

## **Efecto de mezclas de sustratos y concentración de la solución nutritiva en el crecimiento y rendimiento de tomate\***

### **Mixtures of substrates and nutrient solution concentration effect on growth and yield of tomato**

**Elia Cruz Crespo<sup>1§</sup>, Manuel Sandoval Villa<sup>2</sup>, Víctor Hugo Volke Haller<sup>2</sup>, Álvaro Can Chulim<sup>1</sup> y Julio Sánchez Escudero<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Unidad Académica de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit. Carretera Tepic-Compostela km 9, C. P. 63780, Xalisco Nayarit, México. Tel. 045 55 10060194. (alcala1902@gmail.com). <sup>2</sup>Posgrado en Edafología. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Carretera México-Texcoco km 36.5 Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. C. P. 56230. Tel. 01 595 9520200 Ext. 1262 y 1220, 01 595 9520265. (smanuel@colpos.mx), (vvolke@colpos.mx), (sanchezej@colpos.mx). <sup>§</sup>Autora para correspondencia: ccruz2006@yahoo.com.mx.

#### **Resumen**

En la presente investigación se reportan los resultados del efecto de sustratos y de diferentes concentraciones de solución nutritiva en el contenido nutrimental de hojas, crecimiento y rendimiento de tomate híbrido Charleston, cultivado en invernadero del Colegio de Posgraduados en Ciencias Agrícolas, Montecillo, Estado de México en 2008 a 2009. Se evaluó contenido de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn; también las variables lecturas SPAD, número de hojas, altura de planta, diámetro de tallo, área foliar, peso seco de hoja y rendimiento. Los tratamientos fueron mezclas de tezontle con dos tipos de vermicompost en la proporción 65:35 más la aplicación de agua y solución nutritiva de Steiner al 50, 75 y 100%. Se consideró un diseño de tratamientos factorial 2 x 4, en un diseño experimental completamente al azar utilizando ocho repeticiones. Se encontró que la solución nutritiva al 50% fue el mejor tratamiento, ya que el rendimiento no disminuyó en relación a los tratamientos donde la concentración fue de 75 y 100%, aunque la concentración de N, P, Mg, Fe, Cu, Mn, y las variables lecturas SPAD, área foliar, peso seco de hoja y altura de planta fueron mayores con la solución al 100%. No se encontró diferencia entre las vermicompost utilizadas en las diferentes variables evaluadas. Se concluyó que la mezcla

#### **Abstract**

In the present paper, we report the results of the effect of substrates and different concentrations of nutrient solution in the nutrient content of leaves, growth and yield of tomato hybrid Charleston, grown in greenhouse at the Graduate School of Agricultural Sciences, Montecillo, Mexico State in 2008-2009. N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, and Mn content was evaluated and also, the variables SPAD readings, leaf number, plant height, stem diameter, leaf area, leaf dry weight and yield. The treatments were mixed of tezontle with two types of vermicomposts in a ratio 65:35, plus water application and nutrient solution of Steiner at 50, 75 and 100%. It was considered a factorial design 2x4 in a completely randomized design using eight replications. It was found that, the nutrient solution at 50% was the best treatment, and that yield is not diminished in relation to the treatments where the concentration was 75 and 100%, although the concentration of N, P, Mg, Fe, Cu, Mn, and the variables SPAD readings, leaf area, leaf dry weight and plant height were higher with the 100% solution. There was no difference between the vermicomposts used in the different variables. It was concluded that, the vermicompost-tezontle mixture in the ratio used was suitable for growth of tomato Charleston, while allowing to reducing inorganic fertilizers without affecting yield.

\* Recibido: diciembre de 2011  
Aceptado: julio de 2012

de tezontle-vermicompost en la proporción utilizada fue apta para el crecimiento de tomate Charleston, permitiendo a la vez disminución de la fertilización inorgánica sin afectar rendimiento.

**Palabras clave:** *Lycopersicon esculentum* L., crecimiento, sustratos, nutrimentos.

## Introducción

La preocupación mundial por reducir la contaminación, el cuidado por la salud, y la disminución de costos por insumos, en especial los fertilizantes dado el alto costo de estos en los últimos años, ha llevado a la búsqueda de sistemas de producción sustentables; razón por la cual productores de diversos países han adaptado prácticas orgánicas al cultivo sin suelo (Inden y Torres, 2005; Grigatti *et al.*, 2007a). Esto además de promover el uso de los residuos que se derivan del sector agropecuario y otras actividades, contribuyen al cuidado del medio ambiente (Porter, 2000).

Hoy en día, en la agricultura protegida se experimenta con materiales orgánicos derivados del sector agropecuario y de otros sectores, con el fin de usarlos como sustratos para las plantas, para lo cual puede o no sufrir un proceso de tratamiento, tal como el vermicompost. Este producto generado a partir de diversos estiércoles, ha dado resultados favorables sobre el crecimiento y rendimiento de diversas especies (Azarmi *et al.*, 2008; Herrera *et al.*, 2008; Singh *et al.*, 2008; Azarmi *et al.*, 2009), ya que posee propiedades físicas, químicas y biológicas que mejoran el medio de crecimiento y aporta nutrimentos (Zaller, 2007). Sin embargo, el vermicompost por si solo es difícil que cumpla con las condiciones adecuadas para el buen desarrollo de las plantas, motivo por el cual es necesario hacer mezclas con otros materiales.

Los materiales vermicompostados varían en su composición de acuerdo a la diversidad de materias primas de las cuales son elaborados; así mismo, las propiedades para el crecimiento varían de acuerdo con el material con el que son mezclados, por lo que es necesario llevar a cabo la caracterización de los materiales a emplear como sustratos, así como evaluar su efecto en el crecimiento de las plantas. Por este motivo, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la mezcla tezontle con dos tipos de vermicompost, en combinación con solución nutritiva de Steiner a diferentes

**Key words:** *Lycopersicon esculentum* L., growth, nutriments, substrates.

## Introduction

Global concern for reducing pollution in health care, and lower input costs, especially fertilizers given the high cost of these in the recent years has led to the search for sustainable production systems; for this reason, producers from different countries have adopted organic growing practices without soil (Inden and Torres, 2005; Grigatti *et al.*, 2007a). This will also promote the use of waste derived from agriculture and other activities, hence contributing to protecting the environment (Porter, 2000).

Currently, in protected agriculture, experiments are made with organic materials derived from agriculture and other sectors, in order to use them as substrates for plants, for which may or may not undergo a treatment process, such as vermicompost. This product generated from various manures has shown good results on growth and yield for various species (Azarmi *et al.*, 2008; Herrera *et al.*, 2008; Singh *et al.*, 2008; Azarmi *et al.*, 2009) since it has physical, chemical and biological properties that enhance the growth medium and provides nutrients (Zaller, 2007). However, the vermicompost alone is unlikely to meet the conditions for good plant growth, which is why it is necessary to mix with other materials.

Vermicomposted materials vary in their composition according to the diversity of materials which are produced, likewise, for the growth properties vary according to the material being mixed, so it is necessary to make the characterization of the materials used as substrates, and to evaluate its effect on plant growth. Therefore, the objective of this paper was to evaluate the mixture tezontle with two types of vermicompost combined with Steiner nutrient solution at different concentrations on the plant's tissue nutrient concentration, growth and yield of greenhouse-tomato.

## Materials and methods

The research was conducted in the greenhouse of the Graduate College in Agricultural Sciences (CP), Montecillo, Mexico State, from 2008 to 2009. The maximum and

concentraciones sobre la concentración nutrimental del tejido vegetal, crecimiento y rendimiento de tomate bajo invernadero.

## Materiales y métodos

La investigación se realizó en invernadero del Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas (CP), Montecillo estado de México, de 2008 a 2009. La temperatura media máxima y mínima fue de 31.52 y 4.7 °C con humedad relativa (HR) media máxima y mínima de 92 y 19.8%, respectivamente.

Se utilizó semilla de tomate tipo bola de crecimiento indeterminado híbrido Charleston. La siembra se realizó el 1 de agosto de 2008 en charola de unicel, utilizando como medio de crecimiento mezcla de perlita más fibra de coco 50:50 (v/v). Se aplicó riego con solución de Steiner al 25% hasta el momento del trasplante, el cual se efectuó 35 días después de la siembra, colocando una plántula por bolsa (maceta), la cual fue de polietileno negro de 40 x 43 cm con 18 L de capacidad. Las bolsas fueron llenadas con el sustrato correspondiente, los cuales fueron: mezclas de tezontle (TE), tamaño de partícula de entre 2 y 10 mm, más vermicompost de estiércol bovino y desechos vegetales (VCa), denominándose sustrato A (SA= TE + VCa); como sustrato B se utilizó TE más vermicompost de estiércol bovino y desechos de jardinería (VCb) por lo que SB= TE + VCb, ambas mezclas en la proporción 65:35, la cual se obtuvo de Cruz *et al.* (2010) y cuyas propiedades físicas y químicas se exponen en el Cuadro 1. La composición nutrimental de las vermicompost se muestra en Cuadro 2.

minimum average temperature were 31.52 and 4.7 °C with a relative humidity (RH) average maximum and minimum of 92 and 19.8%, respectively.

We used tomato's seeds, ball-type hybrid indeterminate named Charleston. The trial was established on August 1<sup>st</sup>, 2008 in a thermocole tray, using growth medium perlite mix with coir 50:50 (v/v). Irrigation was applied with Steiner solution at 25% until the time of transplantation, which is made 35 days after planting the seedling by placing a bag (pot), which was black polyethylene of 40 x 43 cm with 18 L capacity. The bags were filled with the corresponding substrate, which were mixtures of volcanic rock (TE), particle's size between 2 and 10 mm, plus vermicompost of cattle manure and vegetable waste (VAC), denominating substrate A (SA= TE+VAC) was used as substrate B, plus vermicompost TE of bovine manure and yard waste (VCB) as SB= TE+VCB, both mixtures in the ratio 65:35, obtained from Cross *et al.* (2010) and whose physical and chemical properties are presented in Table 1. The nutrient composition of vermicompost is shown in Table 2.

The pots had a staggered arrangement at a distance of 30 cm from stem to stem and 1 m between aisles. After the transplant irrigation was maintained with just water for three days, the fourth day we began irrigating with tap water (S0) and Steiner solution at different concentrations of ionic strength (50, 75 and 100%, S50, S75 and S100) which was prepared from calcium nitrate, potassium nitrate, magnesium sulphate, potassium sulphate plus micro-nutrients. The pH of the solution was 5.5. Drip irrigation was made with duration of 15 min and a dropper distribution of 0.76 L h<sup>-1</sup>, the number of irrigations varied from 3 to 5 irrigations per day depending on the phenological stage. The planting density was 3.47 plants m<sup>-2</sup> with a single stem plant per pot.

**Cuadro 1. Principales propiedades físicas y químicas de los materiales utilizados y de las mezclas elaboradas.**  
**Table 1. Main physical and chemical properties of materials used and prepared mixes.**

Sustrato	EPT	CA	MO	pH*	CE**	CIC	C/N
	(%) volumen		(%) peso		dS m <sup>-1</sup>	meq 100 g <sup>-1</sup>	
TE	58.6	31.7	0.0	7.1	0.08	2.7	-
VCa	63.0	18.8	36.5	8.8	3.35	57.3	16
VCb	59.4	11.5	32.2	8.3	2.6	51.1	13
SA	61.4	28.9	10.5	7.9	0.92	18.43	
SB	55.0	24.0	7.5	8.1	0.81	17.0	

TE= tezontle; VCa= vermicompost de estiércol bovino y desechos vegetales 1; VCb= vermicompost de estiércol bovino y desechos de jardinería; EPT= espacio poroso total; CA= capacidad de aireación; MO= materia orgánica; SA= tezontle más vermicompost de estiércol bovino y desechos vegetales; SB= tezontle más vermicompost de estiércol bovino y desechos de jardinería; \*este valor fue determinado utilizando agua destilada, cuyo pH fue de 6.5; \*\*Obtenido en el extracto de la pasta a saturación.

**Cuadro 2. Composición nutrimental de las vermicompost evaluadas.**  
**Table 2. Nutrient composition of the evaluated vermicompost.**

Vermicompost	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Zn	Mn
			g kg <sup>-1</sup>				mg kg <sup>-1</sup>			
VCa	11.0	5.2	10.6	20.2	6.5	1.9	26.3	1.02	15.0	18.04
VCb	9.7	19.7	4.3	18.6	3.3	1.4	69.0	0.82	17.43	23.3

VCa= vermicompost de estiércol bovino y desechos vegetales; VCb= vermicompost de estiércol bovino y desechos de jardinería.

Las macetas tuvieron un acomodo en tresbolillo a una distancia de 30 cm de tallo a tallo y 1 m entre pasillos. Después del trasplante se mantuvo el riego con sólo agua durante tres días, al cuarto día se inició el riego con agua de la llave (S0) y con solución de Steiner a diferentes concentraciones de su fuerza iónica (50, 75 y 100%, S50, S75 y S100), que fue preparada a partir de nitrato de calcio, nitrato de potasio, sulfato de magnesio, sulfato de potasio más micronutrientes. El pH de la solución fue de 5.5. El riego fue por goteo con una duración de 15 min y un gasto por gotero de 0.76 Lh<sup>-1</sup>, el número de riegos vario de 3 a 5 riegos por día dependiendo de la etapa fenológica. La densidad de plantación fue de 3.47 plantas m<sup>-2</sup> con una planta de un sólo tallo por maceta.

**Diseño experimental.** Los factores y sus niveles fueron dos tipos de vermicompost y el riego con agua (S0) y solución Steiner a concentración de 50, 75 y 100%, los que se combinaron en un arreglo factorial 2 x 4, en un diseño completamente al azar con ocho repeticiones. La unidad experimental fue una planta. El análisis estadístico se realizó mediante un análisis de varianza con el programa SAS (SAS Institute, 1982) y prueba de comparación de medias por Tukey.

Las variables evaluadas fueron contenido nutrimental en hojas (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn), lecturas SPAD, número de hojas, altura de planta, diámetro de tallo, área foliar, peso seco de hoja y rendimiento de fruto.

El contenido nutrimental se determinó en hojas completamente expandidas, muestreadas a los 70 días después de trasplante (ddt). La determinación de N total se hizo por el método Kjeldahl (Kirk, 1950); para las determinaciones de P, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn y Mn, se realizó la digestión húmeda del material seco y el extracto obtenido se leyó en el espectrofotómetro de emisión atómica de inducción con plasma acoplado (ICP-AES VARIAN<sup>TM</sup> Liberty II) (Alcántar y Sandoval, 1999); el nutrimento K se determinó utilizando el flamómetro, IL Autacal Flame

**Experimental design.** Factors and their levels were two types of vermicompost and irrigation water (S0) and Steiner solution at a concentration of 50, 75 and 100%, combined in a 2 x 4 factorial arrangement in a completely randomized with eight replications. The experimental unit was a plant. Statistical analysis was performed using analysis of variance with SAS software (SAS Institute, 1982) and test comparison of means by Tukey.

The variables evaluated were foliar nutrient content (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn), SPAD readings, leaf number, plant height, stem diameter, leaf area, leaf dry weight and fruit yield.

Nutrient content was determined in fully expanded leaves sampled at 70 days after transplanting (DAT). Determination of Total N was made by the method of Kjeldahl (Kirk, 1950) for determining P, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn and Mn wet digestion was performed of dried material and the extract obtained was read at the inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy (ICP-AES Varian Liberty II TM) (Alcántar and Sandoval, 1999), the nutrient K was determined using IL Autacal Photometer Flame 643. SPAD readings were read at 40 and 70 DAT (SPAD 502, Minolta Ltd.). We counted the number of leaves, plant height was measured with cinca metric from the level of substrate, stem diameter was measured with vernier 10 cm above the substrate level, total leaf area per plant, the leaves were pruned as 1 to 8, introduced into the integrator of the leaf area Li-COR, Inc. Li-3100; dry weight of leaf, the leaves 1 to 8 were dried at 70 °C for 72 h in air-circulating oven and then weighed; total fruit yield plant<sup>-1</sup>, the fruit was harvested in pink extending from the apical part, covering 10 to 30% of the area (Jones, 1999).

## Results and discussion

**Nutrient concentration.** The effect of the nutrient solution and substrate was highly significant for the concentration of N, K, Ca, and Mn, being only significant

Photometer 643. Las lecturas SPAD se leyeron a los 40 y 70 ddt (SPAD 502, Minolta LTD). Se contó el número de hojas; altura de planta, se midió con cinca métrica desde el nivel del sustrato; diámetro de tallo, se midió con vernier 10 cm arriba del nivel del sustrato; área foliar total por planta, conforme se podaron las hojas 1 a 8 se introdujeron en el integrador de área foliar Li-COR, Inc. Li-3100; peso seco de hoja, las hojas 1 a 8 se secaron a 70 °C por 72 h en estufa con circulación de aire y después se pesaron; rendimiento de fruto total planta<sup>-1</sup>, el fruto fue cosechado en color rosa extendido desde la parte apical, abarcando de 10 a 30% de la superficie (Jones, 1999).

## Resultados y discusión

**Concentración de nutrimentos.** El efecto de solución nutritiva y sustrato fue altamente significativo para la concentración de N, K, Ca, y Mn, siendo sólo significativo para P, Mg, Fe, Cu y Zn (Cuadro 3). No se encontró interacción entre la solución nutritiva y sustrato.

### Cuadro 3. Análisis de varianza de la concentración de nutrimentos en hoja de tomate Charleston a los 70 días después de trasplante bajo invernadero.

**Table 3. Analysis of variance of the concentration of nutrients in Charleston tomato's leaf at 70 days after transplant in greenhouse.**

Fuente de variación	GL	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
Solución	4	**	*	**	**	*	*	*	*	**
Sustrato	2	ns	**	ns	ns	*	*	ns	ns	ns
Solución X sustrato	8	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns= no significativo; \*= significancia estadística a 5%; \*\*= significancia estadística a 1%; GL= grados de libertad.

La concentración nutrimental en el tejido incremento al utilizar solución de Steiner al 50%, respecto de emplear solo agua, esto para todos los nutrimentos; mientras que se mantuvo el contenido de N, P, K, Ca, Mg, Cu y Zn al utilizar solución al 75%, esto respecto de la solución nutritiva al 50%. En relación al uso de la solución nutritiva de Steiner al 100% incremento sólo el N, P, Mg, Fe, Cu y Mn considerando lo obtenido con solución al 50%. Para el caso de los micronutrimentos, Fe y Mn, se pudo observar un claro incremento en el tejido conforme aumento la fuerza iónica de la solución de 0 a 75% para el caso de Fe, y hasta 100% para el caso de Mn.

for P, Mg, Fe, Cu and Zn (Table 3). No interaction was found between the nutrient solution and the substrate whatsoever.

Nutrient concentrations in the tissue got increased when using the Steiner solution at 50%, compared with just water, this for all nutrients, while it remained the contents of N, P, K, Ca, Mg, Cu and Zn using 75% solution, this with respect of the nutrient solution at 50%. Regarding the use of the nutrient Steiner solution at 100%, increased only N, P, Mg, Fe, Cu and Mn considering the 50% solution. For the case of the micro-nutrients Fe and Mn, it was observed a marked increase in the tissue according to the increased ionic strength of the solution from 0 to 75% in the case of Fe and up to 100% in the case of Mn.

Growing tomato plants with nutrient solution of less than 100% Steiner revealed the presence of nutrients in the vermicompost, since using 75% of the solution concentration, its chemical composition of N, P, Mg, Fe and Cu in the tissue was equal to that obtained by applying 100% of the solution, so we can say that the vermicompost I contribute about 25% of these nutrients

accumulated by the plant (Table 4). For the case of K, Ca and Zn, it's noteworthy that, the vermicompost provided 50% of them, since the concentration in the tissue using 50% of the solution was used as the solution at 100%. Ao *et al.* (2008) and Márquez *et al.* (2008) mentioned that, the nutritional contribution of vermicompost has been one of the reasons of why it has been used in the growth medium for the cultivation of several species.

For Mn, concentration in the tissue was different, increasing as the concentration of the nutrient solution was used. This is possibly because the contribution of this micro-nutrient

El cultivo de las plantas de tomate con solución nutritiva de Steiner menor de 100%, puso en evidencia la presencia de nutrimentos en la vermicompost, ya que al utilizar solución al 75% de concentración, el contenido nutrimental de N, P, Mg, Fe y Cu en el tejido fue igual al obtenido con la aplicación de solución al 100%, por lo que se puede decir que la vermicompost aportó aproximadamente 25% de estos nutrimentos acumulados por la planta (Cuadro 4). Para el caso de K, Ca y Zn se puede señalar que la vermicompost aportó 50% de éstos, dado que la concentración en el tejido al utilizar solución al 50% fue igual que al emplear solución al 100%. Ao *et al.* (2008) y Márquez *et al.* (2008) mencionan que el aporte nutrimental de las vermicompost ha sido uno de los motivos por los cuales se ha utilizado en el medio de crecimiento para el cultivo de varias especies.

in the vermicompost was lower, and that means working with organic fertilizer source may be lacking some nutrients (Heeb *et al.*, 2005).

The increase in the concentration of macro-nutrients in the leaves by increasing the ionic strength of the solution from 0 to 50%, concurs with other studies, while for the micro-nutrients were contrasting. Magdaleno *et al.* (2006) noted that tomatillo's seedlings irrigated with Steiner solution had 50% higher content of macro-nutrients with respect to those irrigated with just water, while in the case of micro-nutrients no difference was found. In this regard, Godoy *et al.* (2009) on tomato plants grown in soil, as the growth medium reported that the accumulation of the macronutrients N and P was the same in different

**Cuadro 4. Comparación de medias para la concentración de nutrimentos en hoja de tomate Charleston, a los 70 días después de trasplante bajo invernadero, en función de los sustratos y la concentración de la solución de Steiner.**  
**Table 4. Comparison of means for the concentration of nutrients in Charleston tomato's leaf, at 70 days after transplant in greenhouse, depending on the substrates and the concentration of the Steiner solution.**

Fuente de variación	Concentración macronutrimentos					Concentración micronutrimentos			
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
	----- g kg <sup>-1</sup> -----					----- mg kg <sup>-1</sup> -----			
Solución									
S0	22 c <sup>†</sup>	2.7 c	19 b	23 b	4.9 c	422 c	5.1 c	53.4 b	29.4 d
S50	39 b	6.6 b	33 a	40 a	11.3 b	542 b	5.9 b	70.1 a	44.0 c
S75	40 ab	7.2 ab	34 a	43 a	11.6 ab	583 a	6.1 b	77.6 a	55.1 b
S100	42 a	7.8 a	36 a	46 a	13.8 a	601 a	6.5 a	71.6 a	75.4 a
Sustrato									
SA	36 a	5.3 b	31 a	39 a	11.1 a	524 b	5.8 a	69.7 a	50.2 a
SB	35 a	6.8 a	30 a	37 a	9.7 b	550 a	5.9 a	71.6 a	52.0 a

<sup>†</sup>Medias con misma letra dentro de columnas son significativamente iguales, según la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). S100= solución de Steiner 100%; S75= solución de Steiner 75%; S50= solución de Steiner 50%; S0= riego con agua; SA= tezontle más vermicompost de estiércol bovino y desechos vegetales; SB= tezontle más vermicompost de estiércol bovino y desechos de jardinería.

En el caso del Mn la concentración en el tejido fue diferente, ya que este aumento conforme la concentración de la solución nutritiva empleada. Esto posiblemente a que el aporte de este micronutriente por la vermicompost fue menor; ya que, el trabajar con medios orgánicos como fuente de fertilizantes, puede haber insuficiencia de algunos nutrimentos (Heeb *et al.*, 2005).

El incremento en la concentración de macronutrimentos en hoja por el aumento de la fuerza iónica de la solución de 0 a 50%, coincide con otros estudios, mientras que para micronutrientes fueron contrastantes. Magdaleno *et al.* (2006) señala que plántulas de tomate de cáscara irrigadas con solución Steiner al 50% obtuvieron mayor

concentrations of the solution (33, 66 and 100%), whereas the K, Ca and Mg decreased with the solution at a concentration higher than 66%, the response of the tomato plant's nutrient reserves attributed to the soil, determined before the experiment.

Although Godoy *et al.* (2009) used soil as a growing medium for tomatoes, is a similar situation in the present work, since the vermicompost has also nutrients available for the plants, which have been found in several studies. The addition of vermicompost on the growth medium and the consequent increase of nutrients in the tissue has been observed in studies and in *Brassica oleracea* and *Lycopersicon esculentum* L., attributing this increase to

contenido de macronutrientes con respecto a las regadas con agua, en tanto que en el caso de micronutrientes no se encontró diferencia. En este orden de ideas, Godoy *et al.* (2009) en plantas de tomate cultivadas en suelo, como medio de crecimiento, reportó que la acumulación de los macronutrientes N y P fue igual en diferentes concentraciones de la solución (33, 66 y 100%), mientras que el K, Ca y Mg disminuyeron con la solución a concentración mayor al 66%; esta respuesta de la planta de tomate la atribuyeron a la reserva nutricional del suelo, la cual se determinó antes del experimento.

Aunque Godoy *et al.* (2009) utilizó suelo como medio de crecimiento para el tomate, es una situación similar en el presente trabajo, ya que el vermicompost también tiene nutrientes disponibles para las plantas, lo cual se ha constatado en diversos estudios. La adición de vermicompost en el medio de crecimiento y el consecuente aumento de los nutrientes en el tejido ha sido observado en estudios como en *Brassica oleracea* y *Licopersicum esculentum* L, atribuyendo que este incremento se debe a la presencia de nutrientes de la propia vermicompost, así como a la alta capacidad de intercambio catiónico que esta posee, además de la alta retención de humedad (Hashemimajd *et al.*, 2004; Heeb *et al.*, 2005; Pérez *et al.*, 2006; Grigatti *et al.*, 2007a). Debido a estas propiedades que se atribuyen a los materiales compostados, la adición de solución nutritiva de Steiner al sustrato en una concentración entre 50 y 75% fue suficiente para obtener el mismo contenido nutricional que las plantas que fueron tratadas con solución de Steiner al 100%.

Por otra parte, no se observó diferencias entre sustratos para la concentración de N, K, Ca, Cu, Zn y Mn en el tejido; en cambio, la concentración fue mayor para Mg y menor para P y Fe en el SA (Cuadro 4). Estos resultados guardaron relación con la concentración nutricional de las vermicompost. Al respecto, Tognetti *et al.* (2005) indican que la riqueza nutricional de los materiales compostados depende de los materiales de los cuales fueron elaborados, en este caso ambas vermicompost tuvieron en común el estiércol de bovino.

De acuerdo con Jones (1999), la concentración de los macronutrientes en hoja de los tratamientos que incluyeron vermicompost más riego con S50, S75 y S100 se ubicaron dentro del rango normal para el crecimiento de tomate. En tanto que, en los regados con agua, sólo el Ca se ubicó dentro del rango normal. En relación a micronutrientes, el Fe excedió el nivel máximo del rango normal, mientras que

the presence of nutrients in their own vermicompost and the high cation exchange capacity that also possesses high moisture retention (Hashemimajd *et al.*, 2004; Heeb *et al.*, 2005; Pérez *et al.*, 2006; Grigatti *et al.*, 2007a). Due to these properties attributed to the composted material, the addition of nutrient solution to the substrate Steiner in a concentration between 50 and 75% was enough to obtain the same nutrient content that the plants were treated with solution at 100 Steiner %.

Moreover, no differences were observed between the substrates for the concentration of N, K, Ca, Cu, Zn and Mn in the tissue, whereas Mg concentration was higher and lower for P and Fe in the HS (Table 4.) These results were related to the nutrient concentration of the vermicompost. Tognetti *et al.* (2005) indicated that, the nutrient richness of the composted materials depends on the materials of which were produced, in this case both had in common vermicompost of cattle manure.

According to Jones (1999), the concentration of macronutrients in the leaf's treatments including irrigation vermicompost over S50, S75 and S100 were within the normal range for tomato growth. While, in irrigated with just water, only Ca was within the normal range. Regarding micro-nutrients, Fe exceeded the maximum level of the normal range, while Zn was within the normal range, that in all the treatments (Table 4). Accordingly, we can infer that the vermicompost used provided Ca, Fe and Zn to the plant to maintaining the level of those in the normal range, while the contribution of other nutrients was lower for tomato crop, so the plants irrigated with just water had lower growth.

**SPAD readings.** The analysis of variance showed the effect of the nutrient solution with highly significant differences in both sampling dates, while for the substrate and the interaction effect of the substrate solution was not significant at all (Table 5).

As for the comparison on the average SPAD readings between the substrates in both sampling dates, it was the same. However, SPAD readings varied by the concentration of the nutrient solution, being higher as the concentration increased irrigation water at 75% of Steiner solution; between 75 and 100% did not show increased SPAD readings, its behavior was similar in both sampling dates (Table 6).

Zn se encontró dentro del rango normal, esto en todos los tratamientos (Cuadro 4). De acuerdo a esto, podemos inferir que el vermicompost utilizado proveyó de Ca, Fe y Zn a la planta para mantener el nivel de estos en el rango normal en el tejido; mientras que el aporte de los demás nutrientes fue menor para el cultivo de tomate, por lo que las plantas regadas con agua tuvieron un menor crecimiento.

**Lecturas SPAD.** El análisis de varianza mostró efecto de la solución nutritiva con diferencias altamente significativas en ambas fechas de muestreo, mientras que para efecto por sustrato e interacción solución por sustrato fue no significativo (Cuadro 5).

En cuanto a la comparación de medias las lecturas SPAD entre sustratos en ambas fechas de muestreo fue igual. Sin embargo, las lecturas SPAD variaron por la concentración de la solución nutritiva, siendo mayores conforme aumentó la concentración de riego con agua a 75% de solución de Steiner; entre 75 y 100% no se presentó incremento de las lecturas SPAD, comportamiento que fue similar en ambas fechas de muestreo (Cuadro 6).

**Cuadro 6. Comparación de medias para lecturas SPAD de hojas de cultivo de tomate Charleston a diferentes días después de trasplante (ddt) bajo invernadero, en función de los sustratos y la concentración de la solución de Steiner.**

**Table 6. Compare means for SPAD readings cultivation of Charleston tomato's leaves at different days after transplantation (DAT) in greenhouse, depending on the substrates and the concentration of the Steiner solution.**

Fuente de variación	Lecturas SPAD		Fuente de variación	Lecturas SPAD	
	40 ddt	70 ddt		40 ddt	70 ddt
Solución			Sustrato		
S0	44.65 c <sup>†</sup>	36.77 c	SA	52.91 a	47.57 a
S50	51.76 b	45.30 b	SB	51.93 a	47.03 a
S75	55.94 a	53.26 a			
S100	57.33 a	53.80 a			

<sup>†</sup>Medias con misma letra dentro de columnas son significativamente iguales, según la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). S100= solución de Steiner 100%; S75= solución de Steiner 75%; S50= solución de Steiner 50%; S0= riego con agua; SA= tezontle más vermicompost de estiércol bovino y desechos vegetales; SB= tezontle más vermicompost de estiércol bovino y desechos de jardinería.

Esto muestra que el cultivo respondió a la fertilización inorgánica, dado que las lecturas SPAD mostraron igual comportamiento que la concentración de N, P y Mg. Al respecto, Hawkins *et al.* (2009) y Fang *et al.* (2010) mencionan que las lecturas SPAD pueden ser utilizadas para monitorear el contenido de N en la hoja.

Por lo tanto, se puede decir que la presencia de vermicompost en el medio de crecimiento coadyuvó en el incremento de la concentración de N en la hoja y por lo tanto de la fotosíntesis, cuando el medio de crecimiento fue regado con solución

**Cuadro 5. Análisis de varianza de lecturas SPAD de tomate Charleston a los 40 y 70 días después de trasplante (ddt) bajo invernadero.**

**Table 5. Analysis of variance of SPAD readings of Charleston tomato at 40 and 70 days after transplanting (DAT) in greenhouse.**

Fuente de variación	GL	40 ddt	70 ddt
Solución	4	**	**
Sustrato	2	ns	ns
Solución X sustrato	8	ns	ns

ns= no significativo; \*= significancia estadística a 5%; \*\*= significancia estadística a 1%; GL= grados de libertad.

This shows that, the crop responded to inorganic fertilizer, as the SPAD readings showed the same behavior as the concentration of N, P and Mg. In this regard Hawkins *et al.* (2009) and Fang *et al.* (2010) mentioned that SPAD readings can be used to monitoring the content of N in the leaf.

Therefore, it can be said that the presence of vermicompost in the growth medium was instrumental for increasing N concentration in the leaf and, therefore photosynthesis, when

the growth medium was irrigated with Steiner solution at 50 and 75%, this because several studies have reported an increase in the amounts of N has been linked to an increased photosynthesis (Siddiqui *et al.*, 2010; Hossain *et al.*, 2010; Iqbal *et al.*, 2012).

Was also observed that, SPAD readings decreased as the advanced age of the plant did, being consistent across all the treatments (Table 6). These concords with other studies for *Lycopersicum esculentum* L., as made by Rodríguez *et al.* (1998).



de Steiner al 50 y 75%, esto porque en diversos estudios se ha reportado que un aumento en las cantidades de N se ha relacionado con mayor fotosíntesis (Siddiqui *et al.*, 2010; Hossain *et al.*, 2010; Iqbal *et al.*, 2012).

Se observó también que las lecturas SPAD disminuyeron conforme avanzó la edad de la planta, siendo consistente en todos los tratamientos (Cuadro 6). Esto coincide con otros trabajos en *Lycopersicon esculentum* L., como el realizado por Rodríguez *et al.* (1998).

**Crecimiento.** De acuerdo al análisis de varianza se encontró, por efecto de solución nutritiva, diferencias altamente significativas en el NH, DT y AF; mientras que fueron significativas para AP, AF y PSH (Cuadro 7).

La comparación de medias señala que todas las variables de crecimiento incrementaron su valor con la aplicación de la solución nutritiva al 50%, respecto del riego con agua; pero cuando se utilizó la concentración al 100% sólo incremento AP, AF al igual que PSH, respecto del tratamiento al 50% (Cuadro 8). Este comportamiento de las variables de crecimiento en mención fue similar al de la concentración de los macronutrientes N, P y Mg (Cuadro 4). Al respecto, Raviv *et al.* (2005) y Siddiqui *et al.* (2008) comentan que el suministro de N incrementa el crecimiento (materia seca), dado que el N es componente de muchos compuestos metabólicos que juegan un papel importante en las funciones fisiológicas, al igual que el P y Mg. En cuanto a los sustratos las variables de crecimiento fueron semejantes en ambos, lo cual coincidió con la concentración nutrimental.

**Growth.** According to the analysis of variance, the effect of nutrient solution was found with highly significant differences in NH, DT and AF, whereas significant for AP, PA and PSH (Table 7).

**Cuadro 7. Análisis de varianza de las variables de crecimiento y rendimiento de tomate Charleston cultivado bajo invernadero.**

**Table 7. Analysis of variance of the variables of growth and yield of Charleston tomato grown in greenhouse.**

Fuente de variación	GL	NH	AP	DT	AF	PSH	Rendimiento
Solución	4	**	*	**	*	*	**
Sustrato	2	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Solución X sustrato	8	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns=no significativo; \*=significancia estadística a 5%; \*\*=significancia estadística a 1%; GL= grados de libertad. NH= número de hojas; AP= altura de planta; DT= diámetro de tallo; AF= área foliar, PSH= peso seco de hoja.

The comparison of means indicates that all growth variables increased in value to the implementation of the nutrient solution at 50% on irrigation with water, but when used at 100% concentration only increased AP, AF as well as PSH, regarding the treatment at 50% (Table 8). This behavior of the variables, mentioned growth similar to the concentration of the macro-nutrients N, P and Mg (Table 4). Raviv *et al.* (2005) and Siddiqui *et al.* (2008) reported that, the supply of N increases growth (dry matter) since N is a component of many metabolic compounds that play an important role in physiological

**Cuadro 8. Comparación de medias de las variables de crecimiento y rendimiento de tomate Charleston cultivado en invernadero, en función de los sustratos y la concentración de la solución de Steiner.**

**Table 8. Comparison means of the variables of growth and yield of Charleston tomato cultivated in greenhouse, depending on the substrates and the concentration of the Steiner solution.**

Fuente de variación	Variables de crecimiento					
	NH	AP	DT	AF	PSH	Rendimiento
		m	cm	cm <sup>2</sup> planta <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>	g planta <sup>-1</sup>
Solución						
S0	14.1 b <sup>†</sup>	1.56 c	1.36 b	1948 c	15.7 c	2727 b
S50	17.5 a	1.89 b	1.83 a	3198 b	27.5 b	4865 a
S75	18.7 a	1.94 ab	1.84 a	3418 ab	29.0 ab	4784 a
S100	18.4 a	1.98 a	1.84 a	3733 a	32.6 a	5110 a
Sustrato						
SA	17.3 a	1.86 a	1.72 a	3100 a	26.8 a	4395 a
SB	17.0 a	1.82 a	1.71 a	3048 a	25.6 a	4347 a

<sup>†</sup>Medias con misma letra dentro de columnas son significativamente iguales, según la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). S100= solución de Steiner 100%; S75= solución de Steiner 75%; S50= solución de Steiner 50%; S0= riego con agua; SA= tezontle más vermicompost de estiércol bovino y desechos vegetales; SB= tezontle más vermicompost de estiércol bovino y desechos de jardinería.

Por otra parte, el resultado de las variables AP, AF PSH encontrados en el presente trabajo muestran la misma tendencia que en otras investigaciones donde se han probado tratamientos con y sin materiales compostados y fertilización química en diferentes cultivos (De Grazia *et al.*, 2007; Grigatti *et al.*, 2007a; Grigatti *et al.*, 2007b; Bachman and Metzger, 2008).

Se menciona que el efecto sobre el crecimiento no solo se ha atribuido a la disponibilidad nutrimental de las vermicompost, sino que también podría ser debido a la presencia de compuestos reguladores del crecimiento tal como hormonas y ácidos húmicos, incremento de la población de microorganismos benéficos y a las condiciones de crecimiento (Arancon *et al.*, 2004; Arancon *et al.*, 2008). En este último aspecto pudieran considerarse a las propiedades físicas y químicas del medio de crecimiento, las cuales fueron similares entre ambos sustratos (SA y SB) por lo que no se encontraron diferencias de las variables de crecimiento y tampoco del contenido nutrimental ni rendimiento.

**Rendimiento.** El análisis de varianza señala que el rendimiento de fruto no fue modificado por efecto del sustrato; sin embargo, por efecto de solución las diferencias fueron altamente significativas (Cuadro 7, Cuadro 8). Donde los tratamientos sin solución de Steiner presentaron el menor rendimiento. Tampoco se encontró efecto por interacción solución por sustrato. Esto es coherente con lo encontrado en tomate por Rodríguez *et al.* (2008); Cruz *et al.* (2009); De Grazia *et al.* (2007). quienes reportaron que al utilizar vermicompost o compost en el medio de crecimiento y regado solo con agua el rendimiento fue menor que cuando se adiciona nutrimentos.

Por otra parte, se observó que el rendimiento de S100 fue igual respecto de S75 y S50, contrario a lo encontrado en las variables de crecimiento AP, AF y PSH y en la concentración de nutrimentos de N, P, Mg, Fe, Cu y Mn. donde hubo diferencia sólo entre S50 y S100. Por su parte, Godoy *et al.* (2009) señalaron que no encontraron diferencia del rendimiento de tomate, utilizando como medio de crecimiento suelo, al variar la fuerza iónica de la solución de Steiner entre 33, 66 y 100%, pero tampoco hubo diferencias en el área foliar, altura y peso seco de hoja, ya que el contenido nutrimental de N y P fue igual mientras que el resto de los macronutrimentos disminuyó con solución al 100%. Esto llevó a deducir en el presente trabajo que en los tratamientos con S75 y S100 respecto del

functions, such as P and Mg. As for the growth substrate variables were similar in both, coinciding with the nutrient concentration.

Moreover, the results of the variables AP, AF HSP found in the present work show the same trend as in other studies, where the treatments have been tested with and without composted material and chemical fertilizer in different crops (De Grazia *et al.* 2007; Grigatti *et al.*, 2007a; Grigatti *et al.*, 2007b; Bachman and Metzger, 2008).

It is mentioned that, the effect on growth has been attributed not only to the nutrient availability on the vermicompost, but it could also be due to the presence of growth regulating compounds such as hormones and humic acids, increasing the population of beneficial microorganisms and growth conditions (Arancon *et al.*, 2004; Arancon *et al.*, 2008). In the latter, it might be considered the physical and chemical properties of the growth medium, which were similar between both substrates (SA and SB) as no differences were found neither in the growth variables nor in the nutritional content or performance whatsoever.

**Yield.** The analysis of variance indicated that, the fruit yield was not modified by the substrate effect; however, the effect of the solution was highly significant (Table 7, Table 8). The treatments without Steiner solution had the lowest yield. Neither effect was found by the interaction substrate solution. This is consistent with that found in tomato by Rodríguez *et al.* (2008), Cruz *et al.* (2009), De Grazia *et al.* (2007) who reported that, when using vermicompost or compost in the growth medium and watered with just water, the yield was fewer than when adding nutrients.

Furthermore, we observed that S100 had an equal yield as S75 and S50, contrary to that found in the growth variables AP, FA and HSP and nutrient concentration of N, P, Mg, Fe, Cu and Mn. where there was only difference between S50 and S100. Godoy *et al.* (2009) reported that they found no difference in tomato yield using soil as growth medium, by varying the ionic strength of the Steiner solution between 33, 66 and 100%, but there were no differences in the leaf area, height and weight of dry leaves, since the nutrient content of N and P was the same, while the rest of the macro-nutrients decreased with the 100% solution. Deducted in this work that, in the treatments S75 and S50 S100, it was about the greatest amount of nutrients in the

S50 hubo mayor cantidad de nutrimentos en el sustrato que se destinó a un mayor crecimiento vegetativo, y no a fruto por lo que no se manifestó un incremento del rendimiento conforme el aumento de la concentración de la solución nutritiva. Heeb *et al.* (2005) mencionan que después de cierto nivel de nutrimentos, como por ejemplo del N ya no incrementa el rendimiento de fruto de tomate pero si el de biomasa, lo cual pudo ser la misma causa en la presente investigación.

## Conclusiones

La mezcla de tezontle con vermicompost, de estiércol bovino y desechos vegetales o de estiércol y desechos de jardinería, en la proporción 65:35, en combinación con solución nutritiva al 50% fue viable dado que el rendimiento no mostró diferencias significativas respecto de los niveles al 75 y 100% de suministro de nutrimentos. Además, la concentración nutrimental del tejido de hoja, lecturas SPAD, número de hojas, altura de planta, diámetro de tallo, aérea foliar, peso seco de hojas y rendimiento aumentaron en relación a las regadas con agua.

## Literatura citada

- Alcántar, G. G. y Sandoval, V. M. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Guía de muestreo, preparación, análisis e interpretación. de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A. C. Chapingo, Estado de México. Publicación especial Núm. 10. 156 p.
- Ao, Y.; Sun, M.; and Li, Y. 2008. Effect of organic substrates on available elemental contents in nutrient solution. *Bioresour. Technol.* 99:5006-5010.
- Arancon, N. Q.; Edwards, C. A.; Atiyeh, R. and Metzger, J. D. 2004. Effects of vermicompost produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. *Bioresour. Technol.* 93:139-144.
- Arancon, N. Q.; Edwards, C. A.; Bebenko, A. and Cannon, J. 2008. Influences of vermicompost, produce by earthworms and microorganisms from cattle manure, food waste and paper waste, on the germination, growth and flowering of petunias in the greenhouse. *Appl. Soil Ecol.* 39:91-99.

substrate to be allocated to more vegetative growth, so it did not manifest an increase in yield by increasing the concentration of the nutrient solution. Heeb *et al.* (2005) mentioned that after a certain level of nutrients such as N, there is no increase on the fruit's yield but only in the biomass, which could be the same cause in the present investigation.

## Conclusions

The mixture of tezontle with vermicompost of cattle manure and vegetable waste or waste yard in the ratio 65:35, in combination with 50% nutrient solution was feasible because the yield did not differ significantly from the levels 75 and 100% of the nutrient supply. In addition, the nutrient concentration of leaf tissue, SPAD readings, leaf number, plant height, stem diameter, leaf area, dry weight and, yield increased compared to those irrigated with just water.

*End of the English version*



- Azarmi, R.; Sharifi, Z. P. and Reza, S. M. 2008. Effect of vermicompost on growth, yield and nutrition status of tomato (*Lycopersicum esculentum*). *Pak. J. Biol. Sci.* 11:1797-1802.
- Azarmi, R.; Torabi, G. M; and Hajieghrari, B. 2009. The effect of sheep-manure vermicompost on quantitative properties of cucumber (*cucumis sativus* L.) grown in the greenhouse. *Afr. J. Biotechnol.* 8:4953-4957.
- Bachman, G. R. and Metzger, J. D. 2008. Growth of bedding plants in commercial potting substrate amended with vermicompost. *Bioresour. Technol.* 99:3155-3161.
- Cruz, C. E.; Estrada, B. M. A.; Robles, T. V.; Osorio, O. R.; Márquez, H. C. y Sánchez, H. R. 2009. Producción de tomate en invernadero con composta y vermicomposta como sustrato. *Universidad y Ciencia* 25:59-67.
- Cruz, C. E.; Sandoval, M.; Volke, V.; Ordaz, V.; Tirado, J. L. y Sánchez, J. 2010. Generación de mezclas de sustratos mediante un programa de optimización utilizando variables físicas y químicas. *Terra Latinoamericana* 28:219-229.

- De Grazia, J.; Tittonell, P. A. y Chiesa, A. 2007. Efecto de sustratos con compost y fertilización nitrogenada sobre la fotosíntesis, precocidad y rendimiento de pimiento (*Capsicum annuum*). *Ciencia e Investigación Agraria* 34:195-204.
- Fang, L. F.; Feng, L.; Song, Q. J.; Yuan-S. D.; Su, C. L. and Wang, K. 2010. Investigation of SPAD meter-based indices for estimating rice nitrogen status. *Computers and Electronics in Agriculture* 715:560-565.
- Godoy, H. H.; Castellanos, J. Z.; Alcántar, R. G.; Sandoval, V. G. M. y Muñoz, R. J. J. 2009. Efecto del injerto y nutrición de tomate sobre rendimiento, materia seca y extracción de nutrimentos. *Terra Latinoamericana* 2(27):1-9.
- Grigatti, M.; Giorgioni, M. E. and Ciavatta, C. 2007a. Compost-based growing media: influence on growth and nutrient use of bedding plants. *Bioresour. Technol.* 98:3526-3534.
- Grigatti, M.; Giorgioni, M. A.; Cavani, L. and Ciavatta, C. 2007b. Vector analysis in the study of the nutritional status of *Philodendron* cultivated in compost-based media. *Scie. Hort.* 112:448-455.
- Hashemimajd, K.; Kalbasi, M.; Golchin, A. and Shariatmadari, H. 2004. Comparison of vermicompost and compost as potting media for growth of tomatoes. *J. Plant Nutr.* 27:1107-1123.
- Hawkins, T.; Gardiner, E. and Comer, G. 2009. Modeling the relationship between extractable chlorophyll and SPAD-502 readings for endangered plant species research. *J. Nat. Conserv.* 17:123-127.
- Heeb, A.; Bundegardh, B.; Ericsson, T. and Savage, G. P. 2005. Effects of nitrate, ammonium, and organic-nitrogen-based fertilizers on growth and yield of tomatoes. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 168:123-129.
- Herrera, F.; Castillo, J. E.; Chica, A. F. and López, B. L. 2008. Use of municipal solid waste compost (MSWC) as a growing medium in the nursery production of tomato plants. *Bioresour. Technol.* 99(2):287-296.
- Hossain, M. D.; Musa, M. F.; Talib, J. and Jol, H. 2010. Effects of nitrogen, phosphorus and potassium levels on kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) growth and photosynthesis under nutrient solution. *J. Agric. Sci.* 2:49-57.
- Inden, H. and A. Torres. 2005. Comparison of four substrates on the growth and quality of tomatoes. *Acta Hort.* 644:205-210.
- Iqbal, N.; Nafees, A. K.; Rahat, N. and Teixeira, J. A. 2012. Ethylene-stimulated photosynthesis results from increased nitrogen and sulfur assimilation in mustard types that differ in photosynthetic capacity. *Environ. Exp. Bot.* 78:84-90.
- Jones, J. B. 1999. *Tomato plant culture: in the field, greenhouse and home garden.* CRC Press LLC, New York, NY, USA. 199 p.
- Kirk, P. J. 1950. Método de Kjeldahl para nitrógeno total. *Anal. Chem.* 22:354-358.
- Magdaleno, V.; Peña, L. R.; Castro, B. A. M.; Castillo, G. A.; Galvis, S. F.; Ramírez, P. y Hernández, H. B. 2006. Efecto de soluciones nutritivas sobre el desarrollo de plántulas de tomate de cáscara. *Revista Chapingo* 12:223-229.
- Márquez, H.; Cano, C. P. y Rodríguez, D. N. 2008. Uso de sustratos orgánicos para la producción de tomate en invernadero. *Agric. Téc. Méx.* 34:69-74.
- Pérez, M.; Moral, M. D. R.; Moreno, C. J. and Pérez, E. A. 2006. Use of composted sewage sludge in growth media for broccoli. *Bioresour. Technol.* 97:123-130.
- Porter, H. C. 2000. New trends in sustainable farming build compost use. *BioCycle* 41:30-35.
- Raviv, M.; Oka, Y.; Katan, J.; Hadar, Y.; Yogev, A.; Medina, S.; Krasnovsky, A. and Ziadna, H. 2005. High-nitrogen compost as a medium for organic container-grown crops. *Bioresour. Technol.* 96:419-427.
- Rodríguez, D.; Cano, N. P.; Figueroa, U. P.; Palomo, G. M. A.; Favela, C. E.; Álvarez, R. V.; Márquez, H. C. y Moreno, R. A. 2008. Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. *Rev. Fitotec. Mex.* 31:265-272.
- Rodríguez, M.; Alcántar, G.; Aguilar, A.; Etchevers, J. D. y Santizo, J. A. 1998. Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. *Terra Latinoamericana* 16(2):135-141.
- Statistical Analysis System (SAS Institute Inc.). 1982. *SAS User's guide: Statistics.* Cary, NC, USA. 584 p.
- Siddiqui M. H.; Mohammed, M. N. F.; Khan, M. M. and Khan, A. 2008. Cumulative effect of soil and foliar application of nitrogen, phosphorus, and sulfur on growth, physico-biochemical parameters, yield attributes, and fatty acid composition in oil of erucic acid-free rapeseed-mustard genotypes. *J. Plant Nutr.* 31:1284-1298.

- Siddiqui, M. H.; Mohammad, F.; Khan, M. N.; Al, W. M. H, and Bahkali, H. A. 2010. Nitrogen in relation to photosynthetic capacity and accumulation of osmoprotectant and nutrients in *Brassica* genotypes grown under salt stress. *Agric. Sci. China* 9:671-680.
- Singh, R.; Sharma, R. R.; Kumar, S.; Gupta, R. K. and Patil, R. T. 2008. Vermicompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Bioresour. Technol.* 99:8507-8511.
- Tognetti, C.; Laos, F.; Mazzarino, M. J. and Hernández, M. T. 2005. Composting vs vermicomposting: a comparison of end product quality. *Compost Scie. Util.* 13:6-13.
- Zaller, J. G. 2007. Vermicompost as a substitute for peat in potting media: effects on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. *Scie. Hort.* 112:191-199.