

## Sustratos orgánicos en la producción de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) y su calidad fitoquímica\*

### Organic substrates in the production of basil (*Ocimum basilicum* L.) and its phytochemical quality

Cirilo Vázquez-Vázquez<sup>1</sup>, Georgina Ixtacchuatl Ojeda-Mijares<sup>2</sup>, Manuel Fortis-Hernández<sup>3,8</sup>, Pablo Preciado-Rangel<sup>3</sup> y Jacob Antonio-González<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Agricultura y Zootecnia-Universidad Juárez del estado de Durango (UJED). Gómez Palacio, Durango. Tel: 871 7118918. (civaz60@hotmail.com). <sup>2</sup>Facultad de Ciencias Forestales-Universidad Juárez del estado de Durango (UJED). Durango, Dgo. Tel: 871 7118918. (gina\_ojeda592003@yahoo.com.mx). <sup>3</sup>Instituto Tecnológico de Torreón. Carretera Torreón-San Pedro. A. P. 42, km 7.5, Torreón, Coahuila, México. C. P. 27070. Tel. 8717507199. (ppreciador@yahoo.com.mx). <sup>4</sup>Dirección General de Educación Tecnológica Agropecuaria. (DGETA-BEDR 122). Nezahualcōyotl Núm. 110. Palacio Municipal, Colonia Centro. Texcoco, Estado de México. Tel: 595 1065738. (Jacob\_antonio@yahoo.com). <sup>8</sup>Autor para correspondencia: fortismanuel@hotmail.com.

#### Resumen

El objetivo del presente estudio fue evaluar el rendimiento y la calidad fitoquímica de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) en diferentes sustratos orgánicos bajo condiciones de malla sombra. Se evaluaron los abonos orgánicos; vermicompost (VER), compost (COM) y estiércol solarizado (ES), mezclados en diferentes proporciones con arena (A), piedra pómez (P) y suelo agrícola (S). Se utilizaron seis tratamientos con cuatro repeticiones en un diseño experimental completamente al azar. Los tratamientos fueron: T<sub>1</sub>, arena + estiércol solarizado (80:20); T<sub>2</sub>, arena + estiércol solarizado + suelo (80:15:5); T<sub>3</sub>, arena + vermicompost (80:20); T<sub>4</sub>, arena + compost mineralizada (80:20); T<sub>5</sub>, arena + vermicompost + suelo (80:15:5) y T<sub>6</sub> (testigo), arena + piedra pómez (80:20), con solución Steiner. Se evaluaron cuatro cortes a los 30, 71, 139 y 179 días después del trasplante, se determinó el índice de área foliar (IAF), peso fresco de hoja (PFH), peso seco de hoja (PSH), peso fresco de tallo (PFT) y peso seco de tallo (PST), así como fenoles totales y capacidad antioxidante. En los sustratos se determinaron parámetros físicos y químicos. Los resultados mostraron diferencias significativas (Tukey;  $p \leq 0.05$ ) para rendimiento, IAF, PSH, fenoles totales y capacidad antioxidante. El contenido fenólico de las hojas de albahaca

#### Abstract

The objective of this study was to evaluate the yield and quality of phytochemical of basil (*Ocimum basilicum* L.) in different organic substrates under conditions of shade cloth. Organic fertilizers were evaluated; vermicompost (VER), compost (COM) and solarized manure (ES), mixed in different proportions with sand (A), pumice (P) and agricultural land (S). Six treatments with four replications were used in a completely randomized experimental design. The treatments were: T<sub>1</sub>, sand + solarized dung (80:20); T<sub>2</sub> sand + solarized dung + soil (80: 15: 5); T<sub>3</sub>, sand + vermicompost (80:20); T<sub>4</sub>, sand + mineralized compost (80:20); T<sub>5</sub>, sand + vermicompost + soil (80: 15: 5) and; T<sub>6</sub> (control) sand + pumice (80:20), with Steiner solution. Four cuts were made at 30, 71, 139 and 179 days after transplantation, the leaf area index was determined (LAI), fresh leaf weight (PFH), dry leaf weight (PSH), fresh stem weight ( PFT) and dry stem weight (PST) as well as the total phenols and antioxidant capacity. Substrates in physical and chemical parameters were determined. The results showed significant differences (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) for yield, IAF, PSH, total phenols and antioxidant capacity. The phenolic content of the basil leaves were significantly

\* Recibido: julio de 2015

Aceptado: noviembre de 2015

presentaron diferencias significativas, con valores de 62.42 y 41.55 mg equiv. de Ac. Gálico 100 g en peso seco para T<sub>6</sub> y T<sub>2</sub>, respectivamente. Para la capacidad antioxidante método ABTS<sup>+</sup> se encontró diferencia significativa con valores de 156.43 y 101.86 (μM equiv Trolox / 100 g PF) obteniendo el mayor valor el T<sub>3</sub> y el menor T<sub>2</sub>, respectivamente. Estos tratamientos orgánicos obtuvieron el mayor contenido fenólico y capacidad antioxidante, los cuales resultaron similares a la calidad fitoquímica del producto obtenido bajo fertilización tradicional (solución Steiner), lo cual indica la factibilidad de los tratamientos orgánicos por su bajo costo en la implementación de la producción orgánica de albahaca en malla sombra.

**Palabras clave:** *Ocimum basilicum* L., antioxidantes, fenoles, solarización, vermicompost.

## Introducción

En los últimos años el interés por las hierbas aromáticas se ha incrementado debido a las características aromáticas, terapéuticas y de conservación que tienen estas plantas (Sangwan *et al.*, 2001). Recientemente también han sido identificadas como valiosa fuente de diversos fitoquímicos, mucho de los cuales poseen actividad antioxidante significativa. Una especie de este tipo de plantas es la albahaca (*Ocimum basilicum* L.), pues su aceite esencial se utiliza ampliamente en los alimentos, perfumería y las industrias médicas. También se considera como una fuente de compuestos de aroma y posee una gama de actividades biológicas, así como propiedades antioxidantes (Lee, 2005).

La albahaca se cultiva en un gran número de países por sus cualidades medicinales, aromáticas, ornamentales y melíferas. Su esencia es utilizada en la industria de perfumería y cosméticos y como aromatizante de vinagre, vegetales en conserva y mostaza (Cheping, 1993). En México, durante los últimos años se ha incrementado el consumo de esta hierba, tanto en la condimentación de comidas como en forma de infusiones con fines terapéuticos.

La albahaca se cultiva en climas con una temperatura entre 7 y 27 °C, con un pH del suelo que oscile desde 4.3 hasta 8.2. La especie se desarrolla mejor en días largos, a pleno sol. Se puede sembrar directamente o trasplantar al campo (Kintzios y Makri, 2007). Dado al gran auge de este cultivo ha implicado que se tenga que enfrentar a diferentes condiciones climáticas y edáficas. Sin embargo, la información acerca

different, with values of 62.42 and 41.55 mg equiv. Ac. Gallic 100 g in dry weight for T<sub>6</sub> and T<sub>2</sub>, respectively. For the antioxidant capacity method ABTS<sup>+</sup> significant difference was found with values of 156.43 and 101.86 (μM equiv Trolox / 100 g PF) obtaining the highest value T<sub>3</sub> and the lowest T<sub>2</sub>. These organic treatments obtained the highest phenolic content and antioxidant capacity, which were similar to the phytochemical quality of the product obtained under traditional fertilization (Steiner solution), indicating the feasibility of organic treatments for their low cost for implementing of the basil organic production in shade cloth.

**Keywords:** *Ocimum basilicum* L., antioxidants, phenols, solarization, vermicompost.

## Introduction

In recent years, interest in aromatic herbs has increased due to their aromatic, therapeutic and conservation characteristics that these plants have (Sangwan *et al.*, 2001). Recently, they have also been identified as a valuable source of many phytochemicals, many of which have significant antioxidant activity. A species of these plants is basil (*Ocimum basilicum* L.), for its essential oil is widely used in food, perfumery and medical industries. It is also considered as a source of aroma compounds and has a range of biological activities as well as antioxidant properties (Lee, 2005).

Basil is grown in many countries for its medicinal, aromatic, ornamental and honey qualities. Its essence is used in perfumery industry and cosmetics and as flavouring for vinegar, canned vegetables and mustard (Cheping, 1993). In Mexico, during the last years has increased the consumption of this herb in both flavouring meals, and infusions with therapeutic purposes.

Basil is grown in climates with temperatures between 7 and 27 °C, with soil pH ranging from 4.3 to 8.2. The species does best in long days in the sun. It can be sown directly or transplanted into the field (Kintzios and Makri, 2007). Since the boom of this crop has meant that it has to face different climatic and soil conditions. However, information about their nutritional requirements according to each area of production and cultivation is scarce. It is well known that fertilization of a plant affects its production, in the case of

de sus requerimientos nutricionales de acuerdo a cada zona de producción como cultivo es escasa. Es bien sabido que la fertilización de una planta influye en su producción, en el caso de la albahaca merece mayor atención debido a que las partes que se usan generalmente son las hojas y tallos. La calidad y producción dependerá entonces de las condiciones del medio donde se produzcan. La fertilización debe tener una relación de NPK de 1-1-1. Para suplir los requerimientos nutricionales de la planta se recomienda una aplicación de 250 - 500 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno (Kintzios y Makri, 2007).

Una alternativa a los fertilizantes convencionales son los abonos orgánicos ya que permiten reemplazar la utilización de recursos no renovables y transformar en sustrato aprovechable desechos orgánicos que eventualmente contaminan el medio ambiente. De este modo se favorece el crecimiento de las plantas a través de un aporte de micro y macronutrientes que de otra forma deberían ser incorporados mediante fertilización química (Atiyeh *et al.*, 2000b). Entre las fuentes orgánicas más utilizadas están el compost, vermicompost y estiércol solarizado en mezclas de sustratos orgánicos (Rippy *et al.*, 2004; Vázquez *et al.*, 2012; Márquez-Hernández *et al.*, 2013; Fortis *et al.*, 2014). El uso de estos abonos orgánicos conlleva una mejora en las propiedades físicas y químicas de los sustratos, lo cual se refleja en un mejor desarrollo del cultivo.

Además, el uso de materiales orgánicos previamente tratados como el estiércol solarizado o vermicompost serían una excelente alternativa para la producción de hortalizas orgánicas con mayor contenido fitoquímico. Bansal y Kapoor (2000), señalan que utilizar en la elaboración de abonos orgánicos el estiércol bovino a través de *Eisenia foetida* contribuye a mantener una biodiversidad de organismos y se puede encontrar una buena relación carbono/nitrógeno.

La vermicompostes el producto de una serie de transformaciones bioquímicas y microbiológicas que sufre la materia orgánica al pasar a través del tracto digestivo de las lombrices (De la Cruz-Lázaro *et al.*, 2009). Como sustrato permite satisfacer la demanda nutritiva de los cultivos hortícolas en invernadero y reduce significativamente el uso de fertilizantes sintéticos. Además, vermicompost contiene sustancias activas que actúan como reguladores de crecimiento, elevan la capacidad de intercambio catiónico (CIC), tiene alto contenido de ácidos húmicos, y aumenta la capacidad de retención de humedad y la porosidad, lo que facilita la aireación, drenaje del suelo y los medios de crecimiento (Atiyeh *et al.*, 2000a, 2000b; Moreno *et al.*, 2005).

Basil deserves more attention because the parts used are generally the leaves and stems. The quality and production will then depend on the environmental conditions where they occur. Fertilization must have a NPK ratio of 1-1-1. In order to meet the nutritional requirements of the plant, an application is recommended of 250 - 500 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen (Kintzios and Makri, 2007).

An alternative to conventional fertilizers and organic fertilizers to replace the use of nonrenewable resources and transform organic waste into useful soil that eventually pollute the environment. Thus the plant growth is promoted by a contribution of micro and macronutrients which otherwise should be incorporated by chemical fertilization (Atiyeh *et al.*, 2000b). Among the organic sources used is compost, manure vermicompost and solarized in mixtures of organic substrates (Rippy *et al.*, 2004; Vázquez *et al.*, 2012; Márquez-Hernández *et al.*, 2013; Fortis *et al.*, 2014). The use of these organic fertilizers leads to an improvement in the physical and chemical properties of the substrates, which is reflected in a better crop development.

Furthermore, the use of organic materials previously treated as solarized manure or vermicompost would be an excellent alternative for the production of organic vegetables with more phytochemical content. Bansal and Kapoor (2000) show that using the manufacture of organic fertilizers, bovine manure through *Eisenia foetida* helps maintain biodiversity of organisms and can find a good carbon/nitrogen ratio.

Vermicompost is the product of a series of biochemical and microbiological transformations occurring in the organic matter to pass through the digestive tract of earthworms (De la Cruz-Lázaro *et al.*, 2009). The substrate can meet the nutritional demand of horticultural crops in greenhouses and significantly reduces the use of synthetic fertilizers. Furthermore, vermicompost contains active substances that act as growth regulators, raise the cation exchange capacity (CEC), have high humic acid content, and increases the moisture holding capacity and porosity, which facilitates aeration, drainage soil and growth medium (Atiyeh *et al.*, 2000a, 2000b; Moreno *et al.*, 2005).

For more detailed information on the use of organic substrates and give proper value to the large amount of organic waste, such as cattle manure produced in the Laguna region, this study aims to evaluate the production

Para obtener información más detallada del uso de sustratos orgánicos y dar utilidad apropiada a la gran cantidad de desechos orgánicos, como el estiércol bovino producido en la Comarca Lagunera, el presente trabajo pretende evaluar la producción y calidad fitoquímica del cultivo de albahaca producida con mezclas de abonos orgánicos bajo condiciones de malla sombra.

## Materiales y métodos

El trabajo se realizó en malla sombra en 2014 en el Instituto Tecnológico de Torreón (ITT), localizado en la antigua Carretera Torreón - San Pedro, km. 7.5 del municipio de Torreón, Coahuila.

Los factores de estudio fueron cinco mezclas de sustratos orgánicos elaborados a partir de estiércol solarizado (ES), vermicompost (VER), compost mineralizado (COM), piedra pómez (P), arena (A) y suelo agrícola (S). Las mezclas de los sustratos se formulan en base a volumen (v/v), quedando de la siguiente manera: T<sub>1</sub>= arena 80% + estiércol solarizado 20%; T<sub>2</sub>= arena 80% + estiércol solarizado 15% + tierra 5%; T<sub>3</sub>= arena 80% + vermicompost 20%; T<sub>4</sub>= arena 80% + compost mineralizado 20%; T<sub>5</sub>= arena 80% + vermicompost 15% + tierra 5% y T<sub>6</sub>= arena 80% + piedra pómez 20% (testigo con solución nutritiva Steiner). El tratamiento de fertilización química aplicado fue la solución Steiner (1984), se preparó usando fertilizantes comerciales altamente solubles, se ajustó a un pH de 5.5 con ácido sulfúrico (Capulín-Grande *et al.*, 2011), y la conductividad eléctrica (CE) de 2 dS m<sup>-1</sup> aforando con agua (Carballo *et al.*, 2009).

and phytochemical basil crop quality produced with mixtures of organic fertilizers under conditions of shade cloth.

## Materials and methods

The work was conducted in 2014 at the Technological Institute of Torreón (ITT), located on the old road Torreón - San Pedro, km. 7.5 the of the municipality of Torreón, Coahuila.

The factors under study were five mixtures of organic substrates made from solarized dung (ES), vermicompost (VER), mineralized compost (COM), pumice (P), sand (A) and agricultural land (S). Mixtures of substrates are made on a volume basis (v/v), being as follows: T<sub>1</sub>= sand 80% + 20% solarized manure; T<sub>2</sub>= sand 80% + solarized dung 15% + dirt 5%; T<sub>3</sub>= sand 80% + 20% vermicompost; T<sub>4</sub> = sand 80% + 20% mineralized compost; T<sub>5</sub>= sand 80% + 15% vermicompost + dirt 5% and T<sub>6</sub>= sand 80% + 20% pumice (control with Steiner nutrient solution). The treatment of chemical fertilizer applied was the Steiner solution (1984), prepared using highly soluble commercial fertilizers, adjusted to pH 5.5 with sulphuric acid (Capulín-Grande *et al.*, 2011), and the electrical conductivity (EC) of 2 dS m<sup>-1</sup> measuring with water (Carballo *et al.*, 2009).

The evaluated material was the Genovese basil Variety "Nuffar". It was planted in a baking seedbed using peat moss. Transplantation to substrates was performed at 20 days after planting (DAP) when the seedling tray had developed 2 to 3 true leaves.

### Cuadro 1. Composición química de estiércol solarizado y vermicompost.

Table 1. Chemical composition of solarized dung and vermicompost.

Nutrimiento	E. solarizado	Vermicompost
		------(%)-----
N	1.25	2.62
P	0.64	0.84
K	2.75	3.02
Ca	5.30	5.61
Mg	1.07	1.10
		----- mg kg <sup>-1</sup> -----
Fe	0.83	0.96
Mn	0.030	0.053
Zn	0.017	0.099
Cu	0.006	0.007

Fuente: análisis realizados en la Cooperativa de la Comarca Lagunera (2014).

El material evaluado fue la albahaca genovesa Variedad "Nuffar". Se sembró en una charola para almácigo usando peat moss. El trasplante a los sustratos se realizó a los 20 días después de la siembra (dds) cuando las plántulas desarrolladas en charola ya presentaban de 2 a 3 hojas verdaderas.

Las plántulas de albahaca fueron colocadas en bolsas de plástico de polietileno calibre 800 color negro de 10 k de capacidad; fue colocada una plántula/maceta; éstas fueron distribuidas en doble hilera con una separación de 30 cm a una densidad de población de 4 plantas  $m^{-2}$ . El riego de las plantas fue realizado dos veces al día, con un volumen de 0.500 litros maceta  $día^{-1}$  desde el trasplante hasta la cosecha. En el caso del tratamiento testigo el criterio de riego fue aplicar la solución nutritiva siempre controlando regar con un pH de 5 y una conductividad eléctrica de 2  $dS m^{-1}$ . Fueron empleados productos orgánicos para control de mosquita blanca, como aceite vegetal de Neem y extracto de ajo a razón de 5  $cm^3$  por litro de agua.

Se realizó análisis físico y químico para determinar capacidad de intercambio catiónico (CIC), capacidad de campo (CC), densidad aparente (Da), potencial de hidrógeno (pH), materia orgánica (MO), nitratos ( $N-NO_3^-$ ), carbonato de calcio ( $CaCO_3$ ), conductividad eléctrica (CE), relación de adsorción de sodio (RAS) y porcentaje de sodio intercambiable (PSI), estas determinaciones se realizaron en muestras obtenidas al inicio y al término del estudio.

Variables evaluadas en planta. Rendimiento ( $kg m^{-2}$ ). En cada fecha de corte (30, 71, 139 y 179 días de trasplante) las muestras frescas de hojas y de tallo se pesaron, se secaron y se repitió el pesaje, para obtener así los datos de peso fresco de hoja (PFH), peso seco de hoja (PSH), peso fresco de tallo (PFT), peso seco de tallo (PST) y el índice de área foliar (IAF). Se evaluó la calidad nutracéutica (contenido fenólico y capacidad antioxidante por el ABTS+).

Extracto de obtención. Cinco gramos de la muestra (hojas de albahaca fresca) se mezclaron con 10 ml de metanol en un tubo de plástico tapón de rosca, que se colocaron en un agitador (ATR Inc., EU) durante 6 h (20 rpm) a 5 °C. Los tubos se centrifugaron a 3000 rpm durante 10 min, y el sobrenadante se extrajo para pruebas analíticas.

Contenido de fenólicos totales. El contenido fenólico total se midió usando una modificación del método Folin-Ciocalteu (Esparza- Rivera *et al.*, 2006). Se mezclaron 300  $\mu l$  de muestra y se le agregaron 1.080 ml de agua destilada y 120

## Cuadro 2. Formulación de la solución nutritiva utilizada en el experimento.

Table 2. Formulation of the nutrient solution used in the experiment.

Nutrientes	Concentración
Aniones	meq $L^{-1}$
NO <sub>3</sub>	12
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1
SO <sub>4</sub>	7
Cationes	7
K	
Ca	9
Mg	4
Fe	2.00
Mn	0.70
Cu	0.02
Zn	0.09
B	0.50
Mo	0.05

Fuente: elaboración basada en metodología de Steiner (1984).

Basil seedlings were placed in black plastic bags gauge 800 mad of 10 k capacity; placed a seedling/pot; distributed in two rows with a spacing of 30 cm at a density of population of 4 plants  $m^{-2}$ . The watering of plants was made twice a day, with a volume of 0.500 liters-pot  $day^{-1}$  from transplanting to harvest. For the control treatment, the irrigation criterion was to apply the nutrient solution to water while controlling pH of 5 and an electrical conductivity of 2  $dS m^{-1}$ . Organic products were used for whitefly control, as Neem vegetal oil and garlic extract at 5  $cm^3$  per liter of water.

Physical and chemical analysis were performed to determine the cation exchange capacity (CEC), field capacity (CC), bulk density (Da), hydrogen potential (pH), organic matter (OM), nitrate ( $N-NO_3^-$ ), calcium carbonate ( $CaCO_3$ ), electrical conductivity (EC), sodium adsorption ratio (SAR) and exchangeable sodium percentage (PSI), these determinations were performed on samples obtained at the beginning and end of the study.

Variables evaluated on the plant. Yield ( $kg m^{-2}$ ). At each cutting date (30, 71.139 and 179 days of transplantation) fresh samples of leaves and stems were weighed, were dried and weighing was repeated to obtain the data of fresh leaf weight (PFH), dry weight of the leaf (PSH), fresh weight of stem (PFT), dry weight of stem (PST) and the leaf area index (IAF). Nutraceutical quality was also evaluated (phenolic content and antioxidant capacity by the ABTS+).

$\mu\text{l}$  de reactivo Folin-Ciocalteu (Sigma-Aldrich, St. Louis MO, EU), agitando en vórtex durante 10 s. Después de 10 min se añadieron 0.9 ml de carbonato de sodio (7.5% p/v) agitándose durante 10 s. La solución fue dejada en reposo a temperatura ambiente por 30 min, y luego fue leída su absorbancia a 765 nm en un espectrofotómetro HACH 4000. El contenido fenólico se calculó mediante una curva patrón usando ácido gálico (Sigma, St. Louis, Missouri, EU) como estándar, y los resultados se reportaron en mg de ácido gálico equivalente por g de muestra base seca (mg equiv AG  $\text{g}^{-1}$  BS). Los análisis se realizaron por triplicado.

Capacidad antioxidante equivalente en Trolox (método ABTS<sup>+</sup>). La capacidad antioxidante equivalente en Trolox se evaluó de acuerdo al método *in vitro* ABTS<sup>+</sup> publicado por Esparza Rivera *et al.* (2006). Se preparó una solución de ABTS<sup>+</sup> con 40 mg de ABTS (Aldrich, St. Louis, Missouri, EU) y 1,5 g de dióxido de manganeso (Fermont, Nuevo León, México) en 15 ml de agua destilada. La mezcla fue agitada vigorosamente y se dejó reposar cubierta durante 20 min. Luego, la solución se filtró en papel Whatman 40 (GE Healthcare UK Limited, Little Chalfont, Buckinghamshire, Reino Unido), y la absorbancia se ajustó a  $0.700 \pm 0.010$  a una longitud de onda de 734 nm utilizando solución fosfato buffer 5 mM. Para la determinación de capacidad antioxidante se mezclaron 100  $\mu\text{l}$  de muestra y 1 ml de solución ABTS<sup>+</sup>, y después de 60 y 90 segundos de reacción se leyó la absorbancia de la muestra a 734 nm. Se preparó una curva estándar con Trolox (Aldrich, St. Louis, Missouri, EU), y los resultados se reportaron como capacidad antioxidante equivalente en  $\mu\text{M}$  equivalente en Trolox por g base seca ( $\mu\text{M}$  equiv Trolox  $\cdot \text{gm}^{-1}$  BS). Los análisis se realizaron por triplicado.

El diseño experimental fue completamente al azar; considerando cuatro repeticiones. Los análisis estadísticos de Anova y prueba de comparación de medias se realizaron con el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System) Versión 9.1, utilizando prueba de Tukey al 5% de significancia ( $p \leq 0.05$ ).

## Resultados y discusión

En el análisis estadístico para la variable índice de área foliar (IAF) de *Ocimum basilicum* L. se muestra una diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre el testigo ( $T_0$ ) y el resto de los tratamientos, con un promedio de los cuatro cortes de 4981.6 g (Figura 1). El IAF disminuye en todos los tratamientos

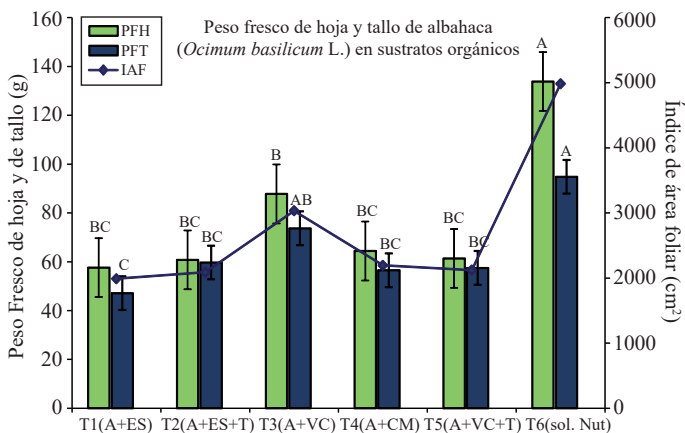
Obtaining extract. Five grams of the sample (fresh basil leaves) were mixed with 10 ml of methanol in a plastic screw cap tube, that were placed on a shaker (ATR Inc., USA) during 6 h (20 rpm) at 5 °C. The tubes were centrifuged at 3000 rpm for 10 min, and the supernatant was removed for analytical testing.

Total phenolic content. The total phenolic content was measured using a modified version of the method Folin-Ciocalteu (Esparza-Rivera *et al.*, 2006). 300  $\mu\text{l}$  of sample were mixed and were added with 1 080 ml of distilled water and 120  $\mu\text{l}$  of Folin-Ciocalteu (Sigma-Aldrich, St. Louis MO, USA), shaking a vortex for 10 s. After 10 min we added 0.9 ml of sodium carbonate (7.5% w/v) shaking it for 10 s. The solution was left standing at room temperature for 30 min, and then its absorbance was read at 765 nm on a HACH 4000 spectrophotometer. The phenolic content was calculated using a standard curve using acid Gallic (Sigma, St. Louis, Missouri, USA) as a standard, and the results are reported in mg of Gallic acid equivalent per g of sample on dry base (Mg equiv AG  $\text{g}^{-1}$  BS). The analyses were performed in triplicate.

Antioxidant capacity equivalent in Trolox (Method ABTS<sup>+</sup>). The antioxidant capacity equivalent in Trolox was evaluated according to the method *in vitro* ABTS<sup>+</sup> published by Esparza-Rivera *et al.* (2006). We prepared a ABTS<sup>+</sup> solution with 40 mg of ABTS (Aldrich, St. Louis, Missouri, USA) and 1.5 g of manganese dioxide (Fermont, Nuevo Leon, Mexico) in 15 ml of distilled water. The mixture was shaken vigorously and allowed to stand still covered for 20 min. Then, the solution was filtered on a Whatman 40 paper (GE Healthcare UK Limited, Little Chalfont, Buckinghamshire, UK) and the absorbance was adjusted to  $0.700 \pm 0.010$  at a wavelength of 734 nm using 5 mM of phosphate buffer solution. For the determination of antioxidant capacity we mixed 100  $\mu\text{l}$  of sample and 1 ml of ABTS<sup>+</sup> solution and after 60 and 90 seconds of reaction the sample absorbance was read at 734 nm. A standard curve with Trolox was prepared (Aldrich, St. Louis, Missouri, USA), and the results were reported as equivalent antioxidant capacity in  $\mu\text{M}$  also equivalent in Trolox per g on dry basis ( $\mu\text{M}$  equiv Trolox  $\cdot \text{gm}^{-1}$  BS). Analyses were performed in triplicate.

The experimental design was completely random; considering four replications. ANOVA and mean comparison test were performed using SAS (Statistical Analysis System) version 9.1, using Tukey test at 5% significance ( $p \leq 0.05$ ).

en el último corte pero se conserva la tendencia. La tasa de crecimiento de las hojas depende de la masiva e irreversible expansión de células jóvenes, las cuales, son producidas por la división celular en los tejidos meristemáticos (Carranza *et al.*, 2009). El IAF, ha sido directamente relacionado con la cantidad de clorofila, es un parámetro importante para estimar la habilidad de la planta para sintetizar materia seca (Warnock *et al.*, 2006).



**Figura 1. Determinación del índice de área foliar (IAF), peso fresco de hoja (PFH) y el peso fresco de tallo (PFT) en el cultivo de albahaca producido en sustratos orgánicos en malla sombra.**

**Figure 1. Determination of the leaf area index (LAI), leaf fresh weight (PFH) and fresh weight of the stem (PFT) in the cultivation of basil produced in organic substrates with shade cloths.**

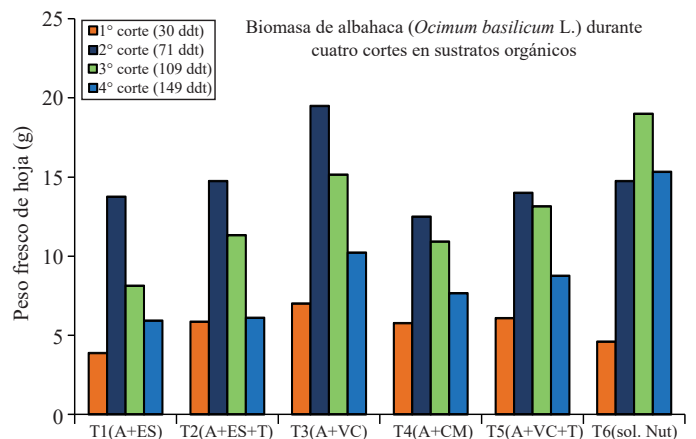
En la determinación del peso fresco de hoja (PFH) se incluye el agua que se encuentra en los tejidos vegetales y sirve como un parámetro de referencia para establecer el desarrollo del follaje y por tanto el desarrollo de la planta. El peso fresco de hoja (PFH), también conocido como biomasa de hoja muestra un incremento en todos los tratamientos a los 71 días de trasplante (fecha del segundo corte) pero disminuye gradualmente en todos los tratamientos con excepción del testigo (solución de Steiner). Se observa diferencia significativa entre los tratamientos siendo el T<sub>3</sub> y el T<sub>6</sub> (testigo) los de más producción de biomasa (Figura 2).

El T<sub>3</sub> y el T<sub>6</sub> (testigo) mostraron una diferencia estadísticamente significativa ( $p \leq 0.05$ ) con respecto al resto de los tratamientos en el peso seco de hoja, con un promedio de 15.62 g y 13.60 g respectivamente; sin embargo, durante el primer y segundo corte el T<sub>3</sub> tiene el mayor PSH incluido el tratamiento testigo. Todos los tratamientos disminuyen el PSH al cuarto corte con excepción del testigo que conserva elevado el PSH.

## Results and discussion

In the statistical analysis for the variable leaf area index (LAI) of *Ocimum basilicum* L., there is a significant difference ( $p \leq 0.05$ ) between the control (T6) and the other treatments, with an average of the four cuttings of 4981.6 g (Figure 1). The IAF decreases in all treatments in the final cut but the trend remains. The growth rate of the leaves depends on the mass and irreversible expansion of young cells, which are produced by cell division in the meristem tissue (Carranza *et al.*, 2009). The IAF, was directly related to the amount of chlorophyll, it is an important parameter to predict the ability of the plant to synthesize dry matter (Warnock *et al.*, 2006).

In the determination of the fresh weight of the leaf (PFH), is included the water found in plant tissues and serves as a reference parameter to establish the development of foliage and thus the development of the plant. The fresh leaf weight (PFH), also known as biomass of the leaf shows an increase in all treatments at 71 days of the transplant (date of the second cut) but gradually decreases in all treatments except the control (Steiner solution). There is a significant difference between treatments; being T<sub>3</sub> and T<sub>6</sub> (control) those with more biomass production (Figure 2).



**Figura 2. Determinación de biomasa de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) durante cuatro cortes evaluada en sustratos orgánicos.**

**Figure 2. Determination of biomass of basil (*Ocimum basilicum* L.) during four cuts evaluated in organic substrates.**

T<sub>3</sub> and T<sub>6</sub> (Control) showed a statistically significant difference ( $p \leq 0.05$ ) compared to other treatments for leaf dry weight, averaging 15.62 g and 13.60 g, respectively; however, during the first and second cut T<sub>3</sub> has the largest

Con respecto al peso fresco de tallo (PFT) en los tratamientos T<sub>1</sub> (47.1 g) y T<sub>2</sub> (59.7g) que contienen estiércol solarizado, se observa diferencia significativa con respecto al testigo (94.8 g) y al T<sub>3</sub> (73.7 g). El PFT oscila entre 47.1 g en el T<sub>1</sub> y 94.8 g en el testigo (T<sub>6</sub>).

En el peso seco de tallo (PST) no se encuentra diferencia significativa entre los tratamientos T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>4</sub> y T<sub>5</sub>, el T<sub>3</sub> tiene un valor de 12.96 g y el testigo de 13.42 g.

No se encontró diferencia estadísticamente significativa en la Densidad aparente ( $Da = 1.4 \text{ g cm}^{-3}$ ), ni en la capacidad de campo ( $CC = 21.5\%$ ), y tampoco en la capacidad de intercambio catiónico ( $CIC = 8.4 \text{ meq/100 g}$ ), según González *et al.* (2009) los materiales orgánicos poseen una elevada CIC (200-400 meq/100 g), lo que supone un depósito de reserva para los nutrientes, sin embargo, la mezcla del sustrato orgánico con arena disminuye la CIC.

En todos los tratamientos el pH es más alcalino al inicio del estudio, esto se explica por el carácter básico de los materiales orgánicos que han sufrido un proceso de degradación, el pH es básico por efecto del desprendimiento de amoníaco proveniente de la descomposición de proteínas (Fortis *et al.*, 2012).

Con respecto a la materia orgánica (M.O.) de los sustratos se encuentra diferencia significativa del T<sub>3</sub> con respecto al resto de los tratamientos. La pérdida de M.O. en los sustratos se atribuye a los compuestos orgánicos solubles en agua.

La poca pérdida de MO en el T<sub>2</sub> permite considerar al estiércol solarizado mezclado con suelo como un material bioestable (MO inicial= 1.52 y MO final= 1.58). La bioestabilidad es la propiedad de un material orgánico de perder poco peso y conservar sus características físicas y químicas durante varios meses, (Figura 3) especialmente cuando en él crecen plantas (Lemaire, 1997).

La conductividad eléctrica (CE) es elevada (media de  $4.7 \text{ dS m}^{-1}$ ) en todos los sustratos (Figura 4); el contenido de sales es mayor ( $7.9 \text{ dS m}^{-1}$ ) al inicio del estudio debido a la descomposición de los materiales orgánicos, por lo que asemejan el comportamiento de suelos salinos; es decir, se afecta el rendimiento de la mayoría de los cultivos; sin embargo, disminuye considerablemente a lo largo del estudio, teniendo al final lecturas de  $CE = 2.2$  para T<sub>1</sub> y  $CE = 2.3$  para T<sub>3</sub>, por lo que se logra el comportamiento de un suelo normal.

PSH including the control treatment. All treatments decrease PSH at the fourth cut except for the control that retains high the PSH.

With respect to the fresh weight of the stem (PFT) in the treatments T1 (47.1 g) and T2 (59.7 g) containing solarized dung, significant differences were observed with respect to the control (94.8 g) and T3 (73.7 g). The PFT is between 47.1 g at T1 and 94.8 g in the control (T6).

In the dry weight of the stem (PST) there is no significant difference between the treatments T1, T2, T4 and T5, the T3 has a value of 12.96 g and the control of 13.42 g.

No statistically significant difference was found in the bulk density ( $Da = 1.4 \text{ g cm}^{-3}$ ), nor in the field capacity ( $CC = 21.5\%$ ), nor in the cation exchange capacity ( $CIC = 8.4 \text{ meq/100 g}$ ) according to González *et al.* (2009), the organic materials have an elevated CIC (200-400 meq/100 g), which is a reservoir for nutrients; however, the mixture of the organic substrate with sand decreases CIC.

In all treatments is more alkaline the pH at the beginning of the study, this is explained by the basic character of the organic materials that have undergone a degradation process, the pH is basic due to the effect of evolution of ammonia from the decomposition of proteins (Fortis *et al.*, 2012).

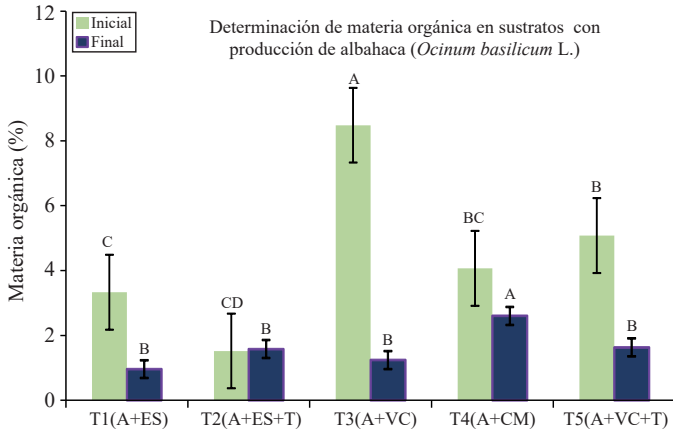
Regarding the organic matter (OM) of the substrates, there is significant difference of T3 with respect to other treatments. M.O loss in the substrates is attributed to water soluble organic compounds.

The little loss of MO in T2 allows considering the mixed solarized dung with soil as a biostable material (initial MO= 1.52 and final MO= 1.58). Biostability is the property of an organic material to lose some weight and maintain their physical and chemical characteristics for several months (Figure 3), especially when growing plants (Lemaire, 1997).

Electrical conductivity (EC) is high (average of  $4.7 \text{ dS m}^{-1}$ ) in all substrates (Figure 4); salt content is higher ( $7.9 \text{ dS m}^{-1}$ ) at the beginning of the study due to the decomposition of organic materials, which resemble the behaviour of saline soils; that is, the yield is affected on most of the crops; however, it decreases considerably during the study, at the end taking readings of  $CE = 2.2$  for T1 and  $CE = 2.3$  for T3, so we got the behaviour of a regular soil.



El porcentaje de sodio intercambiable (PSI) encontrado en los T<sub>3</sub> (4.19%) y T<sub>5</sub> (4.5%) nos indica que los sustratos orgánicos no tienen problema de sodificación, lo que sucede si el PSI > 15%, el valor mayor de PSI se presenta al final del estudio en el T<sub>2</sub>. (PSI= 5.05%).



**Figura 3. Determinación de materia orgánica (M.O.) en sustratos orgánicos para producción de albahaca en malla sombra.**

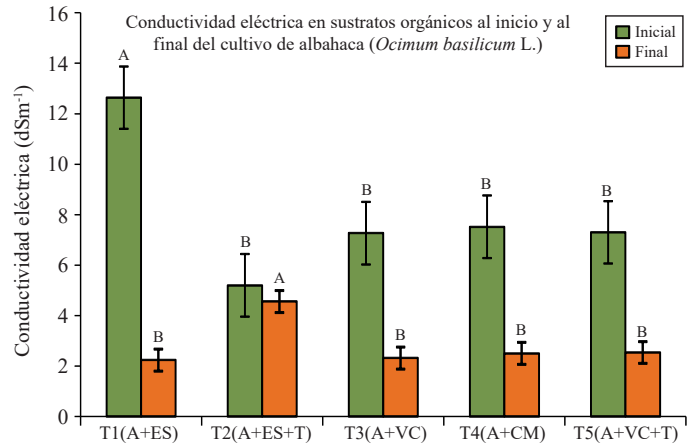
**Figure 3. Determination of organic matter (M.O.) in organic substrates for production of basil in shade clothing.**

Calidad fitoquímica de la albahaca. El contenido fenólico de las hojas de albahaca presentaron diferencias significativas, con valores de 62.42 y 41.55 mg equiv. de ac. gálico 100 g en peso seco para T<sub>6</sub> y T<sub>2</sub>, respectivamente. Para la capacidad antioxidante método ABTS<sup>+</sup> se encontró diferencia significativa con valores de 156.43 y 101.86 (μM equiv Trolox / 100 g PF) obteniendo el mayor valor el T<sub>3</sub> y el menor T<sub>2</sub>, respectivamente (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Contenido fenólico total y capacidad antioxidante de albahaca producida con diferentes sustratos orgánicos.**  
**Table 3. Total phenolic content and antioxidant capacity of basil produced with different organic substrates.**

Tratamientos	Contenido fenólico total (mg equiv. ácido gálico / 100 g BS*)	Capacidad antioxidante método ABTS <sup>+</sup> (μM equiv Trolox / 100 g BS*)
T1= A+ES	61.94 a,b	142.78 a,b
T2= A+ES+T	41.55 c	101.86 c
T3= A+VC	62.10 a	156.43 a
T4= A+CM	43.37 c	112.29 b,c
T5= A+VC+T	45.76 b,c	109.69 b,c
T6= Sol. Nut.	62.42 a	133.17 a,b,c

El contenido fenólico total y la capacidad antioxidante de albahaca fueron afectados por el tipo de sustrato usado (Tukey;  $p \leq 0.05$ ). López-Blanco (2014), reportan valores de fenoles totales entre 4 y 5 mg kg<sup>-1</sup> PFr (peso fresco). Kwee y Niemeyer



**Figura 4. Conductividad eléctrica (inicial y final) en sustratos orgánicos para producción de albahaca en malla sombra.**

**Figure 4. Electrical conductivity (initial and final) in organic substrates for production of basil in shade clothing.**

The exchangeable sodium percentage (PSI) found in the T<sub>3</sub> (4.19%) and T<sub>5</sub> (4.5%) indicates that organic substrates have a sodification problem, that happens if the PSI > 15%, the highest value PSI is presented at the end of the study in T<sub>2</sub>. (PSI= 5.05%).

Phytochemical quality of basil. The phenolic content of the basil leaves differ significantly, with values of 62.42 and 41.55 mg equiv. ac. gallic 100 g in dry weight for T<sub>6</sub> and T<sub>2</sub>, respectively. For the antioxidant capacity, the method ABTS<sup>+</sup> had significant difference with values of 156.43 and 101.86 (μM equiv Trolox / 100 g PF) obtaining the highest value T<sub>3</sub> and the lower T<sub>2</sub>, respectively (Table 3).

The total phenolic content and antioxidant capacity of basil were affected by the type of substrate used (Tukey,  $p < 0.05$ ). López-Blanco (2014) reported values of total phenols between 4 and 5 mg kg<sup>-1</sup> PFr (fresh weight). Kwee and

(2011), reportan diferencias en las concentraciones de fenoles totales en diferentes variedades de albahaca, siendo el caso de 'Spice Blue' y 'Gecofure' las que presentaron los niveles más altos, que 'Limón Sweet Dani' y 'Nufar'.

Respecto a capacidad antioxidante, los valores obtenidos en este experimento oscilaron entre 101.86 y 156.43  $\mu\text{M}$  equiv Trolox / 100 g BS, para los tratamientos T1 y T3, respectivamente. Siendo los tratamientos orgánicos los que presentaron la actividad oxidante más alta (Cuadro 3). López-Blancas (2014), obtuvieron valores máximos de 79.9 mg VCEAC/g/PFr, menores a los encontrados en este trabajo.

Cabe señalar, que diversos factores tienen un efecto directo sobre la presencia de antioxidantes individuales, tales como el cultivar, temporada de cosecha, factores genéticos o ambientales (Oboh, 2004).

Por otra parte, Kalt (2005) comenta que los niveles de antioxidantes fenólicos parecen ser más sensibles a las condiciones ambientales pre y postcosecha; aunque el contenido de ciertos compuestos fenólicos puede aumentar durante las condiciones adecuadas de almacenamiento. Por lo cual, la preservación del contenido fenólico tiene un gran impacto en la calidad debido a la contribución de los fenoles no sólo en las reacciones de pardeamiento enzimático, sino también sobre el valor nutricional del producto (Kevers *et al.*, 2007).

La capacidad de albahaca como antioxidante natural se ha atribuido a la alta prevalencia de compuestos fenólicos, siendo el ácido rosmarínico, el principal componente activo que se encuentra en *O. basilicum*, y se ha comprobado que tiene valor medicinal y su actividad antioxidante es superior a la vitamina E (R-tocoferol) (Jayasinghe *et al.*, 2003). En *O. sanctum* sus constituyentes interrumpen la cadena de los radicales libres de oxidación mediante la donación de hidrógeno del grupo hidroxilo del fenol, formando de este modo radicales libres estables, evitando así el posterior pardeamiento (Tangkanakul *et al.*, 2009; Tabassum *et al.*, 2009).

La respuesta de las plantas a ambientes estresantes, como en sistemas de producción orgánica, genera mecanismos de defensa incluyendo la producción de antioxidantes (Winter y Davis, 2006). En el presente estudio se utilizaron materiales orgánicos como fuente nutricional, además de que confirieron ciertas propiedades a los sustratos usados debido a los porcentajes aplicados (10 a 20% en base a v/v). Es posible que el aporte nutricional de los

Niemeyer (2011) reported differences in the concentrations of total phenols in different varieties of basil, with the case of 'Spice Blue' and 'Gecofure' which had the highest levels, 'than Lemon Sweet Dani' and 'Nufar'.

Regarding the antioxidant capacity, the values obtained in this experiment ranged from 101.86 and 156.43  $\mu\text{M}$  equiv Trolox / 100 g BS, for the treatments T1 and T3, respectively. Being the organic treatments which had the highest oxidant activity (Table 3). López-Blancas (2014), obtaining maximum values of 79.9 mg VCEAC/g/PFr, lower than those found in this work.

It should be noted that various factors have a direct effect on the presence of individual antioxidants, such as cultivating, harvesting season, genetics or environmental factors (Oboh, 2004).

Kalt (2005) says that the levels of phenolic antioxidants appear to be more sensitive to environmental conditions pre and post-harvest; although the content of certain phenolic compounds may increase during suitable storage conditions. Therefore, preserving the phenolic content has great impact on the quality due to the contribution of not only phenols reactions enzymatic browning, but also the nutritional value of the product (Kevers *et al.*, 2007).

Basil capacity as a natural antioxidant has been attributed to the high prevalence of phenolic compounds, being the rosmarinic acid the main active component found in *O. basilicum*, and it has been shown to have medicinal value and its antioxidant activity is superior to vitamin E (r-tocopherol) (Jayasinghe *et al.*, 2003). In *O. sanctum*, its constituents interrupt the free radical chain of oxidation by hydrogen donation from the hydroxyl group of phenol, thereby forming stable free-radicals thus, avoiding subsequent browning (Tangkanakul *et al.*, 2009; Tabassum *et al.*, 2009).

The response of plants to stressful environments, and organic production systems, creates defence mechanisms including the production of antioxidants (Winter and Davis, 2006). In the present study we used organic materials as a nutritional source, plus conferring certain properties to substrates used due to the rates applied (10 to 20% in base on v/v). It is possible that the nutritional contribution of organic treatments used in the experiment has been a stressful for the plant in the early stages of growth factor, which resulted in the formation of phenolic compounds at a relatively high level.

tratamientos orgánicos usados en el experimento haya sido un factor estresante para la planta en las etapas iniciales de crecimiento, lo cual resultó en la formación de compuestos fenólicos a un nivel relativamente alto.

En el presente estudio los tratamientos orgánicos que obtuvieron el mayor contenido fenólico y capacidad antioxidante fueron el T3 (A+VC) y T1 (A+ES), los cuales resultaron similares a la calidad fitoquímica del producto obtenido bajo fertilización tradicional (solución Steiner), lo cual indica la factibilidad de los tratamientos orgánicos por su bajo costo en la implementación de la producción orgánica de albahaca. Dada la relativa actividad antioxidante de albahaca, se sugiere que esta puede constituir una fuente de compuestos fenólicos antioxidantes en la dieta (Juliani y Simon, 2002).

## Conclusiones

El mejor sustrato orgánicos que reportó mayor IAF (3031.94) y PFH (87.8 g) fue la mezcla de vermicompost con arena (80:20). Las mezclas de sustratos orgánicos presentaron  $CE > 4$  y un  $PSI < 15$ , son alcalinos ( $pH > 7$ ). No presentaron diferencias estadísticamente significativas en densidad aparente ( $D_a = 1.4 \text{ g cm}^{-3}$ ), capacidad de campo ( $CC = 21.5\%$ ) y en la capacidad de intercambio catiónico ( $CIC = 8.4 \text{ meq/100g}$ ). La utilización de vermicompost en mezclas de sustratos podría permitir reducir la fertilización química, sin afectar el rendimiento del cultivo de albahaca. La calidad fitoquímica no mostró diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo, valores mayores fueron encontrados en los tratamientos orgánicos. Lo cual indica la factibilidad de su uso e implementación en la producción orgánica de albahaca en malla sombra y promover el reciclado del estiércol, a través de proceso de vermicomposteo.

## Literatura citada

- Atiyeh, R. M.; Arancon, N.; Edwards, C. A. and Metzger, J. D. 2000a. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Bioresour. Technol.* 75:175-180.
- Atiyeh, R. M.; Subler, S.; Edwards, C. A.; Bachman, G.; Metzger, J. D. and Shuster, W. 2000b. Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiología* 44:579-590.
- Bansal, S. and Kapoor, K. K. 2000. Vermicomposting of crop residues and cattle dung with *Eisenia foetida*. *Bio. Technol.* 73:95-98.

In the present study, organic treatments that obtained the highest phenolic content and antioxidant capacity were T3 (A+VC) and T1 (A+ES), which were similar to the phytochemical quality of the product obtained under traditional fertilization (Steiner solution), indicating the feasibility of organic treatments for their low cost in implementing organic production of basil. Given the relative antioxidant activity of basil, it is suggested that this may be a source of phenolic antioxidant compounds in the diet (Juliani and Simon, 2002).

## Conclusions

The best organic substrate that reported the highest IAF (3031.94) and PFH (87.8 g) was the mixture of vermicompost with sand (80:20). Mixtures of organic substrates presented  $CE > 4$  and a  $PSI < 15$ , are alkaline ( $pH > 7$ ). They did not show statistically significant differences in bulk density ( $D_a = 1.4 \text{ g cm}^{-3}$ ), field capacity ( $CC = 21.5\%$ ) and in the cation exchange capacity ( $CEC = 8.4 \text{ meq/100g}$ ). The use of vermicompost in mixtures of substrates could help to reduce chemical fertilization, without affecting the crop's yield. Phytochemical quality showed no significant differences between the treatments; however, higher values were found in the organic treatments, indicating the feasibility of its use and implementation in organic production of basil in shade cloths and promote dung recycling through the vermicomposting process.

*End of the English version*



- Carballo, T.; Gil, M. V.; Calvo, L. F. and Morán, A. 2009. The influence of aeration system, temperature and compost origin on the phytotoxicity of compost tea. *Compost Sci. Utiliz.* 17:127-139.
- Capulín-Grande, J.; Mohedano-Caballero, L.; Sandoval-Estrada, M. y Capulín-Valencia, J. C. 2011. Estiércol bovino líquido y fertilizantes inorgánicos en el rendimiento de jitomate en un sistema hidropónico. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 17:105-114.
- Carranza, C.; Lancho, O.; Miranda, D. y Chaves, B. 2009. Análisis de crecimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L.) "Batavia" cultivada en un suelo salino de la Sabana de Bogotá. *Agr. Col.* 27(1):41-48.
- Cheping, N. 1993. Plantas medicinales. Serie Fitomed II. Ed. Ciencias médicas. Havana, Cuba. 117 p.
- De la Cruz-Lázaro, E.; Estrada-Botello, M. A.; Robledo-Torres, V.; Osorio-Osorio, R.; Márquez-Hernández, C. y Sánchez-Hernández, R. 2009. Producción de tomate en invernadero con composta y vermicomposta como sustrato. *Rev. Universidad y Ciencia.* 25:59-67.

- Esparza, R. J. R.; Stone, M. B.; Stushnoff, C.; Pilon, S. E. and Kendall, P. A. 2006. Effects of ascorbic acid applied by two hydrocooling methods on physical and chemical properties of green leaf lettuce stored at 5 °C. *J. Food Sci.* 71:270-276.
- Fortis, H. M.; Preciado, R., P.; García, H. J. L.; Navarro-Bravo, A.; Antonio, G. J. y Omaña, S. J. M. 2012. Sustratos orgánicos en la producción de chile pimiento morrón. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 3:1203-1216.
- Galindo-Pardo, F. V.; Fortis-Hernández, M.; Preciado-Rangel, P.; Trejo-Valencia, R.; Segura-Castruita, M. A. y Orozco-Vidal, J. A. Caracterización físico-química de sustratos orgánicos para producción de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo sistema protegido. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 5:1219-1232.
- González, J. del Pardo, K. and Martín, S. 2009. Wood waste characterization for composting. *Acta Hort.* 843:337-341.
- Jayasinghe, C.; Gotoh, N.; Aoki, T. and Wada, S. 2003. Phenolics composition and antioxidant activity of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *J. Agric. Food Chem.* 51:4442-4449.
- Juliani, H. R. and Simon, J. E. 2002. Antioxidant activity of basil. In: Janick, J. and Whipkey, A. (Eds.). *Trends in new crops and new uses*. ASHS Press, Alexandria, VA. 575-579 p.
- Kalt, W. 2005. Effects of production and processing factors on major fruit and vegetable antioxidants. *J. Food Sci.* 70(1):11-19.
- Kevers, C.; Falkowski, M.; Tabart, J.; Defraigne, J. O.; Dommès, J. and Pincemail, J. 2007. Evolution of antioxidant capacity during storage of selected fruits and vegetables. *J. Agric. Food Chem.* 55(21):8596-8603.
- Kwee, E. M. and Niemeyer, E. D. 2011. Variations in phenolic composition and antioxidant properties among fifteen basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivars. *Food Chem.* 128:1044-1050.
- Kintzios, S. and Makri, O. 2007. *Ocimum* sp. (Basil): botany, cultivation, pharmaceutical properties, and biotechnology. *J. Herbs, Spices Medicinal Plants.* 13(3):123-150.
- Lee, S. J.; Umamo, K.; Shibamoto, T. and Lee, K. G. 2005. Identification of volatile components in basil (*Ocimum basilicum* L.) and thyme leaves (*Thymus vulgaris* L.) and their antioxidant properties. *Food Chem.* 91:131-137.
- Lemaire, F. 1997. The problem of bioestbilty in organic substrates. *Acta Hort.* 450:63-69.
- López-Blancas, E.; Martínez-Damián, M. T.; Colinas-León, M. T.; Solís, J. M. y Rodríguez-Pérez J. E. 2014. Calidad poscosecha de albahaca 'Nufar' (*Ocimum basilicum* L.) en condiciones de refrigeración. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 20:187-200.
- Márquez-Hernández, C.; Cano-Ríos, P. Figueroa- Viramontes, U.; Ávila- Díaz, J. A.; Rodríguez-Dimas, N. R. y García-Hernández, J. L. 2013. Rendimiento y calidad de tomate con fuentes orgánicas de fertilización en invernadero. *Rev. Phyton.* 82: 55-61.
- Moreno, R. A.; Valdés, P. M. T. y Zárate, L. T. 2005. Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost/arena bajo condiciones de invernadero. *Agric. Téc. Chile* 65:26-34.
- Oboh, A. 2004. Change in ascorbic acid, total phenol and antioxidant activity of sun dried commonly consumed green leafy vegetables in Nigeria. *Nutr. Health.* 18:29-36.
- Rippy, J. F. M.; Peet, M. M.; Louis, F. J. and Nelson, P. V. 2004. Plant development and harvest yield of green house tomatoes in six organic growing systems. *Hortscience.* 39(2): 223-229.
- Sangwan, N. S.; Farooqi, A. H. A.; Shabih, F. and Sangwan, R. S. 2001. Regulation of essential oil production in plants. *Plant Growth Regul.* 34:03-21.
- Statistical Analysis System (SAS). 2002. SAS software version 9.1. SAS Institute, Inc. Cary, NC, USA.
- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. *Proc. 6<sup>th</sup> Int. Cong. On Soilless Culture.* ISOSC. Lunteren, Holanda. 633-649 pp.
- Tangkanakul, P.; Auttaviboonkul, P.; Niyomwit, B.; Lowvittoon, N.; Charoenthamawat, P. and Trakoontivakorn, G. 2009. Antioxidant capacity, total phenolic content and nutritional composition of Asian foods after thermal processing. *Int. Food Res. J.* 16:571-580.
- Tabassum, W.; Kullu, A. R. and Sinha, M. P. 2013. Effects of leaf extracts of *Moringa oleifera* on regulation of hypothyroidism and lipid profile. *The Bioscan. Supplement on Medicinal Plants.* 8:665-669.
- Vázquez-Vázquez, C.; García Hernández, J. L.; Salazar-Sosa, E.; López-Martínez, J. D.; Valdez-Cepeda, R. D.; Orona-Castillo, I.; Gallegos-Robles, M. A. y Preciado-Rangel, P. 2011. Aplicación de estiércol solarizado al suelo y la producción de chile jalapeño (*Capsicum annum* L.). *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 17:69-74.
- Warnock, R.; Valenzuela, J.; Trujillo, A.; Madriz, P. y Gutiérrez, M. 2006. Área foliar, componentes del área foliar y rendimiento de seis genotipos de caraota. *Agronomía Trop.* 56:21-42.
- Winter, C. K. and Davis, S. F. 2006. Organic Foods. *J. Food Sci.* 71:117-124.