

## Rendimiento y calidad de tomate con fuentes orgánicas de fertilización en invernadero

### Yield and quality of tomato with organic sources of fertilization under greenhouse conditions

Márquez-Hernández C<sup>1</sup>, P Cano-Ríos<sup>2</sup>, U Figueroa-Viramontes<sup>3</sup>, JA Avila-Diaz<sup>4</sup>,  
N Rodríguez-Dimas<sup>2</sup>, JL García-Hernández<sup>1</sup>

**Resumen.** La escasez de fertilizantes permitidos en la agricultura orgánica (AO) impulsa la búsqueda de alternativas, dentro de las cuales una de las más sobresalientes es el uso de composta. El sistema de AO ha sido reconocido como un sistema más sustentable que el convencional. La AO es regida por normas estrictas que prohíben la mayoría de los fertilizantes comunes. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de varios tratamientos de fertilización en la producción orgánica de tomate en invernadero. Los tratamientos de fertilización se establecieron mezclados con un sustrato base. Dicho sustrato consistió de una mezcla de 50% de composta más 50% de arena de río, en macetas de 20 L. El diseño experimental fue completamente al azar con cinco repeticiones en un arreglo factorial 5x2, donde los factores A y B fueron: a) tratamientos de fertilización y b) genotipos. Dentro de los resultados encontrados no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre los genotipos (Bosky y Big Beef) que fueron comparados. Dentro de los tratamientos se compararon varias fuentes de nutrientes orgánicos e inorgánicos mezclados con la base de composta. El tratamiento de fertilización considerando la mezcla de composta con macroelementos orgánicos presentó un rendimiento 37,1% superior al testigo. La misma tendencia se observó en las variables altura de planta y la calidad del fruto. El tratamiento con composta más un suplemento de macroelementos únicamente orgánicos fue capaz de igualar el desarrollo y rendimiento general respecto al tratamiento con composta y un suplemento de macroelementos inorgánicos. Los sólidos solubles fueron mayores en tratamientos con composta respecto al testigo sin dicho material. Los resultados permiten considerar la producción de tomate en invernadero utilizando fertilización orgánica como alternativa viable para los productores orgánicos, así como para aquellos que deben trabajar en ambientes protegidos comprometidos con la sustentabilidad.

**Palabras clave:** Composta; *Lycopersicum esculentum*; Sustrato orgánico; Producción sustentable.

**Abstract.** The scarcity of fertilizers that are allowed in organic agriculture (AO) encourages the search for alternatives, being the use of compost one of the most outstanding. AO has been recognized as a more sustainable system than conventional agriculture. AO is ruled by strict norms which forbid the use of most common fertilizers. The aim of this study was to evaluate the effect of various fertilization treatments on the organic production of greenhouse-grown tomato. A completely randomized experimental design with five replications was used, with a 5x2 factorial arrangement. Factors A and B were: a) fertilization treatments and b) tomato genotypes. For the fertilization levels, various sources of both organic and inorganic nutrients were mixed with a base substrate; it consisted of a mixture of 50% compost plus 50% river sand in 20 L pots. Results showed no significant differences between the two genotypes (Bosky and Big Beef). The fertilization treatment consisting of a mixture of compost plus organic macroelements increased yield by 37.1% with respect to the control (without fertilizers). The same trend was observed for other variables, such as plant height and fruit quality. The treatment with compost plus a supplementation of organic macroelements was able to achieve the same general development and yield as the treatments with compost plus inorganic macroelements. The soluble solids showed higher values on treatments with compost with respect to the control without such material. The results showed that the greenhouse production of tomato using organic fertilization is a viable alternative for both organic growers and greenhouse growers committed to sustainability.

**Keywords:** Compost; *Lycopersicum esculentum*; Organic substrate; Sustainable production.

<sup>1</sup> Universidad Juárez del Estado de Durango. Constitución No. 404 Sur, Col. Centro. Durango, Dgo., México.

<sup>2</sup> Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna. Periférico y Carretera a Santa Fe, Torreón, Coah., México

<sup>3</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias-Campo Experimental La Laguna. Domicilio Conocido, Matamoros, Coah., México.

<sup>4</sup> Universidad de Occidente. Blvd. Macario Gaxiola s/n, Los Mochis, Sin., México.

Address Correspondence to: Dr. José Luis García Hernández, e-mail: josel.garciahernandez@yahoo.com

Recibido / Received 3.IX.2012. Aceptado / Accepted 4.XII.2012.

## INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el mundo ha observado un rápido desarrollo del segmento de agricultura orgánica (AO) (Rodrigues et al., 2006; Willer et al., 2008). Cada vez más, los consumidores prefieren alimentos libres del uso de agroquímicos, incluidos los fertilizantes inorgánicos. Se ha logrado desarrollar un sector de los consumidores conocido como “consumidor ecológico”, dispuesto a pagar un precio extra por adquirir alimentos obtenidos bajo un sistema de producción orgánica certificado (Alvajana et al., 2004; Gewin, 2004; Heeb et al., 2005; Graham, 2007; De la Cruz-Lazaro et al., 2010).

Siguiendo los principios que la rigen (FAO, 2001; IFOAM, 2003), la AO aspira retornar a los ciclos cerrados de energía y materiales, maximizar el reciclaje, emplear sistemas de rotación, usar fertilizantes de origen orgánico y energías renovables (Guzmán y González, 2009). La filosofía que da origen a este sistema productivo privilegia el objetivo de producir alimentos inocuos y de alta calidad procurando la salud ecológica a largo plazo (García-Hernández et al., 2010). La salud ecológica incluye en principio la biodiversidad y la calidad del suelo, y en esta filosofía ello tiene mayor relevancia que las posibles ganancias económicas de la agricultura (Wheeler, 2008).

Desafortunadamente, aun existen limitaciones para los productores para incorporarse inmediatamente al sistema de AO, ya que es posible únicamente al cultivar en un suelo virgen o bien en un sustrato creado con materias primas aprobadas por las normas orgánicas (Huxham et al., 2005; Márquez y Cano, 2005). Al respecto, las normas de certificación, permiten la elaboración de insumos agrícolas (Rodrigues et al., 2006), así como también el uso de insumos comerciales formulados a base de sustancias naturales que han sido evaluados por el Instituto Revisor de Materiales Orgánicos (OMRI por sus siglas en inglés).

Las normas orgánicas señalan como requisito para el uso del estiércol, que éste debe pasar por un proceso de compostaje. El compost, así obtenido, tiene algunas ventajas sobre otros abonos orgánicos. Por ejemplo, respecto a su tasa de liberación de nutrientes, se ha reportado que del 70 al 80% de fósforo, 80 al 90% de potasio, y 11% del nitrógeno quedan disponibles para la planta en el primer año (Eghball, 2000; Aram y Rangarajan, 2005; Rosen y Bierman, 2005).

Existen antecedentes que señalan que los nutrientes del compost pueden cubrir los requerimientos nutricionales del tomate, parcial o totalmente (Márquez y Cano, 2004; Raviv et al., 2004, 2005). Otros estudios contradicen esas aseveraciones (Subler et al., 1998; Atiyeh et al., 2000). Estas diferencias pueden ser derivadas de la capacidad de respuesta de los diferentes genotipos (Sanders et al., 2006). Por ello, el presente estudio presenta una comparación de dos genotipos. Al respecto, Márquez y Cano (2004) encontraron un rendimiento de tomate orgánico en invernadero de 89,6 t/

ha cultivado en un sustrato de compost más arena sin utilizar fertilización; este rendimiento superó a aquel de tomate producido en campo abierto en 8,96 veces. Si bien el tomate en invernadero generalmente incrementa su rendimiento respecto al tomate en campo abierto, el caso mencionado es sobresaliente ya que no se utilizó ningún fertilizante suplementario. Lo usual en invernadero es que las dosis de fertilizantes sintéticos son extremadamente altas (Preciado-Rangel et al., 2003).

Tuzel et al. (2003) encontraron rendimientos de tomate orgánico en invernadero de 90 t/ha cuando se fertilizó con gallinaza. Márquez y Cano (2005) obtuvieron en tomate cherry orgánico bajo invernadero, 310% más rendimiento que lo producido en campo abierto. Al respecto, Rincón (2002) determinó que los coeficientes de extracción de nutrientes (kg/t) del tomate en invernadero fueron: 3,0; 1,0; 5,0; 2,5 y 1,0 para N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, Ca y Mg, respectivamente. Las hipótesis de este trabajo fueron: (a) el cultivo de tomate bajo condiciones protegidas obtiene los nutrientes del compost y de suplementos permitidos en la agricultura orgánica, y presenta valores de rendimiento y calidad similares o superiores al tomate fertilizado en forma convencional; y (b) diferentes genotipos de tomate presentan variación respecto a su respuesta a la fuente de fertilización, tanto orgánica como inorgánica. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el rendimiento y calidad de fruto de tomate con la utilización de fuentes orgánicas de fertilización, en la producción de tomate orgánico en invernadero, comparando dos genotipos de amplia aceptación en el área de estudio.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Campo Experimental La Laguna (CELALA-INIFAP), en condiciones de invernadero. El CELALA se ubica en el km 17,5 de la carretera Torreón-Matamoros en Coahuila; estado del norte-centro de México. La dimensión del invernadero fue de 250 m<sup>2</sup> de estructura metálica, cubierto lateralmente por láminas de policarbonato y doble capa de plástico en el techo. El plástico tuvo aislamiento térmico y un espesor de 150 micras. El sistema de riego fue por goteo, suministrando 0,5 a 2 L por maceta diarios, variando gradualmente desde trasplante a cosecha. La estimación del cálculo de riego se obtuvo mediante el método sugerido por Valdés-Gómez et al. (2009); ello se realizó tomando como referencia las recomendaciones regionales para tomate en invernadero. La siembra se realizó en el mes de agosto de 2009 en charolas de poliestireno expandido de 200 cavidades, mientras que el trasplante se efectuó el 1 de octubre de 2009, en macetas de plástico de 20 L.

Los tratamientos de fertilización tuvieron como base mezclas de 50% de compost más 50% de arena de río (v/v). El compost utilizado fue Biocomposta®, producto certificado por IFOAM. El análisis químico del compost presentó los

siguientes valores respecto a los macronutrientes: 0,86; 0,17; 1,03; 4,86; 0,76 y 0,14% de N, P, K, Ca, Mg y Na, respectivamente. En el caso de los micronutrientes se presentó de la siguiente forma: 3785; 22,5; 92,5 y 2270 mg/kg de Fe, Cu, Zn y Mn, respectivamente.

La densidad de plantación fue de cuatro plantas por m<sup>2</sup> con una planta por maceta. El ciclo de cultivo fue de 213 días con temperaturas máxima y mínima extremas de 10,7 y 32,01 °C.

El diseño experimental fue completamente al azar con cinco repeticiones en arreglo factorial 5x2. El factor A fueron los tratamientos de fertilización: 1) compost y riego con sólo agua (CA); 2) compost más microelementos en el riego (CME); 3) CME más macroelementos orgánicos en el riego (CMAEO); 4) CME más macroelementos inorgánicos (CMAEIn), y 5) el testigo con sólo arena sin compost y regada con solución nutritiva conteniendo macro y microelementos (T). El factor B fueron los genotipos de tomate: Bosky y Big Beef. Las primeras tres fuentes de fertilización están aceptadas en la producción orgánica certificada.

Se aplicó Maxiquel® de la compañía Biocampo® para suministrar los microelementos (Mi). Los macroelementos en la fertilización orgánica fueron suministrados con el complejo Biomix® (NPK) de la compañía BioAgroMex®,

aprobado por las normas de producción orgánica certificada de IFOAM. Los macroelementos inorgánicos fueron aplicados a base de nitratos de: calcio, potasio y magnesio; además de ácido fosfórico. La Tabla 1 muestra una caracterización de las mezclas (sustratos) de los tratamientos de fertilización.

Asimismo, se realizaron análisis químicos al agua utilizada en todos los casos, obteniéndose los siguientes resultados: pH: 8,17; CE: 0,32 dS/cm; y cloruros, sulfatos, Ca, Mg, Na y K: 0,62; 1,31; 1,81; 0,19; 1,05 y 0,07 mg/L, respectivamente; Fe, Cu, Mn y NO<sub>3</sub>: 0,02; 0,01; 0,01 y 0,01 mg/kg, respectivamente. Para los tratamientos de fertilización 2 (CME), 3 (CMAEO) y 4 (CMAEIn) se agregaron además microelementos de la siguiente forma: Fe, Mn, Zn y B: 1,15; 0,49; 0,16 y 0,16 mg/kg, respectivamente.

La adición de los diferentes macro y microelementos adicionales a los suplementados por la composta, tanto de origen orgánico como inorgánico, se inició cuando se presentaron los primeros síntomas visuales de clorosis [88 días después del trasplante (ddt); ver Tabla 2]. En el caso del testigo, el suministro de la solución nutritiva se realizó durante todo el ciclo del cultivo.

Dentro de las prácticas agronómicas, se realizaron aplicaciones preventivas contra plagas y enfermedades con productos autorizados para la producción orgánica; dichas aplicaciones incluyeron insecticidas (Abakob, Bio-crack, Bioinsect y Kilwalc), fungicidas y bactericidas (BioFyb, Sedric 650 y Sul-tron), de acuerdo con las recomendaciones técnicas de cada producto.

Las variables evaluadas fueron altura de planta (inicial y final), floración (aparición del primero y quinto racimo), rendimiento, calidad de fruto (peso de fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial, número de lóculos, espesor de pulpa y sólidos solubles).

Para las variables floración, altura, rendimiento y calidad de fruto se realizaron análisis de varianza. En los casos en los que se encontró diferencia estadística significativa, se realizaron comparaciones de medias mediante DMS al 5% (SAS Institute, 2002).

**Tabla 1.** Caracterización inicial y final de los sustratos utilizados.

**Table 1.** Initial and final characterization of the study substrates.

Característica	Mezcla Inicial		Mezcla Final			
	CA	CME	CMAEO	CMAEIn	T	
CIC (cmolc/kg)	8	5	5	5	7	5
% de Saturación	46	47	50	43	45	40
pH (1:1)	8,24	8,63	8,60	8,42	8,56	8,10
CE (dS/m)	2,45	1,05	0,91	0,67	0,85	0,65
% de Materia Orgánica	7,16	4,3	3,36	3,86	2,68	0,12

CA: composta más agua; CME: compost más microelementos; CMAEO: CME más macroelementos orgánicos; CMAEIn: CME más macroelementos inorgánicos; T: arena más micro y macroelementos inorgánicos.

**Tabla 2.** Concentración de la solución nutritiva del testigo (mg/L) según la etapa fenológica (Zaidan y Avidan, 1997) del cultivo.

**Table 2.** Concentration of the control nutrient solution (mg/L) according to the phenological stage (Zaidan & Avidan, 1997) of the crop.

Estado del cultivo	N	P	K	Ca	Mg
Plantación y establecimiento	100 – 120	40 – 50	150 – 160	100 – 120	40 – 50
Floración y cuajado	150 – 180	40 – 50	200 – 220	100 – 120	40 – 50
Inicio de maduración y cosecha	180 – 200	40 – 50	230 – 250	100 – 120	40 – 50

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Altura de planta.** La altura inicial presentó diferencia significativa en los genotipos (Factor B,  $p < 0,0227$ ); Big Beef con 47,3 cm superó en 6,34% a Bosky. En el caso de los tratamientos de fertilización se presentó diferencia significativa (Factor A,  $p < 0,0001$ ). Los tratamientos que contenían compost (CA, CME, CMaEO y CMaEIn), con un promedio de 43,12 cm, superaron al testigo en un 18,3%. La interacción presentó diferencias significativas (Factor A x B,  $p < 0,0001$ ) sobresaliendo los tratamientos con composta (CA, CME, CMaEO y CMaEIn), con ambos genotipos con una media de 50,47 cm; ambos genotipos superaron al testigo en un 46,21% (Tabla 3). Una explicación probable a este resultado es la diferencia en la retención de humedad, ya que se ha reportado que los sustratos mezclados con composta, en promedio retienen un 14,21% más de humedad que la arena. Por consiguiente, la absorción de nutrientes es más eficiente (Castellanos et al., 2000).

La altura final no presentó diferencias significativas entre genotipos (Factor B,  $p > 0,08638$ ). Por otro lado, en el caso de los tratamientos de fertilización sí se presentaron diferencias significativas (Factor A,  $p < 0,0001$ ). Los tratamientos que contenían fertilizante con macroelementos (CMaEO, CMaEIn y

Testigo), con un promedio de 205,16 cm, superaron a CA y CME en un 18,3%. La interacción de factores presentó diferencias significativas (Factor A x B,  $p < 0,0001$ ), sobresaliendo los tratamientos fertilizados con macroelementos (CA, CME, CMaEO y CMaEIn), en ambos genotipos con una media de 205,13 cm, superando a los tratamientos CA y CME en un 18,3% (Tabla 3).

En general, los macroelementos contenidos en el compost (Tabla 2) no fueron suficientes para igualar la altura final de planta respecto a los tratamientos donde se fertilizó con macroelementos. Al respecto, Márquez y Cano (2005) indicaron que la altura de planta de tomate cherry producida hidropónicamente fue mayor en un 10,8% que la alcanzada en una mezcla de 50% de arena y vermicomposta sin fertilizar. Con respecto al desarrollo del tomate con tratamientos de compost, los resultados del presente estudio no coinciden con los obtenidos por Moreno et al. (2005). Estos autores no encontraron diferencias en altura de planta al evaluar tomate en tratamientos de composta de diferentes fuentes y un testigo hidropónico, obteniendo una media de 131,68 cm. Al respecto, cabe señalar que el genotipo de tomate utilizado fue diferente a los experimentados en el presente estudio. Adicionalmente, Zaller (2007) mencionó que las compostas pueden presentar diferencias significativas (de alrededor del 20%) en las res-

**Tabla 3.** Aparición del primer (R1) y quinto racimo (R5), y altura de planta inicial (AI) y final (AF) de tomate en macetas considerando dos genotipos y cinco tratamientos de fertilización en condiciones de invernadero.

**Table 3.** Emergence of the first (R1) and fifth raceme (R5), and initial (AI) and final (AF) plant heights in potted tomato considering two genotypes and five fertilization treatments under greenhouse conditions.

Interacción		R1	R5	AI	AF
BB	CA†	22,3 c	63,3 d	56,16 a	163,3 e
	CMaEIn	20,6 c	59,0 e	46,0 e	205,0 a
	CME	18,6 c	59,0 f	50,16 c	148,1 e
	CMaEO	22,0 c	58,6 g	49,0 d	235,7 a
	T	30,0 b	81 b	35,3 g	195,2 cd
Bosky	CA	18,3 c	78,6 c	56,6 a	183,7 de
	CMaEIn	22,0 c	69,3 d	40,3 f	193,6 de
	CME	21,6 c	109,6 a	50,3 b	174,8 e
	CMaEO	19,0 c	116,6 a	55,3 a	202,8 b
	T	43,6 a	105,3 a	19,0 g	198,5 c
Media		23,8	80,06	45,83	190,11
Nivel de Significancia		0,0014	0,0001	0,0001	0,0297
C.V. (%)		14,04	7,43	7,25	8,51

†CA: composta más agua; CME: compost más microelementos; CMaEO: CME más macroelementos orgánicos; CMaEIn: CME más macroelementos inorgánicos; T: arena más micro y macroelementos inorgánicos. Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de DMS ( $p \leq 0,05$ ).



puestas en las variables de crecimiento en tomates producidos en invernadero.

**Floración. Primer Racimo (R1).** En la aparición del primer racimo no hubo diferencias significativas entre genotipos (Factor B,  $p > 0,0869$ ) mientras que en el caso de los tratamientos (Factor A) y la interacción genotipos x tratamientos (Factor A x B), se presentaron diferencias significativas ( $p < 0,0001$ ). Los tratamientos que contenían composta (CA, CME, CMaEO y CMaEIn), a los 20,55 días después del trasplante (ddt), superaron al testigo en un 44,15% en la aparición del primer racimo en ambos genotipos.

**Quinto Racimo (R5).** Respecto a la aparición del quinto racimo, se presentaron diferencias significativas en los genotipos (Factor B,  $p < 0,0001$ ), sobresaliendo Big Beef en la aparición del quinto racimo (64,2 ddt) con un 33,07% respecto a Bosky. En el caso de los tratamientos de fertilización se presentaron diferencias significativas (Factor A,  $p < 0,0001$ ). Los que contenían composta (CA, CME, CMaEO y CMaEIn), con un promedio de 76,75 ddt, superaron al testigo en un 17,56%. Para el caso de la interacción (Factor A x B), los tratamientos con composta (CA, CME, CMaEO y CMaEIn) y el genotipo Big Beef, con una media de 59,97 ddt, fueron superiores ( $p < 0,0001$ ) a los tratamientos restantes en un 35,7%.

Las diferencias para ambos racimos probablemente se atribuyen a la disponibilidad inmediata y constante de los ele-

mentos nutritivos contenidos en la composta (Tabla 1). Contrariamente, el tratamiento testigo es un medio inerte con baja capacidad de intercambio catiónico. Esos resultados coinciden con los de Muñoz (2003), quien mencionó que el primer racimo floral apareció a las tres semanas aproximadamente, después de la expansión cotiledonal. Además, añadió que deben existir entre seis y once hojas debajo de la primera inflorescencia, ya que si éstas son escasas, los fotoasimilados serán insuficientes para abastecer las primeras flores y especialmente el crecimiento de los primeros frutos.

**Rendimiento.** No hubo diferencias en rendimiento entre los genotipos (Factor B), ni en la interacción genotipos x fuentes de fertilización (Factor A x B), con una media general de 116,41 t/ha. Respecto a los tratamientos de fertilización (Factor A), tanto el tratamiento testigo como la fertilización con macroelementos orgánicos e inorgánicos fueron iguales estadísticamente, con un promedio de 136,7 t/ha, superando en 37,1% a los tratamientos agua y microelementos que fueron inferiores estadísticamente (Fig. 1). Estos resultados sugieren que es necesario suministrar macroelementos nutritivos, ya que la demanda de éstos por la planta sobrepasa a los contenidos en la composta (Hashemimajd et al., 2004). No obstante, Márquez y Cano (2004) informaron que con los elementos nutritivos contenidos en composta es posible producir tomate en invernadero; la diferencia puede atribuirse al contenido de los elementos nutritivos de las compostas utilizadas por los autores citados. Por otro lado, hipotéticamente, el nitrógeno contenido en la composta (Tabla 2) con una tasa de mineralización del 11%, permite obtener rendimientos (según Rincón, 2002) de alrededor de 88 t/ha. Lo anterior coincide con el promedio obtenido por los tratamientos a los cuales no se les suministraron macroelementos, que fue de 86 t/ha. Kleinhenz et al. (2007) mencionaron que el uso de composta aumenta el rendimiento de 1,3 a 4 veces respecto a cuando no se utiliza la composta.

Por otro lado, los rendimientos obtenidos muestran similitud al fertilizar con fuentes orgánicas e inorgánicas, indistintamente si se utiliza mezcla de composta más arena o bien sólo arena como sustrato. Resultados similares fueron encontrados por Herencia et al. (2007) al comparar fertilizaciones minerales y orgánicas. El rendimiento medio para ambos genotipos, fertilizados orgánicamente, fue de 130,46 t/ha, superando lo citado por Tuzel et al. (2003) en 31,08%, y Márquez y Cano (2004) en 31,47%. Es importante señalar que la producción de tomate orgánico fertilizado bajo condiciones de invernadero como se menciona en el presente estudio, mejoró los rendimientos obtenidos a campo abierto (SAGARPA, 2005) en 13,04 veces. Estos resultados ofrecen así una alternativa viable para los productores orgánicos así como para aquellos que trabajan en ambientes protegidos comprometidos con la sustentabilidad.

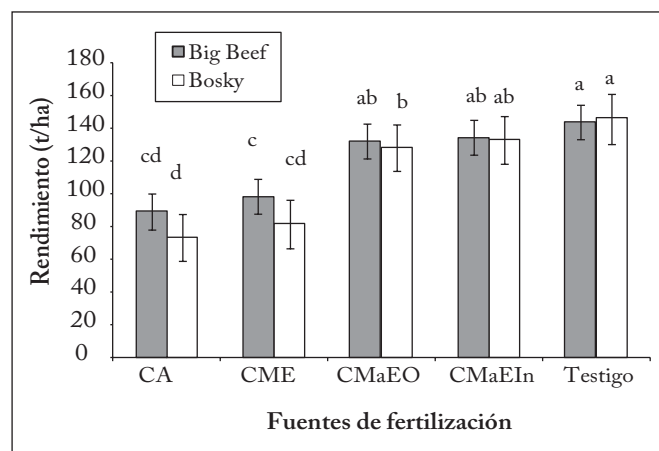


Fig. 1. Comparación de medias del rendimiento de tomate producido en macetas comparando dos genotipos con cinco tratamientos de fertilización en invernadero. Letras distintas en las barras indican diferencias significativas, según la prueba de DMS ( $p \leq 0,05$ ). Las líneas sobre las barras representan el error estándar de la media de cada tratamiento.

Fig. 1. Mean comparison for yield of tomato grown in pots comparing two genotypes with five fertilization treatments under greenhouse conditions. Different letters on histograms indicate significant differences, according to the DMS test ( $p \leq 0,05$ ). Lines above histograms represent the standard error of the means for each treatment.

**Tabla 4.** Parámetros de fruto promedio para dos genotipos de tomate producido en maceta considerando cinco tratamientos de fertilización en condiciones de invernadero.

**Table 4.** Mean fruit traits for two potted tomato genotypes grown considering five fertilization treatments under greenhouse conditions.

Tratamientos de fertilización	Peso de fruto	Diámetro Polar	Diámetro Ecuatorial	Grados Brix	No. de lóculos	Espesor de pulpa
CA	223,33	6,13	7,49	4,61 a	5,58	0,76
CME	213,17	6,40	7,51	4,72 a	6,01	0,70
CMaEO	241,53	6,39	7,99	4,61 a	5,96	0,77
CMaEln	239,58	6,52	7,92	4,50 a	5,72	0,75
Test	238,78	6,63	7,98	4,20 b	5,57	0,67
Media	231,28	6,41	7,78	4,53	5,78	0,7386
Nivel de Significancia	0,1920	0,0630	0,0962	0,0014	0,6567	0,4985
C.V. (%)	16,3	5,36	7,15	5,88	14,61	9,81

Letras distintas en una misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de DMS ( $p \leq 0,05$ ).

**Calidad.** Para el caso de la comparación entre genotipos (Factor B) y la interacción genotipos x fertilización (Factor A x B) no existió diferencia significativa entre las variables cualitativas: peso de fruto, diámetro ecuatorial y polar, número de lóculos y espesor de pulpa. Los valores promedios para dichas variables entre ambos genotipos fueron de 231,2 g; 7,78 cm; 6,71 cm; 5,78 lóculos, y 0,73 cm, respectivamente (los coeficientes de variación fueron 16,3; 7,15; 5,36; 14,61 y 9,81%, respectivamente). En el caso de los grados Brix (indicativo del contenido de sólidos totales o contenido de azúcar), se presentó la mayor diferencia entre genotipos; Bosky, con 4,75 °Brix, presentó un valor 9,26% superior a Big Beef.

Dichos valores de sólidos solubles fueron 8,4% menores en el testigo con relación a los tratamientos con composta, que presentaron 4,61 °Brix en el tratamiento 3, el cual únicamente contuvo nutrientes permitidos en la agricultura orgánica. Resultados similares con respecto a grados Brix han sido reportados por Márquez y Cano (2004), ya que mencionan un menor contenido de sólidos solubles en tomate cuando se cultiva en medios inertes, respecto al uso de sustratos orgánicos. Esos resultados coinciden también con lo reportado por Gutiérrez et al. (2007), quienes mencionaron que al fertilizar con compost generalmente aumentan los sólidos solubles. Mitchell et al. (1991) citaron que la calidad de los frutos varía en función de la frecuencia y disponibilidad de agua.

En el resto de las variables de calidad hubo muy pocas diferencias. Dentro de las más notables se encuentra un menor peso de fruto en el tratamiento 2 (sin aportación de macronutrientes). Indudablemente la explicación recae en la falta de macronutrientes suficientes para un adecuado amarre y desarrollo del fruto.

Entre los dos genotipos (Bosky y Big Beef) no se observaron diferencias significativas en rendimiento y calidad. Respecto a la comparación entre tratamientos de fertilización,

el tratamiento 3, en el cual se agregaron tanto micro como macroelementos orgánicos, presentó un valor de rendimiento 37,1% superior al testigo químico. Los tratamientos donde se combinó composta como sustrato, y micro y macroelementos orgánicos, presentaron mayor altura de plantas, precocidad y similitud en la calidad de la cosecha. Los macroelementos suministrados tanto orgánica o inorgánicamente presentaron respuestas similares estadísticamente en ambos genotipos, comparados tanto en rendimiento como en variables componentes de la calidad. Los sólidos solubles presentaron valores más altos en tratamientos con composta respecto al testigo en arena suministrado con solución nutritiva inorgánica. Los resultados permiten considerar como viable la producción de tomate en invernadero utilizando composta como sustrato, y formulaciones orgánicas permitidas en la agricultura orgánica, como alternativa para que los productores mantengan niveles aceptables de calidad y rendimiento. Deberán compararse otras alternativas orgánicas con la finalidad de (1) validar los resultados aquí obtenidos, y (2) presentar a los productores alternativas de manejo de fertilización adecuadas, particularmente en ambientes protegidos.

## REFERENCIAS

- Alvajana, M.C.R., J.A. Hoppin y F. Kamel (2004). Health effects of chronic pesticide exposure: cancer and neurotoxicity. *Annual Review of Public Health* 25: 155-197.
- Aram, K. y A. Rangarajan (2005). Compost for nitrogen fertility management of bell pepper in a drip-irrigated plasticulture system. *HortScience* 40: 577-581.
- Atiyeh, R.M., S. Subler, C.A. Edwards, G. Bachman, J.D. Metzger y W. Shuster (2000). Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiología* 44: 579-590.

- Castellanos, Z.J., J.X. Uvalle y A. Aguilar (2000). Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. 2ª. Ed. INCAPA. San Miguel de Allende, Guanajuato, México. 215 p.
- De la Cruz, E., R. Osorio-Osorio, E. Martínez-Moreno, A.J. Lozano del Río, A. Gómez-Vázquez y R. Sánchez-Hernández (2010). Uso de compostas y vermicompostas para la producción de tomate orgánico en invernadero. *Interciencia* 35: 363-368.
- Eghball, B. (2000). Nitrogen mineralization from field-applied beef cattle feedlot manure or compost. *Soil Science Society of America Journal* 64: 2024-2030.
- Food Agriculture Organization (FAO) (2001). Los mercados mundiales de frutas y verduras orgánicas. Roma, Italia. 230 p.
- García-Hernández, J.L., I. Orona Castillo, E. Salazar Sosa, C. Vázquez Vázquez, R. Zuñiga Tarango, J.D. López Martínez y E.O. Rueda-Puente (2010). Filosofía, desarrollo y adopción de la agricultura orgánica: el caso de México. *AgroFaz* 10: 1-9.
- Gewin, V. (2004). Organic FAQs. *Nature* 428: 796-798.
- Graham, R.D. (2007). Organic tomatoes have more antioxidants. *New Scientist* 195 (2611): 16.
- Gutiérrez-Miceli, F.A., J. Santiago-Borraz, J.A. Montes-Molina, C. Carlos-Nafate, M. Abud-Archila, M.A. Oliva-Laven, R. Rincón-Rosales y L. Dendooven (2007). Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Bioresource Technology* 98: 2781-2786.
- Guzmán, G.I. y M. González (2009). Preindustrial agriculture versus organic agriculture. The land cost of sustainability. *Land Use Policy* 26: 502-510.
- Hashemimajid, K., M. Kalbasi, A. Golchin y H. Shariatmadari (2004). Comparison of vermicompost and composts as potting media for growth of tomatoes. *Journal of Plant Nutrition* 27: 1107-1123.
- Heeb, A., B. Lundegårdh, T. Ericsson y G.P. Savage (2005). Nitrogen form affects yield and taste of tomatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 85: 1405-1414.
- Herencia, F., P.J.C. Ruiz, S. Melero, G.P.A. García, E. Morillo y C. Maqueda (2007). Comparison between Organic and Mineral Fertilization for Soil Fertility Levels, Crop Macronutrient Concentrations, and Yield. *Agronomy Journal* 99: 973-983.
- Huxham, K.S., D.L. Sparkes y P. Wilson (2005). The effect of conversion strategy on the yield of the first organic crop. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 106: 345-357.
- International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM) (2003). Normas para la producción y procesado orgánico. Alemania. 158 p.
- Kleinhenz, M., A. Wszelaki, S. Walker, S. Ozgen y D. Francis (2006). Vegetable crop yield and quality following differential soil management (compost versus no compost application) in transitional – and certified – organic system in Ohio. *HortScience* 41: 998.
- Márquez, C. y P. Cano (2004). Producción orgánica de tomate bajo invernadero. En: E. Olivares S. (ed.). Segundo Simposio Internacional de Producción de Cultivos en Invernaderos. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey N. L. México. 258 p.
- Márquez, C. y P. Cano (2005). Producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. *Actas Portuguesas de Horticultura* 5: 219-224.
- Mitchell, P., C. Shennan, S.R. Grattan y D.M. May (1991). Tomato fruit yield and quality under water deficit and salinity. *Journal of the American Society for Horticulture Science* 116: 215-221.
- Moreno, A., M.T. Valdés y T. Zarate (2005). Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost/arena bajo condiciones de invernadero. *Agricultura Técnica* 65: 26-34.
- Muñoz, J.J. (2003). El cultivo de tomate en invernadero. En: J.J. Muñoz y J. Castellanos (eds.). Manual de producción hortícola en invernadero. INCAPA. México, pp. 226-262.
- Preciado-Rangel, P., M. Fortis, J.L. García-Hernández, E. Rueda, J.R. Esparza, A. Lara, M.A. Segura y J. Orozco (2011). Evaluación de soluciones nutritivas orgánicas en la producción de tomate en invernadero. *Interciencia* 36: 689-693.
- Raviv, M., S. Medina, A. Krasnovsky y H. Ziadna (2004). Organic matter and nitrogen conservation in manure compost for organic agriculture. *Compost Science & Utilization* 12: 6-10.
- Raviv, M., Y. Oka, J. Katan, Y. Hadar, A. Yogev, S. Medina, A. Krasnovsky y H. Ziadna (2005). High nitrogen compost as a medium for organic container-growth crops. *Bioresource technology* 96: 419-427.
- Rincón, S.L. (2002). Bases de la fertirrigación para solanáceas y cucurbitáceas cultivadas en invernadero bajo planteamiento de producción integrada. *PYTOMA* 135: 34-46.
- Rodrigues, M.A., A. Pereira, J.E. Cabanas, L. Dias, J. Ires y M. Arrobas (2006). Crops-use-efficiency on nitrogen from manures permitted in organic farming. *European Journal of Agronomy* 25: 328-335.
- Rosen, C y P. Bierman (2005). Using manure and compost as nutrient sources for vegetable crops. University of Minnesota, Extension Service. USA. 12 p.
- Sanders, D., L. Reyes, D. Monks, K. Jennings, F. Louws y J. Driver (2006). Influence of compost on vegetable crop nutrient management. *HortScience* 41: 509.
- SAS Statistical Analysis System (2002). SAS software version 9.1. SAS Institute, Inc. Cary, NC, USA.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) (2005). Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON). México, D.F. <http://www.siea.sagarpa.gob.mx/sistemas/siacon/SIACON.html>
- Subler, S., S. Edwards y J. Metzger (1998). Comparing vermicomposts and composts. *Biocycle* 39: 63-66.
- Tuzel, Y., B. Yagmur y M. Gumus (2003). Organic tomato production under greenhouse conditions. *Acta Horticulturae* 614: 775-780.
- Valdés-Gómez, H., S. Ortega-Farías y M. Argote (2009). Evaluation of water requirements for a greenhouse tomato crop using the Priestley-Taylor method. *Chilean Journal of Agricultural Research* 69: 3-11.
- Wheeler, S.A. (2008). What influences agricultural professionals' views towards organic agriculture? *Ecological Economics* 65: 145-154.
- Willer, H., M. Yussefi-Menzler y N. Sorensen (2008). The world of Organic Agriculture-Statistics and Emerging Trends 2008. IFOAM. SÖL. FiBL. BioFach. Earthscan, London, UK. 276 p.
- Zaidan, O. y A. Avidan (1997). Cultivo de tomate en sustrato. En: Zaidan O. (ed). La producción de tomate. Curso internacional sobre producción de hortalizas en diferentes condiciones ambientales. MASHAV. CINADCO, Shefayim, Israel, pp. 147-151.
- Zaller, J.G. (2007). Vermicompost in seedling potting media can affect germination, biomass allocation, yield and fruit quality of three tomato varieties. *European Journal of Soil Biology* 43: 332-336.