritiva del chile jalapeño y por lo tanto se fortalece la idea que el TVC combinado con mezcla de arena + C + VC tiene potencial para desarrollar y producir chile jalapeño orgánico bajo condiciones protegidas.

Agradecimientos

El primer autor agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para realizar el trabajo de investigación.

LITERATURA CITADA

- Alidadi, H., Parvaresh, A. R., Shahmansouri, M. R., Pourmoghadas, H., Najafpoor, A. A. 2007. Combined compost and vermicomposting process in the treatment and bioconversion of sludge. *Pak J Biol Sci* 10(21): 3944-3947.
- Arancon, N. Q., Edwards, C. E., Atiyeh, R. M., Metzger, J. D. 2004a. Effects of vermicompost produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. *Bioresource Technology*. 93: 139-144.
- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Bierman, P., Welch, C., Metzger, J. D. 2004b. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. effects on growth and yields. *Bioresource Technology*. 93: 145-153.
- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Dick, R., Dick, L. 2007. Vermicompost tea production and plant growth impacts. *BioCycle* 48: 51-52.
- Argüello, J. A., Ledesma, A., Núñez, S. B., Rodríguez, C. H., Diaz-Goldfarb, M. D. C. 2006. Vermicompost effects on bulbing dynamics nonstructural carbohydrate content, yield, and quality of 'Rosado Paraguayo' garlic bulbs. *Hortscience*. 41(3): 589-592.
- Arthur, G. D., Jäger, A. K., Van Staden, J. 2001. The release of cytokinin-like compounds from *Gingko biloba* leaf material during composting. *Environmental and Experimental Botany* 45, 55-61.
- Atiyeh R. M., Arancon, N., Edwards C. A., Metzger J. D. 2000a. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Bioresour. Technol.* 75(3): 175-180.
- Atiyeh R. M., Subler, S., Edwards, C. A., Bachman, G., Metzger, J. D. 2000b. Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiología* 44(6): 579-590.
- Atiyeh, R. M., Edwards, C. A., Subler, S., Metzger, J. D. 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. *Biores. Technol.* 78, 11-20.
- Ayers R. S., Westcot, D. W. 1994. Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper 29 Rev. 1. FAO. Rome. 174 p.
- Bansal, S., Kapoor, K. K. 2000. Vermicomposting of crop residues and cattle dung with *Eisenia foetida*. *Bioresour. Technol.* 73: 95-98.
- Capulín-Grande J., Nuñez-Escobar, R., Aguilar-Acuña, J. L., Estrada-Botello, M., Sánchez-García, P., Mateo-Sánchez, J. J. 2007. Uso de estiércol líquido de bovino acidulado en la producción de pimiento morrón. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 13(1): 5-11.

- Castellanos J. Z. 2004. Manejo de la fertirrigación en suelo. *P* 103-123. *In*: Manual de producción hortícola en invernadero. J Castellanos Z. R. (Ed.). Intagri. Celaya, Guanajuato, México.
- Castellanos J. Z., Ojodeagua, J. L. 2009. Formulación de la solución nutritiva. *In*: Manual de producción de tomate en invernadero. *P* 131-156. J Z Castellanos (Ed.). Intagri. México.
- Chaoui H. I., Zibilske, L. M., Ohno, T. 2003. Effects of earthworm casts and compost on soil microbial activity and plant nutrient availability. *Soil Biology and Biochemistry*. 35: 295-302.
- Cruz-Rodrigues, V., De Almeida-Theodoro, V.C., de Andrade, I.F., Neto, A.I., do Nascimento-Rodrigues, V., Villa-Alves, F. 2003. Produção de minhocas e composição mineral do vermicomposto e das fezes procedentes de bubalinos e bovinos. *Ciênc. Agrotec. Lavras*. 27(6): 1409-1418.
- Edwards C. A., Askar A., Vasko-Bennet M., Arancon N. 2010. The Use and Effects of Aqueous Extracts from Vermicompost or Teas on Plant Growth and Yields. *P* 235 – 248. *In*: Vermiculture Technology, ed. C.A. Edwards, N. Arancon and R. Sherman (Eds.). CRC Press, Boca Raton, FL
- García-Martínez, I., Cruz-Sosa, F., Larqué-Saavedra, A., Hernández-Soto, M. 2002. Extraction of auxin-like substances from compost. *Crop Research (Hisar)* 24(2): 323-327.
- Gutiérrez-Miceli F. A., Santiago-Borraz, J., Montes, M. J. A., Carlos, M. C., Abud-Archila, M., Oliva, M. A. L., Rincón-Rosales, R., Dendooven, L. 2007. Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Bioresour Technol* 98(15): 2781-2786.
- Hargreaves, J., Adl, M. S., Warman, P. R., Rupasinghe, H. P. V. 2008. The effects of organic amendments on mineral element uptake and fruit quality of raspberries. *Plant Soil* 308: 213-226.
- Hargreaves, J. C., Adla, M. S., Warman, P. R. 2009. Are compost teas an effective nutrient amendment in the cultivation of strawberries? Soil and plant tissue effects. *J Sci Food Agric* 89: 390-397.
- Inzunza-Ibarra M. A., M. Villa-Castorena., E. A. Catalán-Valencia., A. Román-López. 2010. Extracción de nutrientes y producción de chile jalapeño bajo acolchado plástico y niveles de riego. *Terra Latinoamericana* 28(3): 211-218.
- Keeling, A. A., McCallum, K. R., Beckwith, C. P. 2003. Mature green waste compost enhances growth and nitrogen uptake in wheat (*Triticum aestivum* L.) and oilseed rape (*Brassica napus* L.) through the action of water-extractable factors. *Bioresource Technology* 90: 127-132.
- Lopes-Pereira, E. W., Borges-Azevedo, C. M. D. S., Liberalino-Filho, J., de Sousa-Nunes, G. H., Erivan-Torquato, J., Simões, B.R. 2005. Produção de vermicomposto em diferentes proporções de esterco bovino e palha de carnaúba. *CAATINGA* 18(2): 112-116.
- Márquez-Hernández C., Cano-Rios, P., Chew-Madinaveitia, I., Moreno-Reséndez, A., Rodríguez-Dimas, N. 2006. Sustratos en la producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 12(2): 183-189.

- National Organic Standards Board (NOSB). 2004. Compost Tea Task Force Report. 21 p.
- Panikkar, A. K., Riley, S. J., Shrestha, S. P. 2004. Risk Management in Vermicomposting of Domestic Organic Waste. *Environ. Health* 4(2): 11-19.
- Pant, A., Radovich, T. J. K., Hue, N. V., Talcott, S. T., Krenek, K. A. 2009. Vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients, phytonutrients and anti-oxidant activity in pak choi (*Brassica rapa* cv. Bonsai, chinensis group) grown under vermicompost and chemical fertilizer. *J Sci Food Agric*. 89: 2389-2392.
- Ramesh, P., Singh, M., Rao, A.S. 2005. Organic farming: Its relevance to the Indian context. *Current Sci*. 88(4): 561-568.
- Raviv, M. 2005. Production of high-quality composts for horticultural purposes: A mini-review. *HortTechnology* 15(1): 52-57.
- Rodríguez-Dimas N., Cano-Rios, P., Favela-Chávez, E., Figueroa-Viramontes, U., De Paul-Álvarez, V., Palomo-Gil, A., Márquez-Hernández, 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-Ortiz, J. C., Loredó-Osti, C., Alcalá-Jáuregui J. A., Beltrán-Sánchez, L., Tapia-Goné, J. J., Villar-Morales, C., García-Hernández, J. L. 2010. Efecto de dosis y momento de aplicación de lombricomposta en la producción de cebollita cambray (*Allium cepa*). *AGROFAZ* 10(2): 99-106.
- Santamaría-Romero, S., Ferrera-Cerrato, R., Almaraz-Suárez, J.J., Galvis-Spinola, A., Barois-Boullard, I., 2001. Dinámica y relaciones de microorganismos, C-orgánico y N-total durante el composteo y vermicomposteo. *Agrociencia* 35(4): 377-384.
- Sanwal, S. K., Laxminarayana, K., Yadav, D. S., Rai, N., Yadav, R. K. 2006. Growth, yield, and dietary antioxidants of broccoli as affected by fertilizer type. *Journal of Vegetable Science* 12: 13-26.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación - Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria (SAGARPA-ACERCA). 2011. Pliego de condiciones para el uso de la marca oficial México Calidad Suprema en Chile. BANCOMEXT. ASERCA. PC-011-2004. 16 p. Disponible en: http://www.normich.com.mx/archivos/OC/mcs/PLIEGOS%20DE%20CONDICIONES%2012/PC_011_2004_Chile_vsj.pdf. Consulta: 8 de agosto de 2011.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2011. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola: Chile verde. Modalidad: riego y temporal. Disponible en: http://www.siap.gob.mx/aagricola_siap/icultivo/index.jsp Consulta: 8 de agosto de 2011.
- Siddiqui, Y., Meon, S., Ismail, R., Rahmani, M., Ali, A. 2008. Bio-efficiency of compost extracts on the wet rot incidence, morphological and physiological growth of okra (*Abelmoschus esculentus* [(L.) Moench]). *Scientia Horticulturae* 117, 9-14.

- Statistical Analysis System (SAS). 1999. SAS/STAT User's Guide. Version 8.0
SAS Institute Inc. Cary N. C. USA.
- Steffen G. P. K., Antonioli, Z. I., Steffen, R. B., Machado, R. G. 2010. Cascara de arroz y estiércol bovino como sustrato para la multiplicación de lombrices de tierra y la producción de plántulas de tomate y lechuga. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s). Número Especial 2: 333:343.
- Solís-Pacheco, J. R., Pérez-Martínez, F., Orozco-Ávila, I., Flores-Montaña, J. L., Ramírez-Romo, E., Hernández-Rosales, A., Aguilar-Uscanga, B. 2006. Descripción de un proceso tecnificado para la elaboración de piloncillo a partir de caña de azúcar. *e-Gnosis*. 4(1): 1-8
- Subler S., Edwards, C. A., Metzger, J. 1998. Comparing vermicomposts and composts. *Biocycle* 39: 63-66.

CONCLUSIONES

Las plantas desarrolladas bajo la fertilización F4 y F5 registraron el mayor rendimiento (en promedio 64.3 Mg ha^{-1}), mientras que el rendimiento obtenido bajo F2 fue estadísticamente igual al obtenido en el tratamiento testigo. Por lo que la aplicación de té de vermicompost solo o en combinación con compost y vermicompost puede ser considerado para la producción orgánica de chile jalapeño bajo invernadero.

LITERATURA CITADA

- Aguiar, N. O., F. L. Olivares, E. H. Novotny, L. B. Dobbss, D. M. Balmori, L. G. Santos, J. G. Chagas, A. R. Facanha y L. P. Canellas. 2013. Bioactivity of humic acids isolated from vermicomposts at different maturation stages. *Plant and Soil* 362:161-174.
- Ahlawat, I. P. S. y R. S. Jat. 2006. Direct and residual effect of vermicompost, biofertilizers and phosphorus on soil nutrient dynamics and productivity of chickpea-fodder maize sequence. *Journal of Sustainable Agriculture* 28:41-54.
- Aira, M. y J. Dominguez. 2011. Earthworm effects without earthworms: inoculation of raw organic matter with worm-worked substrates alters microbial community functioning. *Plos One* 6:e16354.
- Aira, M. y J. Domínguez. 2008. Optimizing vermicomposting of animal wastes: Effects of rate of manure application on carbon loss and microbial stabilization. *Journal of Environmental Management* 88:1525-1529.
- Aira, M., F. Monroy y J. Dominguez. 2007a. Microbial biomass governs enzyme activity decay during aging of worm-worked substrates through vermicomposting. *Journal of Environmental Quality* 36:448-452.
- Aira, M., F. Monroy y J. Domínguez. 2007b. *Eisenia fetida* (Oligochaeta: Lumbricidae) Modifies the Structure and Physiological Capabilities of Microbial Communities Improving Carbon Mineralization During Vermicomposting of Pig Manure. *Microbial Ecology* 54:662-671.
- Arancon, N. Q., C. A. Edwards, R. Atiyeh y J. D. Metzger. 2004a. Effects of vermicomposts produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. *Bioresource Technology* 93:139-144.
- Arancon, N. Q., C. A. Edwards, A. Babenko, J. Cannon, P. Galvis y J. D. Metzger. 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.
- Arancon, N. Q., C. A. Edwards y P. Bierman. 2006. Influences of vermicomposts on field strawberries: Part 2. Effects on soil microbiological and chemical properties. *Bioresource Technology* 97:831-840.
- Arancon, N. Q., C. A. Edwards, P. Bierman, J. D. Metzger y C. Lucht. 2005. Effects of vermicomposts produced from cattle manure, food waste and paper waste on the growth and yield of peppers in the field. *Pedobiologia* 49:297-306.
- Arancon, N. Q., C. A. Edwards, P. Bierman, C. Welch y J. D. Metzger. 2004b. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. effects on growth and yields. *Bioresource Technology* 93:145-153.
- Arancon, N. Q., C. A. Edwards, R. Dick y L. Dick. 2007. Vermicompost tea production and plant growth impacts. *Biocycle* 48:51-52.
- Arancon, N. Q., A. Pant, T. Radovich, N. V. Hue, J. K. Potter y C. E. Converse. 2012. Seed germination and seedling growth of tomato and lettuce as

- affected by vermicompost water extracts (teas). *Hortscience* 47:1722-1728.
- Atiyeh, R. M., N. Arancon, C. A. Edwards y J. D. Metzger. 2000. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Bioresource Technology* 75:175-180.
- Atiyeh, R. M., S. Lee, C. A. Edwards, N. Q. Arancon y J. D. Metzger. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresource Technology* 84:7-14.
- Beltran-Morales, F. A., J. L. Garcia-Hernandez, R. D. Valdez-Cepeda, B. Murillo-Amador, E. Troyo-Diequez, J. A. Larrinaga-Mayoral y L. F. Beltran-Morales. 2006. Effect of tillage systems and green manure (*Lablab purpureus* L) incorporation on edafic respiration in a haplic yermosol. *Interciencia* 31:226-230.
- Carpenter-Boggs, L. 2005. Diving into compost tea. *Biocycle* 46:61-62.
- Chaoui, H. I., L. M. Zibilske y T. Ohno. 2003. Effects of earthworm casts and compost on soil microbial activity and plant nutrient availability. *Soil Biology and Biochemistry* 35:295-302.
- De la Cruz-Lazaro, E., R. Osorio-Osorio, E. Martinez-Moreno, A. J. L. del Rio, A. Gomez-Vazquez y R. Sanchez-Hernandez. 2010. Use of composts and vermicomposts for organic production of tomato in greenhouses. *Interciencia* 35:363-368.
- Diáñez, F., M. Santos, M. de Cara y J. Tello. 2006. Presence of siderophores on grape marc aerated compost tea. *Geomicrobiology Journal* 23:323-331.
- Diver, S. 1998. Compost teas for plant disease control. ATTRA Fayetteville, AR.
- Domínguez, J. 2004. State-of-the-art and new perspectives on vermicomposting research. pp. 401-424 *Earthworm Ecology*. CRC Press.
- Domínguez, J., M. Aira y M. Gómez-Brandón. 2009. El papel de las lombrices de tierra en la descomposición de la materia orgánica y el ciclo de nutrientes. *Revista Ecosistemas* 18.
- Domínguez, J., M. Aira y M. Gómez-Brandón. 2010a. Vermicomposting: earthworms enhance the work of microbes. pp. 93-114. *En: H. Insam, I. Franke-Whittle y M. Goberna, editores. Microbes at Work*. Springer Berlin Heidelberg.
- Dominguez, J. y C. A. Edwards. 2010. Relationships between Composting and Vermicomposting. pp. 11-25 *Vermiculture Technology*. CRC Press.
- Domínguez, J., C. Lazcano y M. Gómez-Brandón. 2010b. Influencia del vermicompost en el crecimiento de las plantas. Aportes para la elaboración de un concepto objetivo. (Spanish). Influence of vermicompost on plant growth. Contributions toward the development of an objective concept. (English) 26:359-371.
- Domínguez, J., A. Velando y A. Ferreiro. 2005. Are *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) and *Eisenia andrei* (Oligochaeta, Lumbricidae) different biological species? *Pedobiologia* 49:81-87.
- Edwards, C. A., N. Q. Arancon y S. Greytak. 2006. Effects of vermicompost teas on plant growth and disease. *Biocycle* 47:28-31.
- Edwards, C. A., N. Q. Arancon, M. Vasko-Bennett, A. Askar y G. Keeney. 2010a. 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* 53:141-148.
- Edwards, C. A., A. Askar, M. Vasko-Bennett y N. Arancon. 2010b. The use and effects of aqueous extracts from vermicomposts or teas on plant growth and yields. pp. 235-248 *En*: C. A. Edwards, N. Q. Arancon y R. L. Sherman, editores. *Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management*. CRC Press.
- Edwards, C. A., A. Askar, M. Vasko-Bennett y N. Q. Arancon. 2010c. Use of Aqueous Extracts from Vermicomposts or Teas in Suppression of Plant Pathogens. pp. 183-207 *Vermiculture Technology*. CRC Press.
- Edwards, C. A., L. Brussaard y G. Brown. 2004. How Earthworms Affect Plant Growth. pp. 13-49 *Earthworm Ecology*. CRC Press.
- Ferreras, L., E. Gomez, S. Toresani, I. Firpo y R. Rotondo. 2006. Effect of organic amendments on some physical, chemical and biological properties in a horticultural soil. *Bioresource Technology* 97:635-640.
- Figuerola, V. U., Cueto, W. J. 2003. Uso sustentable del suelo y abonos orgánicos. p 1-21. *En*: Abonos orgánicos y plasticultura. Salazar, S. E., Fortis, H. M., Vázquez, A. A., Vázquez, V. C (Eds). FAZ-UJED, SMSC y COCyTED.
- Fornes, F., R. Garcia-de-la-Fuente, R. M. Belda y M. Abad. 2009. 'Alperujo' compost amendment of contaminated calcareous and acidic soils: Effects on growth and trace element uptake by five Brassica species. *Bioresource Technology* 100:3982-3990.
- Fornes, F., R. Garcia-de-la-Fuente, G. Cuesta, E. Sanchis-Jimenez, S. Botella y M. Abad. 2011. Bacteria involved in sulfur amendment oxidation and acidification processes of alkaline 'alperujo' compost. *Bioresource Technology* 102:1481-1488.
- Fornes, F., D. Mendoza-Hernandez y R. M. Belda. 2013. Compost versus vermicompost as substrate constituents for rooting shrub cuttings.
- Fornes, F., D. Mendoza-Hernández, R. García-de-la-Fuente, M. Abad y R. M. Belda. 2012. Composting versus vermicomposting: A comparative study of organic matter evolution through straight and combined processes. *Bioresource Technology* 118:296-305.
- Fritz, J. I., I. H. Franke-Whittle, S. Haindl, H. Insam y R. Braun. 2012. Microbiological community analysis of vermicompost tea and its influence on the growth of vegetables and cereals. *Canadian Journal of Microbiology* 58:836-847.
- Hargreaves, J. C., M. S. Adl y P. R. Warman. 2009. The effects of municipal solid waste compost and compost tea on mineral element uptake and fruit quality of strawberries. *Compost Science & Utilization* 17:85-94.
- Hidalgo, P. R. y R. L. Harkess. 2002. Earthworm castings as a substrate for poinsettia production. *Hortscience* 37:304-308.
- Humpert, C. P. 2000. New trends in sustainable farming build compost use. *Biocycle* 41:30-33.
- Ingham, E. R. 2005. The compost tea brewing manual. Unisun Communications Corvallis, Oregon,, USA.

- Juárez-López, P., A. Sánchez-Monteón, R. Balois-Morales y E. Cruz-Crespo. 2012. Horticultura protegida en nayarit, México: situación actual y perspectivas. *Revista Bio Ciencias* 1:16-24.
- Kannangara, T., T. Forge y B. Dang. 2006. Effects of aeration, molasses, kelp, compost type, and carrot juice on the growth of *Escherichia coli* in compost teas. *Compost Science & Utilization* 14:40-47.
- Lazcano, C. y J. Domínguez. 2011. The use of vermicompost in sustainable agriculture: impact on plant growth and soil fertility. *Soil Nutrients*. Nova Science Publishers, New York:230-254.
- Lazcano, C., M. Gómez-Brandón y J. Domínguez. 2008. Comparison of the effectiveness of composting and vermicomposting for the biological stabilization of cattle manure. *Chemosphere* 72:1013-1019.
- Monroy, F., M. Aira y J. Domínguez. 2009. Reduction of total coliform numbers during vermicomposting is caused by short-term direct effects of earthworms on microorganisms and depends on the dose of application of pig slurry. *Science of the Total Environment* 407:5411-5416.
- Ndegwa, P. M. y S. A. Thompson. 2001. Integrating composting and vermicomposting in the treatment and bioconversion of biosolids. *Bioresource Technology* 76:107-112.
- Negi, R. y S. Suthar. 2013. Vermistabilization of paper mill wastewater sludge using *Eisenia fetida*. *Bioresource Technology* 128:193-198.
- Nogales, R., C. Cifuentes y E. Benítez. 2005. Vermicomposting of winery wastes: A laboratory study. *Journal of Environmental Science and Health, Part B* 40:659-673.
- Ochoa-Martínez, E., U. Figueroa-Viramontes, P. Cano-Ríos, P. Preciado-Rangel, A. Moreno-Reséndez y N. Rodríguez-Dimas. 2009. Té de composta como fertilizante orgánico en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero. *Rev. Chapingo Serie-Horticultura* 15:245-250.
- Pant, A., T. J. K. Radovich, N. V. Hue y N. Q. Arancon. 2011. Effects of vermicompost tea (aqueous extract) on pak choi yield, quality, and on soil biological properties. *Compost Science & Utilization* 19:279-292.
- Pant, A., T. J. K. Radovich, N. V. Hue, S. Talcott y K. Krenek. 2009a. Vermicompost extracts influence growth, total carotenoids, phenolics and antioxidant activity in pak choi (*Brassica rapa* cv. Bonsai, chinensis group) grown under vermicompost and chemical fertilizer. *Hortscience* 44:1044-1044.
- Pant, A. P., T. J. K. Radovich, N. V. Hue y S. C. Miyasaka. 2012. Pak choi (*Brassica rapa*, Chinensis Group) yield, phytonutrient content, and soil biological properties as affected by vermicompost-to-water ratio used for extraction. *Hortscience* 47:395-402.
- Pant, A. P., T. J. K. Radovich, N. V. Hue, S. T. Talcott y K. A. Krenek. 2009b. Vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients, phytonutrients and antioxidant activity in pak choi (*Brassica rapa* cv. Bonsai, Chinensis group) grown under vermicompost and chemical fertilizer. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 89:2383-2392.

- Radin, A. M. y P. R. Warman. 2010. Assessment of productivity and plant nutrition of brussels sprouts using municipal solid waste compost and compost tea as fertility amendments. *International journal of vegetable science* 16:374-391.
- Radovich, T. J. K., A. Pant, I. Gurr, N. V. Hue, J. Sugano, B. Sipes, N. Arancon, C. Tamaru, B. K. Fox, K. D. Kobayashi y R. Paull. 2012. Innovative use of locally produced inputs to improve plant growth, crop quality, and grower profitability in Hawai'i. *Horttechnology* 22:738-742.
- Radovich, T. J. K., A. P. Pant, N. V. Hue, S. T. Talcott y K. A. Krenek. 2009. Vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients, phytonutrients and antioxidant activity in pak choi (*Brassica rapa* cv. Bonsai, Chinensis group) grown under vermicompost and chemical fertiliser. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 89:2383-2392.
- Scheuerell, S. 2003. Understanding how compost tea can control disease. *Biocycle* 44:20-25.
- Scheuerell, S. y W. Mahaffee. 2002. Compost tea: principles and prospects for plant disease control. *Compost Science & Utilization* 10:313.
- Scheuerell, S. J. y W. F. Mahaffee. 2004. Compost tea as a container medium drench for suppressing seedling damping-off caused by *Pythium ultimum*. *Phytopathology* 94:1156-1163.
- Scheuerell, S. J. y W. F. Mahaffee. 2006. Variability associated with suppression of gray mold (*Botrytis cinerea*) on geranium by foliar applications of nonaerated and aerated compost teas. *Plant Disease* 90:1201-1208.
- Sherman, R. 2013. Natural lawn and crop care with composts and teas. *Biocycle* 54:44-46.
- Singh, D. y S. Suthar. 2012. Vermicomposting of herbal pharmaceutical industry solid wastes. *Ecological Engineering* 39:1-6.
- Suthar, S. 2007. Vermicomposting potential of *Perionyx sansibaricus* (Perrier) in different waste materials. *Bioresource Technology* 98:1231-1237.
- Suthar, S. 2009. Potential of *Allolobophora parva* (Oligochaeta) in vermicomposting. *Bioresource Technology* 100:6422-6427.
- Suthar, S. 2011. Utilizing livestock waste solids as bioresource for socio-economic sustainability: a report from rural India. *Reviews in Environmental Science and Bio-Technology* 10:193-197.
- Suthar, S., P. K. Mutiyar y S. Singh. 2012. Vermicomposting of milk processing industry sludge spiked with plant wastes. *Bioresource Technology* 116:214-219.
- Suthar, S. y S. Singh. 2008. Vermicomposting of domestic waste by using two epigeic earthworms (*Perionyx excavatus* and *Perionyx sansibaricus*). *Int. J. Environ. Sci. Tech* 5:99-106.
- Welke, S. E. 2005. The effect of compost extract on the yield of strawberries and the severity of *Botrytis cinerea*. *Journal of Sustainable Agriculture* 25:57-68.
- Weltzien, H. 1991. Biocontrol of foliar fungal diseases with compost extracts. pp. 430-450. *En: J. Andrews y S. Hirano, editores. Microbial Ecology of Leaves.* Springer New York.

ANEXOS

Artículo 1.

Emir. J. Food Agric. 2013, 25 (9): 666-672
doi: 10.9755/ejfa.v25i9.15979
http://www.ejfa.info/

PLANT SCIENCE

Organic fertilization: An alternative to produce jalapeño pepper under greenhouse conditions

S. T. López-Espinosa¹, A. Moreno-Reséndez^{2*}, P. Cano-Ríos², N. Rodríguez-Dimas², V. Robledo-Torres² and C. Márquez-Quiroz²

¹Graduate Program in Science in Agricultural Production (Programa de Posgrado en Ciencias en Producción Agropecuaria), Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Periférico Raúl López Sánchez km 1.5 y, Carretera a Santa Fe s/n., C.P. 27059, Torreón, Coahuila, México

²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Periférico Raúl López Sánchez km 1.5 y Carretera a Santa Fe s/n., C.P. 27059, Torreón, Coahuila, México

Abstract

The experiment was conducted during fall-winter seasons of years 2011-2012 to determine the effects of vermicompost tea (VCT) on growth and productivity of "Hechicero" jalapeño pepper plants grown under organic and synthetic fertilization in greenhouse. Five different fertilization forms were applied to plants [F1 = sand + inorganic nutrient solution (control group); F2 = sand + VCT on concentration of 10%; F3 = mixture of sand + compost (ratio 1:1; v:v) + VCT on concentration of 2.5%; F4 = mixture of sand + vermicompost (ratio 1:1; v:v) + VCT on concentration of 2.5% y F5 = mixture of sand + compost + vermicompost (ratio 2:1:1; v:v:v) + VCT on concentration of 2.5%]. Treatments F4 and F5 showed an increased yield of 70 and 45% with regard to the yield obtained with F1; the F1 and F2 yields were not statistically different at the 0.05 significance level. The fruit length and the pericarp thickness were increased until 7.55 and 7.01% in F5, respectively. These results suggest that, since there were differences in yield when using the organic and inorganic nutrient source, VCT combined with mixtures of sand + compost + vermicompost may be considered a successful alternative fertilizer for organic jalapeño pepper production in greenhouse.

Key words: *Capsicum annuum*, Glasshouse, Vermicompost, Organic farming

Introduction

Manure, crop residues, green manures, dairy industry sludge, herbal pharmaceutical industry waste, biosolids of agribusiness and food processing waste, once they are properly treated through the process of composting and/or vermicomposting are some of the potential sources of nutrients in organic production systems (Ramesh et al., 2005; Alidadi et al., 2007). According to Ramesh et al. (2005), organic production is an alternative for consumers who prefer food free of pesticides and synthetic fertilizers-risk-free, with high nutritional value. Additionally, organic materials are the safer sources of plant nutrient without any detrimental effect to crops and soil

(Hasanuzzaman et al., 2010).

Nowadays, it is widely recognized that de compost (C) and vermicompost (VC) are sources of slow-release nutrients, available for plants (Atiyeh et al., 2001; Chaoui et al., 2003; Cruz-Rodrigues et al., 2003; Raviv, 2005) and prevents nutrient losses into the environment (Giuffré et al., 2011). There is evidence that the addition of C and VC to soils and growing media promotes the development and productivity of different horticultural crops such as tomato (*Solanum lycopersicon* L.) (Gutiérrez-Miceli et al., 2007; Moreno-Reséndez et al., 2013), lettuce (*Lactuca sativa* L.) (Steffen et al., 2010), pepper (*Capsicum annuum* L.) (Arancon et al., 2004a), garlic (*Allium sativum* L.) (Argüello et al., 2006), strawberry (*Fragaria vesca* L.) (Arancon et al., 2004b), wetland rice (*Oryza sativa* L.) (Hasanuzzaman et al., 2010), and other species of commercial interest.

On the other hand, when mixing C or VC with inert growth media, such as sand, the physical and chemical characteristics of the latter show an important improvement, and the vegetable

Received 28 January 2013; Revised 19 March 2013; Accepted 02 April 2013; Published Online 02 June 2013

*Corresponding Author

A. Moreno-Reséndez
Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna, Periférico Raúl López Sánchez km 1.5 y Carretera a Santa Fe s/n., C.P. 27059, Torreón, Coahuila, México

Email: alejamorsa@yahoo.com.mx

S. T. López-Espinosa et al.

specimens that grow in it can avoid hypoxia. Also, it has been established that both C and VC can satisfy the nutrient demand of several crops, developed in greenhouse conditions, during the first two months post-transplantation (Márquez-Hernández et al., 2006). However, after this time the crops expressed nutrient deficiencies, especially of N (Rodríguez-Dimas et al., 2007); this may be due to the low rate of N mineralization of both C and VC. Thus, it has been suggested that in production systems under protected conditions, nutritional stress of the culture can be avoided by adding other sources of nutrition, including the vermicompost tea (VCT).

The VCT, a water-based VC extract containing high levels of beneficial microbes and soluble nutrients (Edwards et al., 2010), has attracted the attention of growers and researchers in recent years. The most important reason to apply VCT is to supply microbial biomass, fine particulate organic matter, and soluble chemical components of VC to plant surfaces and soils in a way not possible or achievable with solid VC. However, relatively little work has been done to investigate the effect of VCT on growth and yield of vegetable crops.

We hypothesized that VCT as a fertilizer would positively affect plant growth and productivity of jalapeño pepper. Therefore, the specific objective of this study was to investigate the effects of VCT on growth and productivity of jalapeño pepper in different media under organic and synthetic fertilization.

Materials and Methods

The experiment was conducted during fall-winter seasons of years 2011-2012, in the Comarca Lagunera region (101° 40' and 104° 45' W and 25° 05' and 26° 54' N), in a greenhouse at Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – Unidad Laguna (UAAAN-UL). The greenhouse is semicircular, with acrylic cover and protected reinforced mesh shade during the warmer seasons, gravel floor and

automatic cooling system through wet wall and two extractors. It has side windows of 1.20 m high, covered and protected with acrylic roller anti-aphids mesh (Mesh Plas®).

Treatments were distributed according to a completely randomized design; yield of jalapeño (*Capsicum annuum* L.) cv. Hechicero (Harris Moran®) with five forms of fertilization was assessed.

The evaluated fertilization forms were: F1 = sand + inorganic nutrient solution (control group); F2 = sand + VCT at 10% of concentration; F3 = mixture of sand + C (ratio 1:1; v:v) + VCT at 2.5% of concentration; F4 = mixture of sand + VC (1:1; v:v) + VCT at 2.5% of concentration, and F5 = mixture of sand + C + VC (ratio 2:1:1; v:v:v) + VCT at 2.5% of concentration.

Seeds were planted on October 1, 2011, in germinating trays of 200 cavities filled with Peat Moss (Premier®). The transplant took place on November 7, 2011, placing one plant per container. These containers consisted of black polythene bags with a capacity of 18 L, filled with volume basis. The population density was 4 pots·m⁻². The sand used in the substrates was previously disinfected with a solution of 5% NaOCl.

The manure-based vermicompost was provided by the vermicompost module of UAAAN-UL, and consisted of separated horse and goat solids (mixed in a 1:1 ratio by volume) with alfalfa (*Medicago sativa* L.), processed by earthworms (*Eisenia* spp.) in indoor beds (Atiyeh et al., 2000a) for a period of 90 days (Bansal and Kapoor, 2000). The compost was provided by Max Compost®. The basic chemical properties of the substrates are summarized in Table 1. The nutrient solution used in F1 treatment (Table 2) was recommended by Castellanos-Ramos and Ojodeagua-Arredondo (2009).

Table 1. Chemical analysis of the materials used during the development of jalapeño pepper under greenhouse conditions (n = 1).

| | N | P | K | Ca | Mg | Na | Fe | Zn | Mn | pH | EC |
|-----|-------|--------|-------|-------|--------|-------|------------------------|-----|-----|-----|-----------------------|
| | (%) | | | | | | (mg·kg ⁻¹) | | | | (dS·m ⁻¹) |
| C | 2.41 | 1.19 | 3.355 | 8.76 | 0.942 | 0.567 | 5920 | 260 | 160 | 8.5 | 6.7 |
| VC | 1.27 | 0.15 | 0.882 | 6.92 | 0.596 | 0.101 | 7090 | 330 | 210 | 7.9 | 2.4 |
| S | 0.011 | 0.0005 | 0.01 | 0.004 | 0.0016 | 0.007 | ND | 1.2 | 2.4 | 7.5 | 0.65 |
| VCT | 0.83 | 0.49 | 0.71 | 3.23 | 0.75 | 0.2 | 6.4 | 2.7 | 4.9 | 8 | 2.0 |

C = compost; VC = vermicompost; S = sand; VCT = vermicompost tea; ND = not detected; EC = electrical conductivity.

Table 2. Concentration of the nutrient solution used to develop greenhouse jalapeño pepper.

| Stage/Ion | NO ₃ ⁻ | NH ₄ ⁺ | H ₂ PO ₄ ⁻ | K ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | SO ₄ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | Na ⁺ | Cl ⁻ | EC (dS·m ⁻¹) |
|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|---|----------------|------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------------|
| Planting and establishment | 6.0 | 0.5 | 1.5 | 4.0 | 4.0 | 1.0 | 1.5 | 1.0 | <5.0 | 3.0 | 1.4 |
| Flowering and fruitsetting | 8.0 | 0.5 | 1.5 | 6.0 | 4.0 | 1.5 | 3.0 | 1.0 | <5.0 | 3.0 | 1.8 |
| Onset of ripening and harvest | 10.0 | 0.05 | 1.5 | 7.0 | 4.0 | 2.0 | 3.0 | 1.0 | <5.0 | 5.0 | 2.2 |

EC = electrical conductivity.

The VCT at 10% of concentration was prepared using the method recommended by Edwards et al. (2010), with a variation that consisted in introduce the bag with VC in a container with 20 L of water for 5 min to wash excess salts, before being subjected to oxygenation. Whereas in a container of 60 L of capacity, 45 L of water were oxygenated with an air pump (Biopro: BP9891. Tiray® Technology Co Ltd) for 2 h before inserting the bag with 4.5 kg of VC; oxygenation was performed continuously until completion of the process (24 h). In addition, we added 40 g of piloncillo or panela, a product similar to molasses, made from unrefined sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) juice (Solis-Pacheco et al., 2006), as an energy source to promote the growth and development of microorganisms.

The VCT was constantly applied throughout the whole cycle, and to preserve its quality it remained aerated 24 h·day⁻¹. For treatment F2, 0.5 L of VCT at 10% of concentration was poured in each pot; for treatments F3, F4 and F5, the VCT was diluted to a 1:3 ratio using 1 L of VCT per 3 L of water to give a concentration of 2.5%, and each pot received 1 L. The pH of VCT was adjusted to a value of 5.5 with food grade citric acid (C₆H₈O₇·H₂O), applied on a concentration of 5 mM (1.2 g·L⁻¹) (Capulín-Grande et al., 2007).

To satisfy the water demand of the crop, a drip irrigation system was used in all treatments, and the amount of water applied, according to the phenological stage of the crop, ranged from 0.35 to 1.9 L·plant⁻¹·day⁻¹. It was classified as low-salinity and low sodium water (C₁S₁, with a sodium absorption ratio of 2.18) (Ayers and Westcot, 1994), it presented an EC of 1.05 dS·m⁻¹, pH 7.8; the cation concentrations were Ca²⁺ = 3.51, Mg²⁺ = 0.48, K⁺ = 0.22, Na⁺ = 2.71 mmol·L⁻¹, and the anion values were HCO₃⁻ = 3.12, Cl⁻ = 2.3, SO₄²⁻ = 2.62 mmol·L⁻¹. During the growing period, which lasted 134 days after transplanting (dat), the temperature in the greenhouse ranged from 17.4 to 36.9°C, while the relative humidity ranged between 20 and 79%.

Plant height and total yield was recorded in each experimental unit. Fruit quality was determined in four plants of each treatment, 15

fruits per plant, considering the following variables: individual weight, pericarp thickness, number of locules in the fruit, fruit length and equatorial diameter.

To analyze the behavior of the plant height over time, we used linear regression analysis, while for yield and fruit quality an analysis of variance was performed among treatments; means were separated using Fisher's least significant difference (LSD) test in SAS statistical software (SAS, 1999). Statistical significance was obtained at 95% confidence level ($\alpha = 0.05$).

Results and Discussion

The growth dynamics of jalapeño plants, cv. Hechicero, are presented in Table 3, the regression line fits the data well. In our experiment, the tallest plants at the end of the crop cycle (134 dat) were in the treatment F5, with a value (1.55 m) that was statistically different from the other plants recorded in the remaining treatments (Table 3); these results suggest that VCT consistently enhanced plant growth, which agrees with the findings of previous studies (Sanwal et al., 2006; Hargreaves et al., 2008; Hargreaves et al., 2009). Also noteworthy is the fact that treatment F4 [mixture of sand + VC (ratio 1:1; v: v) + VCT at concentration of 2.5%] recorded the second highest plant (1.16 m).

Pant et al. (2009) found that the use of VCT had a greater effect on plant height under VC fertilization, and had much smaller effect on plant height under Osmocote fertilization. Additionally, Keeling et al. (2003) and Siddiqui et al. (2008) observed that application of VCT and compost tea on oilseed rape plant and okra plants, increased root development, plant growth and tap root length, respectively; although we did not measure root growth and nutrient uptake, plants grown in F4 and F5 showed better plant height and nutrient uptake compared to control plants, suggesting that these two variables might be part of the mechanisms involved in plant growth stimulation. Our results might be due to the presence of the VC and the VCT, materials that provide higher quality than manure generated by traditional methods of composting (Santamaría-Romero et al., 2001; Panikkar et al., 2004; Lopes-Pereira et al., 2005).

S. T. López-Espinosa et al.

Table 3. Regression equations for fertilization sources regarding plant height in jalapeño pepper under greenhouse conditions.

| Treatment | Regression equation* | R ² | Final height (m) |
|-----------|------------------------|----------------|------------------|
| F1 | $y = 0.7142x - 2.5217$ | 0.95 | 0.93 c |
| F2 | $y = 0.4937x - 4.2867$ | 0.94 | 0.62 e |
| F3 | $y = 0.5757x - 4.5035$ | 0.92 | 0.73 d |
| F4 | $y = 0.8486x + 2.2051$ | 0.91 | 1.16 b |
| F5 | $y = 1.2648x - 14.797$ | 0.97 | 1.55 a |

*y = height; x = das. Values with the same letter in last column are statistically equal, LSD test $P \leq 0.05$.

Treatments F4 and F5 (which included VC and VCT) outperformed the control treatment (sand and nutrient solution), concurring with the results reported by Rodríguez-Ortiz et al. (2010), who concluded that VC fertilization at 1.5 to 3.0 t·ha⁻¹ during transplanting of green onions (*Allium cepa* L.) favored a greater height of this species when compared with plants receiving synthetic fertilization. Arancon et al. (2007) reported that humic, fulvic and other organics acids extracted or produced by microorganisms in VCT could induce plant growth. García-Martínez et al. (2002) showed that water extract of compost contained a compound with molecular structure and biological activity analogous to auxins. Leachate from well decomposed compost contains cytokinin-like substance, derived from hydrolysis of cyanogenic glucosides by the enzyme β -glucosidase produced by microbes (Arthur et al., 2001). Although phytohormones or growth regulators in VCT were not measured in the present study, they may play an important role in plant responses.

The F1 and F5 yield, fruit length, pericarp thickness and number of fruits were statistically different at the 0.05 significance level (Table 4). The heaviest fruits were obtained with treatments F1 and F5, in that order, while the lowest weight was recorded in treatment F2. On the other hand, according to the specifications of the official mark

"México Calidad Suprema" for chili (SAGARPA-ASERCA, 2011), F4 and F5 treatments correspond to large fruit size.

The difference in yield obtained in the F1 and F5 treatments was due to the number of fruits per plant, not to the weight of fruits. The overall average yield obtained in our experiment was 208.74% higher than the average yield (14.76 Mg·ha⁻¹) obtained by Mexican producers under irrigation and rainfed conditions (SIAP, 2011). The F4 and F5 treatments increased the yield until 70.7 and 45.42% respectively, in relation to the average obtained for the control group F1. While the F5 treatment increased the yield until 17.42% compared with the F4 treatment yield. The F2 and F3 treatments were not statistically different to the control group F1 (Table 4). The results contrast with those reported by Subler et al. (1998), who stated that the best crop development occurs when applying between 10 and 20% VC, although, Atiyeh et al. (2000a, 2000b) indicated that using more than 20% of VC in the growth substrate decreases the yield of the plant. In our experiment, the jalapeño plants in T3, T4 and T5 treatments consumed 92.73, 165.65 and 194.52 kg of N to obtain the respectively yield (Inzunza-Ibarra et al., 2010).

Table 4. Mean values and statistical difference of the variables evaluated in jalapeño pepper grown with organic and synthetic fertilizer under greenhouse conditions.

| Treatment | WF (g) | FL (cm) | ED | PT | NF | NL | Yield (Mg·ha ⁻¹) |
|-----------|---------|---------|--------|---------|-------|-----|------------------------------|
| F1 | 38.4 a* | 8.21 b | 3.18 a | 0.57 bc | 31 bc | 2 b | 40.68 b |
| F2 | 29.9 b | 8.09 b | 3.22 a | 0.57 bc | 30 c | 2 b | 35.44 b |
| F3 | 35.9 a | 8.26 b | 3.16 a | 0.56 c | 28 c | 3 a | 33.12 b |
| F4 | 36.3 a | 8.41 b | 3.36 a | 0.59 b | 41 ab | 3 a | 59.16 a |
| F5 | 39.4 a | 8.83 a | 3.34 a | 0.61 a | 48 a | 2 b | 69.47 a |
| mean | 36.01 | 8.36 | 3.25 | 0.58 | 36 | 2.4 | 45.57 |
| CV (%) | 11 | 4 | 7 | 4 | 30 | 9 | 31 |

*Values with the same letter within each column are statistically equal, LSD test $P \leq 0.05$. WF = weight of fruit; FL = fruit length; ED = equatorial diameter; PT = pericarp thickness; NF = number of fruits; NL = number of locules; CV = coefficient of variation.

Emir. J. Food Agric. 2013. 25 (9): 666-672
<http://www.ejfa.info/>

Furthermore, when making the extrapolation of percentage to kilograms of N per hectare for each one of sources of organic fertilizers (Table 1), considering a mineralization of 11% (Eghball, 2000; Adegbidi y Briggs, 2003), the N available needed in the treatments F3, F4 and F5, was 607.3, 320.0 and 463.6 kg•ha⁻¹, respectively. Therefore, we may assume that these three treatments showed adequate levels of N that favored the development of the jalapeño pepper. However, factors as leaching, a lower rate of mineralization, the volatilization and the adsorption process (Sikora and Szmidt, 2001), solely allowed reaching the yields already indicated. Regardless, it is important to note that the obtained yields reflects the high amounts of nutrients contained in C, VC and VCT, as mentioned by Edwards et al. (2010).

Conclusions

The results obtained showed that VCT, prepared from the VC (made with horse and goat manure with alfalfa straw, mixed in a 1:1 ratio by volume), caused positive effects on development indicators of jalapeño pepper. During this study, the organic production of jalapeño pepper under protected conditions and using organic fertilizers resulted in a high yield. The use of VCT, C and VC can be considered as an alternative fertilization method for organic production in greenhouses, since they contain soluble nutrients that can satisfy the nutrient demand of this plant.

Acknowledgements

The present experiment was funded by the project "Development of vegetal species in greenhouse using VC, with efficiency in water consumption" (Desarrollo de especies vegetales en invernadero con VC eficientando el consumo de agua), awarded by the Sub-department of Higher Education (Subsecretaría de Educación Superior) of the Mexican Department of Public Education (Secretaría de Educación Pública) through the Program for Faculty Enhancement [Programa de Mejoramiento del Profesorado (PROMEP)], earned by the Sustainable Systems for Agricultural Production Academic Corps [Cuerpo Académico de Sistemas Sustentables para la Producción Agropecuaria (CASISUPA)] with key: UAAAN-CA-14.

References

Adegbidi, H. G. and R. D. Griggs. 2003. Nitrogen mineralization of sewage sludge and composted poultry manure applied to willow

in a greenhouse experiment. *Biomass Bioenerg.* 25:665-673.

Alidadi, H., A. R. Parvaresh, M. R. Shahmansouri, H. Pourmoghadas and A. A. Najafpoor. 2007. Combined compost and vermicomposting process in the treatment and bioconversion of sludge. *Pak. J. Biol. Sci.* 10(21):3944-3947.

Arancon, N. Q., C. E. Edwards, R. M. Atiyeh and J. D. Metzger. 2004a. Effects of vermicompost produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. *Bioresour. Technol.* 93:139-144.

Arancon, N. Q., C. A. Edwards, P. Bierman, C. Welch and J. D. Metzger. 2004b. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. *Bioresour. Technol.* 93:145-153.

Arancon, N. Q., C. A. Edwards, R. Dick and L. Dick. 2007. Vermicompost tea production and plant growth impacts. *BioCycle* 48:51-52.

Argüello, J. A., A. Ledesma, S. B. Núñez, C. H. Rodríguez and M. D. D. Goldfarb. 2006. Vermicompost effects on bulbing dynamics, nonstructural carbohydrate content, yield, and quality of 'Rosado paraguay' garlic bulbs. *Hortsci.* 41:589-592.

Arthur, G. D., A. K. Jäger and J. Van Staden. 2001. The release of cytokinin-like compounds from *Ginkgo biloba* leaf material during composting. *Env. Exp. Bot.* 45:55-61.

Atiyeh, R. M., N. Q. Arancon, C. A. Edwards and J. D. Metzger. 2000a. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Biores. Technol.* 75(3):175-180.

Atiyeh, R. M., S. Subler, C. A. Edwards, G. Bachman and J. D. Metzger. 2000b. Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiol.* 44(6):579-590.

Atiyeh, R. M., C.A. Edwards, S. Subler and J. D. Metzger. 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. *Biores. Technol.* 78:11-20.

Ayers, R. S. and D. W. Westcot. 1994. *Water Quality for Agriculture*. FAO Irrigation and Drainage Paper 29 Rev. 1. FAO. Rome. p.174.

S. T. López-Espinosa et al.

- Bansal, S. and K. K. Kapoor. 2000. Vermicomposting of crop residues and cattle dung with *Eisenia foetida*. *Biores. Technol.* 73:95-98.
- Capulín-Grande, J., R. Nuñez-Escobar, J. L. Aguilar-Acuña, M. Estrada-Botello, P. Sánchez-García and J. J. Mateo-Sánchez. 2007. Use of bovine liquid acidulated manure for production of sweet pepper. *Rev. Chapingo Serie Hort.* 13(1):5-11.
- Castellanos-Ramos, J. Z. and J. L. Ojodeagua-Arredondo. 2009. Formulación de la solución nutritiva. In: J. Z. Castellanos (Ed.). pp. 131-156. *Manual de producción de tomate en invernadero*. Intagri. México.
- Chaoui, H. I., L. M. Zibilske and T. Ohno. 2003. Effects of earthworm casts and compost on soil microbial activity and plant nutrient availability. *Soil Biol. Biochem.* 35:295-302.
- Cruz-Rodrigues, V., V. C. de Almeida-Theodoro, I. F. de Andrade, A. I. Neto, V. do Nascimento-Rodrigues e F. Villa-Alves. 2003. Produção de minhocas e composição mineral do vermicomposto e das fezes procedentes de bubalinos e bovinos. *Ciênc. Agrotec. Lavras.* 27(6):1409-1418.
- Edwards, C. A., A. Askar, M. Vasko-Bennet and N. Q. Arancon. 2010. The use and effects of aqueous extracts from vermicompost or teas on plant growth and yields. In: C. A. Edwards, N. Arancon and R. Sherman (Eds.). pp. 235-248. *Vermiculture Technology*, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Eghball, B. 2000. Nitrogen mineralization from field-applied beef cattle feedlot manure or compost. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64(6):2024-2030.
- García-Martínez, I., F. Cruz-Sosa, A. Larqué-Saavedra and M. Hernández-Soto. 2002. Extraction of auxin-like substances from compost. *Crop Res.* 24(2):323-327.
- Giuffré, L., R. Romaniuk, R. P. Ríos and M. M. Zubillaga. 2011. Sustainable management in pecan cultivation in Argentina. *Emir. J. Food Agric.* 23(3):243-248.
- Gutiérrez-Miceli, F. A., J. Santiago-Borraz, J. A. Montes-Molina, C. C. Nafate, M. Abud-Archila, M. A. Oliva-Llaven, R. Rincón-Rosales and L. Dendooven. 2007. Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Biores. Technol.* 98(15):2781-2786.
- Hargreaves, J. C., M. S. Adl, P. R. Warman and H. P. V. Rupasinghe. 2008. The effects of organic amendments on mineral element uptake and fruit quality of raspberries. *Plant Soil.* 308:213-226.
- Hargreaves, J. C., M. S. Adla and P. R. Warman. 2009. Are compost teas an effective nutrient amendment in the cultivation of strawberries? Soil and plant tissue effects. *J. Sci. Food Agric.* 89:390-397.
- Hasanuzzaman, M., K. U. Ahamed, N. M. Rahmatullah, N. Akhter, K. Nahar and M. L. Rahman. 2010. Plant growth characters and productivity of wetland rice (*Oryza sativa* L.) as affected by application of different manures. *Emir. J. Food Agric.* 22(1):46-58.
- Inzunza-Ibarra, M. A., M. Villa-Castorena, E. A. Catalán-Valencia and A. Román-López. 2010. Nutrient extraction and yield of jalapeño pepper under mulch plastic and irrigation levels. *Terra Latinoamericana* 28(3):211-218.
- Keeling, A. A., K. R. McCallum and C. P. Beckwith. 2003. Mature green waste compost enhances growth and nitrogen uptake in wheat (*Triticum aestivum* L.) and oilseed rape (*Brassica napus* L.) through the action of water-extractable factors. *Biores. Technol.* 90:127-132.
- Lopes-Pereira, E. W., C. M. S. Borges-Azevedo, J. Liberalino-Filho, G. H. de Sousa-Nunes, J. Erivan-Torquato and B. R. Simões. 2005. Produção de vermicomposto em diferentes proporções de esterco bovino e palha de carnaúba. *CAATINGA* 18(2):112-116.
- Márquez-Hernández, C., P. Cano-Ríos, I. Chew-Madinaveitia, A. Moreno-Reséndez and N. Rodríguez-Dimas. 2006. Substrates in the organic production of greenhouse cherry tomato. *Rev. Chapingo Serie Hort.* 12(2):183-189.
- Moreno-Reséndez, A., E. Carreón-Saldivar, N. Rodríguez-Dimas, J. L. Reyes-Carrillo, P. Cano-Ríos, J. Vásquez-Arroyo and U. Figueroa-Viramontes. 2013. Vermicompost management: An alternative to meet the water and nutritive demands of tomato under greenhouse conditions. *Emir. J. Food Agric.* 25(5):385-393.

Emir. J. Food Agric. 2013. 25 (9): 666-672
<http://www.ejfa.info/>

- National Organic Standards Board (NOSB). 2004. Compost Tea Task Force Report. 21 p. Available in: <<http://www.ams.usda.gov/AMSv1.0/getfile?dDocName=STELPRDC5058470>>. Assesed on: August 8, 2012.
- Panikkar, A. K., S. J. Riley and S. P. Shrestha. 2004. Risk Management in vermicomposting of domestic organic waste. *Env. Health* 4(2):11-19.
- Pant, A., T. J. K. Radovich, N. V. Hue, S. T. Talcott and K. A. Krenk. 2009. Vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients, phytonutrients and anti-oxidant activity in pakchoi (*Brassica rapa* cv. Bonsai, chinensis group) grown under vermicompost and chemical fertilizer. *J. Sci. Food Agric.* 89:2389-2392.
- Ramesh, P., M. Singh and A. S. Rao. 2005. Organic farming: Its relevance to the Indian context. *Curr. Sci.* 88(4):561-568.
- Raviv, M. 2005. Production of high-quality composts for horticultural purposes: A mini-review. *Hort. Tech.* 15(1):52-57.
- Rodríguez-Dimas, N., P. Cano-Rios, E. Favela-Chávez, U. Figueroa-Viramontes, V. de Paul-Álvarez., A. Palomo-Gil, C. Márquez-Hernández and A. Moreno-Reséndez. 2007. Vermicompost as organic alternative in tomato greenhouse production. *Rev. Chapingo Serie Hort.* 13(2):185-192.
- Rodríguez-Ortiz, J. C., C. Loredo-Osti, J. A. Alcalá-Jáuregui, L. Beltrán-Sánchez, J. J. Tapia-Goné, C. Villar-Morales and J. L. García-Hernández. 2010. Effect of doses and application moment of vermicompost in the production of onion (*Allium cepa*) type cambray. *AGROFAZ* 10(2):99-106.
- Santamaría-Romero, S., R. Ferrera-Cerrato, J. J. Almaraz-Suárez, A. Galvis-Spinola and I. Barois-Boullard. 2001. Dinámica y relaciones de microorganismos, C-orgánico y N-total durante el composteo y vermicomposteo. *Agrociencia* 35(4):377-384.
- Sanwal, S. K., K. Laxminarayana, D. S. Yadav, N. Rai and R. K. Yadav. 2006. Growth, yield, and dietary antioxidants of broccoli as affected by fertilizer type. *J. Veg. Sci.* 12:13-26.
- SAGARPA-ACERCA. 2011. Pliego de condiciones para el uso de la marca oficial México Calidad Suprema en Chile. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación - Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria. BANCOMEXT. ASERCA. PC-011-2004. 16 p. Available in: <http://www.normich.com.mx/archivos/OC/mcs/PLIEGOS%20DE%20CONDICIONES%2012/PC_011_2004_Chile_vsj.pdf>. Assesed on: August 8, 2011.
- SIAP. 2011. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola: Chile verde. Modalidad: riego y temporal. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Available in: <http://www.siap.gob.mx/agricola_siap/culti vo/index.jsp> Consulted: August 8, 2011.
- Siddiqui, Y., S. Meon, R. Ismail, M. Rahmani and A. Ali. 2008. Bio-efficiency of compost extracts on the wet rot incidence, morphological and physiological growth of okra (*Abelmoschus esculentus* [(L.) Moench]). *Sci. Hort.* 117:9-14.
- Sikora, L. J. and R. A. K. Szmidt. 2001. Nitrogen source mineralization rates, and nitrogen nutrition benefits to plants from compost. In: P. J. Stoffela and B. A. Kahn (Eds.), pp. 287-305. Compost utilization in horticultural cropping system. CRC Press LLC.
- Statistical Analysis System (SAS). 1999. SAS/STAT User's Guide. Version 8.0 SAS Institute Inc. Cary N. C. USA.
- Steffen, G. P. K., Z. I. Antonioli, R. B. Steffen and R. G. Machado. 2010. Cáscara de arroz y estiércol bovino como sustrato para la multiplicación de lombrices de tierra y la producción de plántulas de tomate y lechuga. *Acta Zool. Mexicana* (n.s). Número Especial. 2:333:343.
- Solís-Pacheco, J. R., F. Pérez-Martínez, I. Orozco-Ávila, J. L. Flores-Montaña, E. Ramírez-Romo, A. Hernández-Rosales and B. Aguilar-Uscanga. 2006. Description of a technical a process to make unrefined Brown sugar ("Piloncillo") from sugarcane. *e-Gnosis.* 4(1):1-8.
- Subler, S., C. A. Edwards and J. Metzger. 1998. Comparing vermicompost and composts. *Biocycle* 39:63-66.