

# FERTILIZACIÓN ORGÁNICA: UNA ALTERNATIVA PARA LA PRODUCCIÓN DE CHILE PIQUÍN BAJO CONDICIONES PROTEGIDAS

César Márquez-Quiroz<sup>1\*</sup>; Sayani Teresa López-Espinosa<sup>1</sup>;  
Pedro Cano-Ríos<sup>2</sup>; Alejandro Moreno-Reséndez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Agropecuarias, Carretera Villahermosa-Teapa km 25. Villahermosa, Tabasco. MÉXICO. Tel. (993) 358 1500 ext. 6604.

Correo-e: cesar\_quiroz23@hotmail.com (\*Autor para correspondencia).

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

## RESUMEN

Se realizó un experimento para evaluar el té de vermicompost (TVC) como fertilizante orgánico en combinación con mezclas de arena, compost (C) y vermicompost (VC) en la producción de chile piquín cultivado bajo invernadero. Durante el ciclo otoño-invierno 2011-2012, plantas de chile piquín del ecotipo chilpaya fueron sometidas a cinco tratamientos de fertilización: arena + solución nutritiva inorgánica (testigo, F1); arena + TVC (F2); arena:C (relación 1:1; v/v) + TVC (F3); arena:VC (relación 1:1; v/v) + TVC (F4), y arena:C:VC (relación 2:1:1; v/v) + TVC (F5). Las plantas cultivadas con el tratamiento testigo (F1) presentaron mayor rendimiento, superando en 26.10, 9.00, 29.47 y 29.05 % al rendimiento obtenido en las plantas cultivadas con los tratamientos F2, F3, F4 y F5, respectivamente. Entre los tratamientos orgánicos, el tratamiento F3 produjo mayor rendimiento, seguido del tratamiento F2. El estudio sugiere que el TVC en combinación con la mezcla de arena: C o sólo con arena, podría ser una alternativa para la producción orgánica de chile piquín bajo invernadero.

**PALABRAS CLAVE ADICIONALES:** *Capsicum annuum* var. *aviculare*, invernadero, lombricompost, té de vermicompost.

## ORGANIC FERTILIZATION: AN ALTERNATIVE TO PRODUCE PIQUÍN PEPPER UNDER PROTECTED CONDITIONS

### ABSTRACT

We conducted an experiment to evaluate the vermicompost tea (VCT) as organic fertilizer in combination with mixtures of sand, compost (C) and vermicompost (VC) in piquín pepper production grown under greenhouse conditions. During 2011-2012, plants of piquín pepper ecotype chilpaya were subjected to five fertilization treatments: sand + inorganic nutrient solution (control, F1); sand + VCT (F2); sand + C (1:1 ratio; v/v) + VCT (F3); sand + VC (1:1 ratio; v/v) + VCT (F4) and, sand + C + VC (2:1:1 ratio; v/v) + VCT (F5). Plants grown with control treatment (F1) had the highest yield, exceeding with 26.10, 9.00, 29.47 and 29.05 % the obtained yield in plants grown under F2, F3, F4 and F5 treatments respectively. With respect to the organic treatments, F3 treatment had the highest yield followed by F2 treatment. This study suggests that the VCT in combination with sand: C mixture, or just sand, was considered as an alternative for organic piquín pepper under greenhouse conditions.

**ADDITIONAL KEYWORDS:** *Capsicum annuum* var. *aviculare*, greenhouse, vermicompost, vermicompost tea.

## INTRODUCCIÓN

El chile piquín (*Capsicum annuum* L., var. *aviculare*) es un recurso vegetal silvestre de amplia distribución geográfica en la República Mexicana (Forero *et al.*, 2009; Pagán *et al.*, 2010; Rueda-Puente *et al.*, 2010). Para los habitantes de la región noreste de México esta especie representa una fuente alimenticia, medicinal y generadora de ingresos adicionales. Actualmente las poblaciones naturales de esta especie han disminuido significativamente debido a la presión antropogénica y a un manejo inadecuado de los recursos naturales (Rodríguez, 2005).

La adición de compost (C) y vermicompost (VC) a los suelos y sustratos incrementa el crecimiento y la productividad de diversos cultivos hortícolas, tales como el tomate (Gutiérrez-Miceli *et al.*, 2007), la lechuga (Steffen *et al.*, 2010), el pimiento (Arancon *et al.*, 2004a), el ajo (Arguello *et al.*, 2006) y la fresa (Arancon *et al.*, 2004b). El C y VC constituyen una fuente de elementos minerales de lenta liberación y fácilmente disponibles para las plantas, a medida que las especies vegetales los van demandando (Chaoui *et al.*, 2003). Al mezclar estos materiales con medios inertes como la arena se mejoran sus características físicas y químicas evitando la hipoxia. Además, ambos productos pueden satisfacer los requerimientos nutrimentales de 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), debido posiblemente a la baja tasa de mineralización del N tanto en el C, como en el VC.

En los sistemas de producción bajo condiciones protegidas, el estrés nutrimental de los cultivos puede evitarse adicionando otras fuentes de nutrición. El té de VC, solución resultante de la fermentación aeróbica del VC en agua de la llave, puede utilizarse como fuente nutritiva, debido a que contiene elementos nutritivos, sustancias solubles y microorganismos benéficos (Edwards *et al.*, 2010). Sin embargo, existen pocas referencias sobre el uso del té de VC como fuente de fertilización, para satisfacer los requerimientos nutrimentales del cultivo de chile piquín.

El objetivo del estudio fue determinar si el té de VC, aplicado como fertilizante orgánico y, en combinación con mezclas de arena:C:VC, puede sustituir a los fertilizantes sintéticos en la producción de chile piquín bajo condiciones de invernadero.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo durante el ciclo agrícola O-I 2011-2012, en la Comarca Lagunera (25° 05' y 26° 54' N y 101° 40' y 104° 45' O), 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

## INTRODUCTION

Piquín pepper (*Capsicum annuum* L., var. *aviculare*) is a wild plant resources of wide geographical distribution in Mexico (Forero *et al.*, 2009; Pagán *et al.*, 2010; Rueda-Puente *et al.*, 2010). For the inhabitants of the northeastern region of Mexico this species represents a source of food, medicine and additional income. Currently, natural populations of this species have declined significantly due to anthropogenic pressure and mismanagement of natural resources (Rodríguez, 2005).

Adding compost (C) and vermicompost (VC) to soils and substrates increases the growth and productivity of various horticultural crops such as tomatoes (Gutiérrez-Miceli *et al.*, 2007), lettuce (Steffen *et al.*, 2010), bell pepper (Arancon *et al.*, 2004a), garlic (Arguello *et al.*, 2006) and strawberry (Arancon *et al.*, 2004b). C and VC are a source of slow release mineral elements and readily available to the plants as the plant species are demanding (Chaoui *et al.*, 2003). By mixing these materials with inert media such as sand, their physical and chemical characteristics are improved, avoiding hypoxia. Moreover, both products can meet the nutritional requirements of horticultural crops in greenhouses during the first two months after transplanting (Márquez-Hernández *et al.*, 2006). However, after this time, crops have shown nutritional deficiencies, mainly of N (Rodríguez-Dimas *et al.*, 2007), possibly due to the low rate of mineralization of N both in C as in VC.

In greenhouse production systems, nutritional stress of crops can be avoided by adding other sources of nutrition. VC tea, solution from aerobic fermentation of VC in tap water may be used as nutrient source, because it has nutrients, soluble substances and beneficial microorganisms (Edwards *et al.*, 2010). However, there are few references on the use of VC tea as a source of fertilizer to meet the nutritional requirements of piquín pepper crop.

The aim of the study was to determine whether tea VC applied as organic fertilizer and, in combination with mixtures of sand:C:VC, can replace synthetic fertilizers in the production of piquín pepper under greenhouse conditions.

## MATERIALS AND METHODS

The experiment was carried out during the agricultural cycle O-I 2011-2012, in the Comarca Lagunera (25° 05' and 26° 54' N and 101° 40' and 104° 45' W), in a greenhouse at the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna (UAAAN-UL). The greenhouse has a semicircular shape, with reinforced acrylic cover and protected with shade netting 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 with acrylic roller and protected with anti-aphid netting (Plas™ mesh). The minimum and maximum temperatures inside the greenhouse ranged between 17.4 and 36.9 °C, while the minimum and maximum relative humidity ranged between 20

sombra durante las estaciones del año más calurosas, 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®). Las temperaturas mínima y máxima dentro del invernadero fluctuaron entre 17.4 y 36.9 °C, mientras la humedad relativa mínima y máxima osciló entre 20 y 79 %, durante el ciclo de cultivo que duró 173 días después del trasplante (dat).

Los tratamientos fueron distribuidos de acuerdo a un diseño completamente al azar. Se evaluó el ecotipo de Chile piquín denominado Chilpaya, procedente de Acatlán de Pérez Figueroa, Oaxaca. Dicho ecotipo mostró características sobresalientes en germinación y producción. La unidad experimental estuvo compuesta por una maceta, con una planta por maceta, con ocho repeticiones por tratamiento.

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

La siembra se realizó el 3 de septiembre de 2011 en charolas germinadoras de 200 cavidades rellenas con musgo o peat moss (Premier®). El trasplante se efectuó el 7 de noviembre de 2011 en bolsas de polietileno negro con capacidad de 18 litros, las cuales se llenaron con 12 kg del sustrato correspondiente a cada tratamiento, colocando una planta por contenedor. La densidad de población fue de cuatro macetas-m<sup>-2</sup>. La arena utilizada en las mezclas fue previamente desinfectada con una solución de agua y cloro al 5 %.

El compost fue comercial (MaxCompost®) y el VC 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.*, 2000), durante un periodo de 90 días (Bansal y Kapoor, 2000). Las características químicas y composición nutrimental de los tratamientos usados, durante el ciclo de producción, se presentan en el Cuadro 1. En F1 se empleó la solución nutritiva recomendada por Castellanos y Ojodeagua (2009) (Cuadro 2).

and 79 % during the growing season that lasted 173 days after transplanting (dat).

Treatments were distributed according to a completely randomized design. The ecotype of piquín pepper called Chilpaya from Acatlán de Pérez Figueroa, Oaxaca was evaluated. This ecotype showed outstanding characteristics in germination and production. The experimental unit consisted of a pot, with one plant per pot, with eight replicates per treatment.

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

Sowing was performed on September 3, 2011 using germinating trays of 200 cavities filled with moss or peat moss (Premier™). Transplanting occurred on November 7, 2011 using black polyethylene bags with a capacity of 18 liters, which were filled with 12 kg of substrate for each treatment, placing a plant per container. The population density was four pots·m<sup>-2</sup>. The sand used in the mixtures was previously disinfected using a solution of water and chlorine at 5 %.

The compost was commercial (MaxCompost™) and the VC was acquired in the module of Organic Fertilizers and Vermiculture of the UAAAN-UL. This module used horse and goat manure with alfalfa hay (*Medicago sativa* L.), mixed in a ratio 1:1, in volume, and earthworms *Eisenia fetida* (Atiyeh *et al.*, 2000), for a period of 90 days (Bansal and Kapoor, 2000). The chemical characteristics and nutritional composition of the treatments used during the production cycle are shown in Table 1. F1 used the nutrient solution recommended by Castellanos and Ojodeagua (2009) (Table 2).

VC tea was prepared at 10 % concentration as a stock solution, using the method recommended by Edwards *et al.* (2010), with a variation (López-Espinosa *et al.*, 2013) consisting of the bag with VC was placed in a container with 20 liters of water for 5 min to wash the excess of salts, before being subjected to oxygenation. A total of 45 liters of water were oxygenated in a container of 60 liters using an air pump (Biopro: BP9891. Tiray Technology

#### CUADRO 1. Análisis químico del compost, vermicompost y té de vermicompost durante el ciclo de producción. Torreón, Coahuila, 2012.

TABLE 1. Chemical analysis of compost, vermicompost and vermicompost tea during the production cycle. Torreón, Coahuila, 2012.

	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Zn	Mn	pH	CE
Muestra <sup>y</sup> / Sample <sup>y</sup>	(g·kg <sup>-1</sup> )					(mg·kg <sup>-1</sup> )				(dS·m <sup>-1</sup> )	
C	24.1	11.9	33.5	87.6	0.94	5.6	5920.0	260.0	160.0	8.5	6.7
VC	12.7	1.5	8.8	69.2	0.59	1.0	7090.0	330.0	210.0	8.2	2.4
TVC	8.3	4.9	7.1	32.3	0.75	2.0	6.4	2.7	4.9	8.0	2.0

<sup>y</sup>C = compost; VC = vermicompost; TVC = té de vermicompost. / <sup>y</sup>C = compost; VC = vermicompost; TVC = vermicompost tea.

**CUADRO 2. Concentración de solución nutritiva usada para el desarrollo de chile piquín en invernadero. Torreón, Coahuila, 2012.****TABLE 2. Nutrient solution concentration used for the development of piquín pepper under greenhouse conditions. Torreón, Coahuila, 2012.**

Etapa fenológica/ Phenological stage	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	CE <sup>2</sup>
	(mmol·litro <sup>-1</sup> )/(mmol·liter <sup>-1</sup> )										(dS·m <sup>-1</sup> )
Plantación y establecimiento/ Planting and establishment	6.0	0.50	1.5	4.0	4.0	1.0	1.5	1.0	<5.0	3.0	1.4
Floración y cuajado/ Flowering and fruit set	8.0	0.50	1.5	6.0	4.0	1.5	3.0	1.0	<5.0	3.0	1.8
Inicio de maduración y cosecha/ Ripening onset and harvest	10.0	0.05	1.5	7.0	4.0	2.0	3.0	1.0	<5.0	5.0	2.2

<sup>2</sup>CE = conductividad eléctrica. / <sup>2</sup>EC = electrical conductivity.

El té de VC se preparó al 10 % de concentración como solución madre, empleándose el método recomendado por Edwards *et al.* (2010), con una variación (López-Espinosa *et al.*, 2013) consistente en que la bolsa con VC se introdujo en un recipiente con 20 litros de agua durante 5 min para lavar el exceso de sales, antes de someterse a oxigenación. En un contenedor de 60 litros de capacidad se oxigenaron 45 litros de agua con una bomba de aire (Biopro: BP9891. Tiray Technology Co Ltd<sup>®</sup>) 2 h antes de introducir la bolsa con 4.5 kg de VC. La oxigenación continuo hasta el fin del proceso (24 h). Se agregaron 40 g de piloncillo como fuente de energía para los microorganismos. La aplicación del té de VC fue constante durante todo el ciclo, aireado durante 24 h diariamente. Para los tratamientos F2, F3, F4 y F5 se aplicó un litro de té al 2.5 % de concentración (un litro de té al 10 % de concentración diluido en 3 L de agua potable) para cada maceta. El pH del té de VC fue ajustado a 5.5 con ácido cítrico aplicado a una concentración 5 mM (1.2 g·litro<sup>-1</sup>) (Capulín-Grande *et al.*, 2007). Para el suministro de agua se utilizó 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 litros·planta<sup>-1</sup>·día<sup>-1</sup>. El agua de riego utilizada se clasificó como agua de baja salinidad y bajo contenido de sodio (C<sub>1</sub>S<sub>1</sub>, con una relación de absorción de sodio de 2.18) (Ayers and Westcot, 1994); C.E. 1.05 dS·m<sup>-1</sup>, pH: 7.8; cationes (mmol·litro<sup>-1</sup>): Ca<sub>2</sub><sup>+</sup> = 3.51, Mg<sup>2+</sup> = 0.48, K<sup>+</sup> = 0.22, Na<sup>+</sup> = 2.71 y aniones (mmol·litro<sup>-1</sup>): HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> = 3.12, Cl<sup>-</sup> = 2.3, y SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> = 2.62.

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 25 frutos por planta, considerando las siguientes variables: peso individual, longitud del fruto y diámetro ecuatorial. Para evaluar rendimiento se determinaron el número y peso de frutos por planta, realizando dos cortes con intervalos entre ellos de 14 días. Para analizar el comportamiento de altura de planta, a través del tiempo, se utilizó un análisis de regresión, en tanto que para rendimiento y calidad de fruto se aplicó el análisis de varianza. Cuando se encontraron diferencias significativas se realizó una comparación entre medias utilizando la prueba de diferencia mínima significativa (DMS) de Fisher al 5 %. Los análisis se realizaron con apoyo del programa estadístico SAS (Anónimo, 2004).

Co Ltd<sup>™</sup>) 2 h before placing the bag with 4.5 kg of VC. Oxygenation continued to the end of the process (24 h). A total of 40 g of brown sugar were added as an energy source for microorganisms. The application of VC tea was constant throughout the cycle, aerated for 24 h daily. One liter of tea at 2.5 % concentration (one liter of 10 % tea concentration diluted in 3 L of water) was applied for each pot for treatments for treatments F2, F3, F4 and F5. The pH of VC tea was adjusted to 5.5 with citric acid applied to a 5 mM concentration (1.2 g·liter<sup>-1</sup>) (Capulín-Grande *et al.*, 2007). For water supply we used drip irrigation in all treatments and the amount of water applied, according to the phenological stage of the crop, ranged from 0.35 to 1.9 liters·plant<sup>-1</sup>·day<sup>-1</sup>. The irrigation water was classified as low-salinity water and low sodium content (C<sub>1</sub>S<sub>1</sub>, with a sodium absorption ratio of 2.18) (Ayers and Westcot, 1994); C.E. 1.05 dS·m<sup>-1</sup>, pH: 7.8; cations (mmol·liter<sup>-1</sup>): Ca<sub>2</sub><sup>+</sup> = 3.51, Mg<sup>2+</sup> = 0.48, K<sup>+</sup> = 0.22, Na<sup>+</sup> = 2.71 and anions (mmol·liter<sup>-1</sup>): HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> = 3.12, Cl<sup>-</sup> = 2.3, and SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> = 2.62.

Plant height and total yield were recorded in each experimental unit. Fruit quality was determined in four plants per treatment, and 25 fruits per plant, regarding the following variables: individual weight, fruit length and equatorial diameter. Number and weight of fruits per plant were determined to evaluate yield, making two cuts with intervals between them of 14 days. To analyze the behavior of plant height, over time, we used a regression analysis, whereas for yield and fruit quality we used an analysis of variance. When significant differences were found a comparison of means was performed using Fisher's least significant difference test (LSD) at 5 %. Analyses were performed using the SAS statistical software (Anonymous, 2004).

## RESULTS AND DISCUSSION

The macronutrient content was higher in C. However, the micronutrient content in VC was 1.1 times higher than that obtained by C (Table 1).

The growth dynamics of piquín pepper plants, in the different forms of fertilization evaluated, is shown in the linear regression equations (Table 3). The linear fit for all treatments was very acceptable, since r<sup>2</sup> ranged between 62 and 83 %. The treatments that promoted greater height through the crop cycle were F1 and F4, which were sta-

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido de macronutrientes fue mayor en el C. Sin embargo, el contenido de micronutrientes en el VC fue 1.1 veces mayor que lo obtenido por el C (Cuadro 1).

La dinámica de crecimiento de las plantas de chile piquín, en las diferentes formas de fertilización evaluadas, se muestra en las ecuaciones de regresión lineal (Cuadro 3). El ajuste lineal para todos los tratamientos resultó muy aceptable, ya que el  $r^2$  fluctúa entre 62 y 83 %. Los tratamientos que promovieron la mayor altura a través del ciclo de cultivo fueron F1 y F4, que resultaron estadísticamente iguales. Este resultado se puede atribuir al contenido de ácidos orgánicos, húmicos y fúlvicos, extraídos o producidos por los microorganismos presentes en el VC y en el té de VC que inducen el desarrollo vegetativo de las plantas (Arancon *et al.*, 2007). García *et al.* (2002) concluyeron que el té de C contenía un componente con estructura molecular y actividad biológica parecida a las auxinas. Por otra parte, se ha demostrado que el lixiviado de C contiene citocininas, derivadas de la hidrólisis de glucósidos cianogénicos por la enzima  $\beta$ -glucosidasa producida por los microorganismos (Arthur *et al.*, 2001). Aunque las fitohormonas o reguladores de crecimiento en el té de VC no se determinaron en el presente estudio, se sugiere que podrían jugar un papel importante en rendimiento y crecimiento de la planta.

tistically equal. This result is attributable to the content of organic, humic and fulvic acids, extracted or produced by microorganisms present in the VC and VC teas that induce the vegetative development of the plants (Arancon *et al.*, 2007). García *et al.* (2002) concluded that the tea of C contains a component with molecular structure and biological activity similar to the auxins. Moreover, it has been shown that the leaching of C contains cytokinins derived from the hydrolysis of cyanogenic glycosides by the enzyme  $\beta$ -glucosidase produced by microorganisms (Arthur *et al.*, 2001). Although the phytohormones or growth regulators in VC tea were not determined in this study, it is suggested that they could play an important role in yield and growth of the plant.

In this study we found no significant differences ( $P \leq 0.05$ ) for variables fruit length, number of fruits per plant, yield and average fruit weight (Table 4). The fact that the size and weight of fruits was not reduced in plants grown under organic fertilizer sources represents an important added value in the harvested product. Piquín pepper produced 392.10 fruits per plant, with an average weight of 0.52 g and a yield of 3.90 t·ha<sup>-1</sup>. The above results contrast with those reported by Sandoval-Rangel *et al.* (2011), who experimentally in open field obtained 433.18 fruits per plant with an average fruit weight of 0.3 g and a yield of 2.33 t·ha<sup>-1</sup>, by assessing the ecotype called Japanese .

**CUADRO 3. Ecuaciones de regresión para las fuentes de fertilización en relación con la altura de planta en chile piquín orgánico. Torreón, Coahuila, 2012.**

**TABLE 3. Regression equations for fertilization sources in relation to plant height in organic piquín pepper. Torreón, Coahuila, 2012.**

Tratamiento <sup>y</sup> Treatment <sup>y</sup>	Ecuación de Regresión <sup>z</sup> Equation of regression <sup>z</sup>	r <sup>2</sup>	Altura final (cm) Final height (cm)
F1	$y = 0.39742x - 13.17124$	0.78	55.58
F2	$y = 0.33664x - 11.60866$	0.63	46.63
F3	$y = 0.32525x - 9.33138$	0.76	46.94
F4	$y = 0.36471x - 9.04226$	0.83	54.05
F5	$y = 0.2186x - 5.88581$	0.62	31.93

<sup>y</sup>F1 = arena + solución nutritiva inorgánica; F2 = arena + té de VC al 2.5 % de concentración; F3 = arena + C (1:1 v:v) + té de VC al 2.5 % de concentración; F4 = arena + VC (1:1 v:v) + té de VC al 2.5 % de concentración; F5 = arena + C + t (2:1:1 v:v) + té de VC al 2.5 % de concentración; <sup>z</sup>y= altura; x = ddt. /

<sup>y</sup>F1 = sand + inorganic nutrient solution; F2 = sand + VC tea at 2.5 % concentration; F3 = sand + C (1:1 v:v) + VC tea at 2.5 % concentration; F4 = sand + VC (1:1 v:v) + VC tea at 2.5 % concentration; F5 = sand + C + t (2:1:1 v:v) + VC tea at 2.5 % concentration; <sup>z</sup>y= height; x = dat.

En el presente trabajo no se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) para las variables longitud de fruto, número de frutos por planta, rendimiento y peso de fruto promedio (Cuadro 4). El hecho de no haberse reducido el tamaño y peso de los frutos en las plantas desarrolladas bajo las fuentes de fertilización orgánicas representa un importante valor agregado en el producto cosechado. El chile piquín produjo 392.10 frutos por planta, con un peso promedio de 0.52 g y un rendimiento de 3.90 t·ha<sup>-1</sup>. Los resultados anteriores contrastan con lo reportado por Sandoval-Rangel *et al.* (2011), quienes de manera experimental en campo abierto obtuvieron 433.18 frutos por planta, con un peso promedio de fruto de 0.3 g y un rendimiento de 2.33 t·ha<sup>-1</sup>, al evaluar el ecotipo denominado Japonés.

The plants in the control treatment exceeded with 26.10, 9.05, 29.47 and 29.05 % the yield obtained in plants grown with treatments F2, F3, F4 and F5, respectively. However, the control treatment (F1) that used inorganic fertilizers for the preparation of the nutrient solution is not allowed in the regulations for organic production. The difference in yield obtained in the control, with respect to fertilization sources evaluated was referred by Cruz-Lázaro *et al.* (2010), who found higher yield in inorganic production systems. In this regard, Stanhill (1990) mentions that in organic agriculture yield is reduced from 10.0 to 30.0 % compared to conventional farming. However, the decrease in yield observed in the present work can be offset by the overprice that piquín pepper has in dry state, which is 10.0

Las plantas del tratamiento testigo superaron en 26.10, 9.05, 29.47 y 29.05 % al rendimiento obtenido en las plantas cultivadas con los tratamientos F2, F3, F4 y F5, respectivamente. Sin embargo, el tratamiento testigo (F1) que empleó fertilizantes inorgánicos para la preparación de la solución nutritiva no está permitido en la normativa para la producción orgánica. La diferencia en el rendimiento obtenido en el testigo, con respecto a las fuentes de fertilización evaluadas fue referido por de la Cruz-Lázaro *et al.* (2010), quienes encontraron mayor rendimiento en los sistemas de producción inorgánica. Al respecto, Stanhill (1990) menciona que en la agricultura orgánica el rendimiento se reduce entre 10.0 y 30.0 % respecto a la agricultura convencional. No obstante, la disminución en el rendimiento observada en el presente trabajo puede ser compensada por el sobreprecio que tiene el chile piquín en estado seco, que es 10.0 veces el precio del chile piquín en estado verde (Zamora *et al.*, 2006). Entre los tratamientos orgánicos, el tratamiento F3 produjo mayor rendimiento, seguido del tratamiento F2, los cuales tuvieron una media de 3.91 t·ha<sup>-1</sup>, es decir 298.98 % más que los 0.98 t·ha<sup>-1</sup> reportados para chile piquín producido a cielo abierto (Rodríguez *et al.*, 2004). No obstante, probablemente las mezclas evaluadas en el presente experimento no fueron las adecuadas y pudieron influir para no obtener mayor rendimiento en los tratamientos F4 y F5. Los resultados obtenidos con los tratamientos F3 y F2 concordaron con lo establecido por Atiyeh *et al.* (2000, 2001) y Arancon *et al.* (2010), quienes reportaron que los abonos orgánicos beneficiaron el desarrollo de tomate, lechuga y chile en invernadero, y que las diferencias detectadas en las variables evaluadas se relacionaron con el contenido de elementos minerales y el incremento de sus comunidades microbianas (Arancon *et al.*, 2004a). Las altas cantidades de elementos minerales contenidos en las fuentes orgánicas C, VC y té de VC pueden ser recomendadas en fertilización orgánica, como lo menciona Edwards *et al.* (2010).

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados de este estudio, el té de vermicompost en combinación con la mezcla de arena:compost, o sólo con arena, se considera una alternativa para la producción orgánica de chile piquín bajo condiciones de invernadero.

## LITERATURA CITADA

- ANÓNIMO. 2004. Statistical Analysis System. SAS User's Guide. Version 9.1. SAS Institute Inc. Cary N. C. USA.
- ARANCON, N.; EDWARDS, C. A.; WEBSTER, K. A.; BUCKERFIELD, J. C. 2010. The Potential of Vermicomposts as Plant Growth Media for Greenhouse Crop Production, pp. 103-128. In: Vermiculture Technology. Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management. EDWARDS, C. A.; ARANCON, N. Q.; SHERMAN, R. (eds.). CRC Press. Boca Raton, Florida, United States of America. doi: 10.1201/b10453-10

CUADRO 4. Valores promedio y diferencia estadística de las variables evaluadas en chile piquín, cultivado con abonos orgánicos bajo condiciones de invernadero. 2012.

TABLE 4. Mean values and statistical difference of the variables evaluated in piquín pepper grown using organic fertilizers under greenhouse conditions. 2012.

Tratamiento <sup>2</sup> / Tratamiento <sup>2</sup>	R/Y	NFP	PF/FW	L	DE/ED
	(t·ha <sup>-1</sup> )		(g)		(cm)
F1	4.75 a <sup>y</sup>	393.9 a	0.52 a	1.10 ab	0.84 b
F2	3.51 a	343.1 a	0.58 a	1.20 a	0.91 a
F3	4.32 a	473.5 a	0.50 a	1.14 ab	0.85 b
F4	3.35 a	383.9 a	0.49 a	1.05 b	0.84 b
F5	3.37 a	356.2 a	0.51 a	1.10 ab	0.88 ab
DMS/DMS	3.23	292.54	0.10	0.12	0.05

<sup>1</sup>Valores con la misma letra dentro de cada columna son estadísticamente iguales con la prueba DMS  $P \leq 0.05$ . <sup>2</sup>F1 = arena + solución nutritiva inorgánica (testigo); F2 = arena + té de VC al 2.5 % de concentración; F3 = arena + C (1:1 v:v) + té de VC al 2.5 % de concentración; F4 = arena + VC (1:1 v:v) + té de VC al 2.5 % de concentración; F5 = arena + compost + VC (2:1:1 v:v) + té de VC al 2.5 % de concentración. R = rendimiento; NFP = número de frutos por planta; PF = peso de fruto; L = longitud; DE = diámetro ecuatorial.

<sup>1</sup>Values with the same letter within each column are statistically equal to the LSD test  $P \leq 0.05$ . <sup>2</sup>F1 = sand + inorganic nutrient solution (control); F2 = sand + VC tea at 2.5 % concentration; F3 = sand + C (1:1 v:v) + VC tea at 2.5 % concentration; F4 = sand + VC (1:1 v:v) + VC tea at 2.5 % concentration; F5 = sand + compost + VC (2:1:1 v:v) + VC tea at 2.5 % concentration. Y = yield; NFP = number of fruits per plant; FW = fruit weight; L = length; ED = equatorial diameter.

times the price of piquín pepper in green state (Zamora *et al.*, 2006). Among the organic treatments, treatment F3 produced higher yields followed by treatment F2, which had a mean of 3.91 t·ha<sup>-1</sup>, i.e. 298.98 % more than 0.98 t·ha<sup>-1</sup> reported for piquín pepper grown in open field (Rodríguez *et al.*, 2004). However, probably the mixtures evaluated in this experiment were not appropriate and could influence not to gain higher yield in treatments F4 and F5. The results obtained with treatments F3 and F2 agreed with that established by Atiyeh *et al.* (2000, 2001) and Arancon *et al.* (2010), who reported that organic fertilizers benefited the developing of tomato, lettuce and peppers grown in greenhouse, and that the differences detected in the evaluated variables related to the content of mineral elements and the increase in the microbial communities (Arancon *et al.*, 2004a). The high amounts of mineral elements contained in the organic sources C, VC and VC tea can be recommended in organic fertilization, as mentioned by Edwards *et al.* (2010).

## CONCLUSIONS

According to the results of this study, vermicompost tea combined with the mixture of sand:compost, or just sand, is considered an alternative for organic production of piquín pepper under greenhouse conditions.

*End of English Version*

- ARANCON, N. Q.; EDWARDS, C. A.; ATIYEH, R.; METZGER, J. D. 2004a. Effects of vermicomposts produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. *Bioresource Technology* 93(2): 139-144. doi: 10.1016/j.biortech.2003.10.015
- 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(2): 145-153. doi: 10.1016/j.biortech.2003.10.014
- ARANCON, N. Q.; EDWARDS, C. A.; DICK, R.; DICK, L. 2007. Vermicompost tea production and plant growth impacts. *Biocycle* 48(11): 51-52. [http://growingsolutions.com/shop/images/bc0711\\_51.pdf](http://growingsolutions.com/shop/images/bc0711_51.pdf)
- ARGÜELLO, J. A.; LEDESMA, A.; NÚÑEZ, S. B.; RODRÍGUEZ, C. H.; GOLDFARB, M. D. D. 2006. Vermicompost effects on bulbing dynamics, nonstructural carbohydrate content, yield, and quality of 'Rosado paraguay' garlic bulbs. *Hortscience* 41(3): 589-592. <http://hortsci.ashspublications.org/content/41/3/589.full.pdf>
- ARTHUR, G. D.; JÄGER, A. K.; VAN STADEN, J. 2001. The release of cytokinin-like compounds from *Ginkgo biloba* leaf material during composting. *Environmental and Experimental Botany* 45(1): 55-61. doi: 10.1016/S0098-8472(00)00080-0
- ATIYEH, R. M.; ARANCON, N.; EDWARDS, C. A.; METZGER, J. D. 2000. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Bioresource Technology* 75(3): 175-180. doi: 10.1016/S0960-8524(00)00064-X
- 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. *Bioresource Technology* 78(1): 11-20. doi: 10.1016/S0960-8524(00)00172-3
- AYERS, R. S.; WESTCOT, W. D. 1994. Water Quality for Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italia. 174 p. <http://www.fao.org/docrep/003/t0234e/t0234e00.htm>
- BANSAL, S.; KAPOOR, K. K. 2000. Vermicomposting of crop residues and cattle dung with *Eisenia foetida*. *Bioresource Technology* 73(2): 95-98. doi: 10.1016/S0960-8524(99)00173-X
- CAPULÍN-GRANDE, J.; NÚÑEZ-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. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60913103>
- CASTELLANOS, J. Z.; OJODEAGUA, J. L. 2009. Formulación de la solución nutritiva, pp. 103-123. In: *Manual de Producción Hortícola en Invernadero*. CASTELLANOS, J. Z. (ed.). INTAGRI. México.
- CHAOUI, H. I.; ZIBILSKÉ, L. M.; OHNO, T. 2003. Effects of earthworm casts and compost on soil microbial activity and plant nutrient availability. *Soil Biology and Biochemistry* 35(2): 295-302. doi: 10.1016/S0038-0717(02)00279-1
- DE LA CRUZ-LÁZARO, E.; OSORIO-OSORIO, R.; MARTÍNEZ-MORENO, E.; LOZANO R., A. J.; GÓMEZ-VÁZQUEZ, A.; SÁNCHEZ-HERNÁNDEZ, R. 2010. Use of composts and vermicomposts for organic production of tomato in greenhouses. *Interciencia* 35(5): 363-368. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33913153008>
- EDWARDS, C. A.; ASKAR, A. M.; VASKO-BENNETT, M.; ARANCON, N. 2010. The Use and Effects of Aqueous Extracts from Vermicomposts or Teas on Plant Growth and Yields, pp. 235-248. In: *Vermiculture Technology. Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management*. EDWARDS, C. A.; ARANCON, N. Q.; SHERMAN, R. (eds.). CRC Press. Boca Raton, Florida, United States of America. doi: 10.1201/b10453-16.
- FORERO, M. D.; QUIJANO, C. E.; PINO, J. A. 2009. Volatile compounds of chile pepper (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*) at two ripening stages. *Flavour and Fragrance Journal* 24(1): 25-30. doi: 10.1002/ffj.1913
- GARCÍA M., I.; CRUZ S., F.; LARQUÉ S., A.; SOTO H., M. 2002. Extraction of auxin-like substances from compost. *Crop Research-Hisar* 24(2): 323-327.
- GUTIERREZ-MICELI, F. A.; SANTIAGO-BORRAZ, J.; MONTES M., J. A.; NAFATE, C. C.; ABUD-ARCHILA, M.; OLIVA LL., M. A.; RINCON-ROSALES, R.; DENDOOVEN, L. 2007. Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Bioresource Technology* 98(15): 2781-2786. doi: 10.1016/j.biortech.2006.02.032
- LÓPEZ-ESPINOSA, S. T.; MORENO-RESÉNDEZ, A.; CANO-RÍOS, P.; RODRÍGUEZ-DIMAS, N.; ROBLEDO-TORRES, V.; MÁRQUEZ-QUIROZ, C. 2013. Organic fertilization: An alternative to produce jalapeño pepper under greenhouse conditions. *Emirates Journal of Food and Agriculture* 25(9): 666-672. doi: 10.9755/ejfa.v25i9.15979.
- MÁRQUEZ-HERNÁNDEZ, C.; CANO-RÍOS, P.; CHEW-MADINAVEITIA, Y. 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. <http://www.chapingo.mx/revistas/viewpdf/?id=MTA2NQ==>
- PAGÁN, I.; BETANCOURT, M.; MIGUEL, J.; PIÑERO, D.; FRAILE, A.; GARCÍA-ARENAL, F. 2010. Genomic and biological characterization of chiltepin yellow mosaic virus, a new tymovirus infecting *Capsicum annuum* var. *aviculare* in Mexico. *Archives of Virology* 155(5): 675-684. doi: 10.1007/s00705-010-0639-7
- RODRÍGUEZ B., L. A. 2005. Preferencia del consumidor por el chile piquín en comparación con otros chiles en el noreste de México. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 11(2): 279-281. <http://www.chapingo.mx/revistas/viewpdf/?id=MTAyOA==>
- RODRÍGUEZ B., L. A.; RAMÍREZ M., M.; POZO C., O. 2004. Tecnología de Producción de Chile Piquín en el Noreste de México. Campo Experimental Rio Bravo. Folleto Técnico Núm. 29. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias-Centro de Investigación Regional del Noreste. Tamaulipas, México. 33 p. <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1013/26.pdf?sequence=1>

- RODRÍGUEZ-DIMAS, N.; CANO-RÍOS, P.; FAVELA CHÁVEZ, E.; FIGUEROA-VIRAMONTES, U.; 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. <http://www.chapingo.mx/revistas/viewpdf/?id=MTA5OQ==>
- RUEDA-PUENTE, E. O.; MURILLO-AMADOR, B.; CASTELLANOS-CERVANTES, T.; GARCÍA-HERNÁNDEZ, J. L.; TARAZÓN-HERRERA, M. A.; MORENO M., S.; GERLACH B., L. E. 2010. Effects of plant growth promoting bacteria and mycorrhizal on *Capsicum annuum* L. var. *aviculare* ([Dierbach] D'Arcy and Eshbaugh) germination under stressing abiotic conditions. *Plant Physiology and Biochemistry* 48(8): 724-730. doi: 10.1016/j.plaphy.2010.04.002
- SANDOVAL-RANGEL, A.; BENAVIDES-MENDOZA, A.; ALVARADO-VÁZQUEZ, M.; FOROUGHBAKHCH-POURNAVAB, R.; NÚÑEZ-GONZÁLEZ, M. A.; ROBLEDO-TORRES, V. 2011. Influencia de ácidos orgánicos sobre el crecimiento, perfil bromatológico y metabolitos secundarios en chile piquín. *Terra Latinoamericana* 29(4): 395-401. <http://www.chapingo.mx/terra/download.php?file=completo&id=Mjk0Mzk1>
- STANHILL, G. 1990. The comparative productivity of organic agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 30(1-2): 1-26. doi: 10.1016/0167-8809(90)90179-H
- STEFFEN, G. P. K.; ANTONIOLLI, Z. I.; STEFFEN, R. B.; MACHADO, R. G. 2010. Casca de arroz e esterco bovino como substratos para a multiplicação de minhocas e produção de mudas de tomate e alface. *Acta Zoológica Mexicana* 26(ESP2): 333-343. <http://www1.inecol.edu.mx/azm/AZM26-esp%282010%29/AZM-Esp-25-Steffen%20et%20al.pdf>
- ZAMORA, E.; AYALA, S.; GUERRERO, C.; MARTÍNEZ, D.; RIVAS, F. 2006. (19) The Dry Piquin Chili as a Potential and Natural Industry in Sonora, Mexico. *HortScience* 41(4): 1064-1065. <http://hortsci.ashspublications.org/content/41/4/1064.5.full.pdf>