

PRODUCCIÓN ORGÁNICA DE TOMATE BAJO INVERNADERO

CÁNDIDO MÁRQUEZ HERNÁNDEZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS AGRARIAS



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

Subdirección de Posgrado

Torreón, Coahuila. México

Diciembre de 2005

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO

PRODUCCIÓN ORGÁNICA DE TOMATE BAJO INVERNADERO

TESIS

POR

CÁNDIDO MÁRQUEZ HERNÁNDEZ

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS AGRARIAS

Asesor principal



Ph. D. Pedro Cano Ríos

Asesor



Dr. Esteban Favala Chávez

Asesor



Ph. D. Uriel Figueroa Viramontés

Asesor

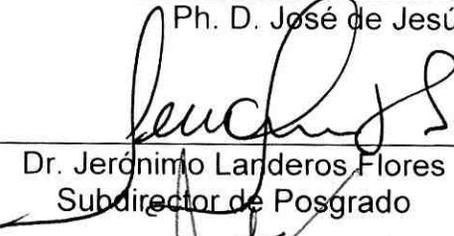


Ph. D. Urbano Nava Camberos

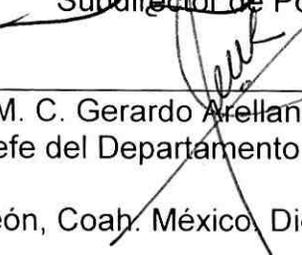
Asesor



Ph. D. José de Jesús Espinoza Arellano



Dr. Jerónimo Landeros Flores
Subdirector de Posgrado



M. C. Gerardo Arellano Rodríguez
Jefe del Departamento de Posgrado

Torreón, Coah. México, Diciembre de 2005

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en especial a la Unidad Laguna, porque estoy hecho en UAAANUL ¡ GRACIAS !

Al Ph. D. Pedro Cano Ríos, porque no tengo palabras para agradecerle todo lo que ha hecho por mí. Gracias Platón Aristóteles.

A las autoridades del CELALA-INIFAP, por permitirme realizar la investigación en sus instalaciones

A la Fundación Produce Coahuila y Durango, por el apoyo económico del proyecto

Al CONACYT por el otorgamiento de la beca

Al Ph.D. Uriel Figueroa Viramontes por sus valiosas aportaciones al presente documento además de brindarme su valioso tiempo

Al Dr Esteban Favela Chávez por su amistad y por haberme compartido sus conocimientos

Al Ph. D. Urbano Nava Camberos por ser parte de mi cuerpo de asesores y permitirme algo de su tiempo

Al Ph. D. José de Jesús Espinoza Arellano por proporcionarme un poco de su tiempo para formar parte de mi comité de asesores

A Gerardo Palacios y a Norma Rodríguez Dimas ¡ GRACIAS !

A todos los estudiantes de Posgrado, en especial a mi compañero José Luis Márquez

A las autoridades del Posgrado en la Universidad: Dr Jerónimo Landeros, M.C. Gerardo Arellano, Dr. Alberto Delgadillo, así como a las secretarias Esther y Lupita

A todos los profesores del Posgrado, en especial al Dr Emiliano Gutiérrez Del Río, por el apoyo brindado

A Bony, Wilber, José de Jesús, Julio, Jorge, Otón y Juan, por su ayuda durante el trabajo de campo

A mi familia, porque sin ustedes talvez no hubiera escrito ésto

DEDICATORIAS

Dedicó el presente trabajo a mis padres Cándido Márquez Fernández y Ma. Sonia Hernández Estrada. Es un logro más de uno de sus hijos; son los mejores Padres

A mi esposa Rosa Elia por toda su comprensión y apoyo, gracias mi niña. Es por tí

A mis hijos, Marlen Alejandra y Alexis Cándido así como el que viene en camino, por no haberles dedicado tanto tiempo; fue por ustedes

A los mejores hermanos del mundo, Ada Luz y César, además, a mi abuelita, Carmen Hernández Estrada. Gracias

COMPENDIO

PRODUCCIÓN ORGÁNICA DE TOMATE BAJO INVERNADERO

Por

Cándido Márquez Hernández

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO” Unidad Laguna

Torreón, Coahuila. México. Diciembre de 2005.

La producción orgánica de alimentos es una alternativa para los consumidores que prefieren alimentos libres de pesticidas y fertilizantes sintéticos, inocuos y con un alto valor nutricional. No obstante, la certificación orgánica indica un periodo de transición de tres a cinco años sin aplicación de ningún producto sintético al suelo, periodo que la mayoría de los productores, no están dispuestos a aceptar, porque implica arriesgar su capital. Por otro lado, el tomate cherry y bola orgánico en México alcanza un precio de 3.31 y 5.84 veces mayor que el convencional, respectivamente; producirlo en invernadero, aumentaría los rendimientos y por ende el beneficio económico para el productor. Sin embargo, es necesario un sustrato, que además de sostén, aporte cantidades considerables de elementos nutritivos que satisfagan las demandas del cultivo. Una alternativa, es la composta, que al mezclarla con medios inertes, mejora sus características físicas y químicas evitando la hipoxia. El experimento se llevó a cabo en Matamoros, Coah. México, en las

instalaciones del Campo Experimental La Laguna del INIFAP. En el primer experimento, el objetivo fue evaluar tomate cherry y bola en mezclas de diferentes compostas a distintos niveles en combinación con arena y perlita bajo condiciones de invernadero. En tomate cherry, las cuatro mezclas sobresalientes fueron vermicomposta al 50% mas arena así como con perlita al 25, 37 y 50% con una media de 48.507 t ha^{-1} ; es decir, 15.88 veces mas, a lo obtenido en producciones de tomate cherry orgánico en campo, sin afectar la calidad de los frutos. En tomate bola, las cuatro mezclas sobresalientes fueron vermicomposta al 50% mas arena así como con perlita al 37 y 50% y biocomposta al 37.5% mas perlita con una media de 91.42 t ha^{-1} ; es decir, 9.14 veces mas, a lo obtenido en producciones de tomate bola orgánico en campo, sin afectar la calidad de los frutos. En el segundo experimento, se añadieron fertilizantes orgánicos certificados. Se obtuvo un rendimiento promedio de 130.46 t ha^{-1} ; es decir, 13.04 veces mas, a lo obtenido en producciones de tomate bola orgánico en campo, sin afectar la calidad de los frutos

ABSTRACT

ORGANIC TOMATO PRODUCTION UNDER GREENHOUSE

By

Cándido Márquez Hernández

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO” Unidad Laguna
Torreón, Coahuila. México. Diciembre de 2005.**

Organic food production is an alternative for consumers who prefer food free of synthetic pesticides and fertilizers, innocuous and with a high nutritional value. However, organic certification indicates a period of transition of three to five years without application of any synthetic product to the soil, period that the most of the producers, are not willing to accept, because that implies a risk for their capital. On the other hand, the organic tomato cherry and beef in Mexico reaches a price of 3,31 and 5.84 times greater than the conventional one, respectively; to produce it in greenhouse, would increase considerably to the yields and therefore the economic benefit for the producer. Nevertheless, a support substrate is necessary, that in addition, contributes considerable amounts of nutrients that satisfy the demands of the cultures. An alternative, is compost, that it will have to be mixed with inert materials, to improve the physical and chemical characteristics of the substrate and to avoid the hypoxia. The experiment was carried out in Matamoros, Coahuila, México, in the Experiment

Station La Laguna facilities. The first experiment, the objective of this work was to evaluate, cherry and beef tomato in mixtures of different composts with different levels in combination with sand and perlita under greenhouse conditions. In cherry tomato, the best four mixtures were vermicompost with sand at 50% level and vermicompost with perlita at 25, 37,5 and 50% levels with a mean yield of 48.507 t ha^{-1} surpassing the open field yields by 15.88 times, without affecting the fruit quality. In beef tomato, the best four mixtures were vermicompost with sand at 50% level and vermicompost with perlita at 37,5 and 50% levels and biocomposta with perlite at 37.5% level with a mean yield of 91.42 t ha^{-1} surpassing the open field yields by 9.14 times, without affecting the fruit quality. In the second experiment, certified organic fertilizers were added. An average in yield of $130,46 \text{ t ha}^{-1}$ surpassing the open field yields by 13.04 times, without affecting the fruit quality.

ÍNDICE

Agradecimientos	iii
Dedicatorias	iv
Compendio	v
Abstract	vii
Índice	ix
Introducción	1
Revisión de literatura	4
Agricultura orgánica	4
Producción de tomate bajo invernadero	6
Producción de tomate orgánico	8
Producción de tomate orgánico en invernadero	9
Fertilización orgánica	10
Literatura citada	12
Artículos	20
1.- Empleo de diferentes sustratos para la producción orgánica de tomate cherry en invernadero	20
2.- Sustratos en la producción orgánica de tomate bajo invernadero	36
3.- Fertilización en la producción orgánica de tomate bajo invernadero	51

INTRODUCCIÓN

Los consumidores, día con día exigen mayor calidad en los alimentos que van a adquirir, prefiriendo aquellos alimentos libres de agroquímicos, inocuos y con alto valor nutricional, en especial los que degustan en fresco; siendo un caso concreto, las hortalizas

Una opción para la generación de este tipo de alimentos, es la producción orgánica, método agrícola en el que no se utilizan fertilizantes ni plaguicidas sintéticos; además, los alimentos obtenidos mediante un sistema de producción orgánica tienen un mejor sabor así como una mejor calidad nutricional

La producción de alimentos orgánicos certificados, se ve limitada debido a que las normas que regulan dicha acción, mencionan que debe transcurrir un período de tres hasta cinco años, sin aplicación de agroquímicos incluyendo fertilizantes, con el propósito de transformar un sistema de producción convencional a orgánico

Sin embargo, los productores no están dispuestos a arriesgar su capital, durante el período antes mencionado, ya que los rendimientos disminuyen y aun no se obtiene el sobreprecio por concepto orgánico

Una alternativa viable para ingresar inmediatamente al sistema orgánico, sería la creación de un sustrato, obtenido a partir de materias primas aprobadas por la normatividad orgánica

Una opción es, mezclar en un contenedor, composta, por su alta cantidad de elementos nutritivos, con medios inertes, con el objetivo de mejorar las características físicas y químicas y evitar la hipoxia

Respecto a los elementos nutritivos contenidos en la composta, existen evidencias que éstos pueden cubrir las demandas del cultivo del tomate parcial o totalmente; en último caso, es necesario suministrar los elementos nutritivos faltantes para obtener el rendimiento esperado. Dicho suministro deberá realizarse mediante insumos certificados o bien con materias primas aprobadas dentro del marco normativo de certificación orgánica

Por otro lado, la producción en invernadero conlleva a obtener ventajas, destacando la producción no estacional así como el aumento en rendimiento. Cabe señalar que la producción orgánica en invernadero, además de lo anterior, evitaría los contratiempos ambientales además del acarreo por el viento de pesticidas aplicados en predios alternos, lo que origina la cancelación inmediata del sello orgánico

En México, la producción orgánica en campo de tomate, tanto bola como cherry, se lleva a cabo en Baja California. Lo anterior, es una entrada importante de divisas al País sin embargo, las ganancias podrían aumentar, si los rendimientos se elevaran, siendo una opción la producción orgánica bajo invernadero

Es conveniente señalar que el tomate es un fruto que se consume diariamente, lo que origina, que en el mejor de los casos, únicamente los frutos contengan los niveles permisibles de pesticidas, sin embargo, la gran cantidad de insumos, tanto pesticidas como fertilizantes, requeridos para cosechas redituables, originan la aplicación excesiva de dichos productos. Es decir, que cuando estamos degustando un tomate, en cualquier presentación, estamos ingiriendo

a la vez, dosis considerables de agroquímicos, los cuales son potencialmente peligrosos a la salud y hasta cancerígenos

Contar con un paquete tecnológico de tomate orgánico bajo invernadero que permita aumentar los rendimientos obtenidos en campo sin afectar la calidad, además de producir durante todo el año, frutos sanos, fue el objetivo general de la presente investigación

REVISIÓN DE LITERATURA

AGRICULTURA ORGÁNICA

La producción y demanda de alimentos orgánicos va en aumento. Los consumidores prefieren alimentos libres de agroquímicos, incluyendo fertilizantes, ya que pueden afectar su salud. Además, los compradores están dispuestos a pagar un sobreprecio por adquirir alimentos obtenidos bajo un sistema de producción orgánica, los cuales tienen mejor sabor. Lo anterior, provoca buscar sistemas de producción apegados lo mas cercano posible a lo no aplicación de agroquímicos, siendo uno de los caminos, la agricultura orgánica, que en forma general, es un método agrícola en el que no se utilizan fertilizantes ni plaguicidas sintéticos, como se menciona en las siguientes normas: FAO, 2001; DOF, 1995; EU, 1991; USDA, 2004; JAS, 2004; IFOAM, 2003 (van Manen *et al.*, 1998; Govindasamy and Italia, 1999; Worthington, 2001; Lotter, 2003; Alvajana *et al.* 2004; Bues *et al.*, 2004; Gewin, 2004; Macilwain, 2004; Schlermeler, 2004; Heeb *et al.*, 2005b)

Gómez *et al.* (1999) menciona que básicamente los principales problemas de que enfrenta la agricultura orgánica, en México y en algunos lugares del mundo, son la comercialización, las limitantes ambientales, los costos de producción y la insuficiencia de capacitación e investigación; la comercialización debido a la oferta y demanda, en función del suministro constante de producto; las limitantes ambientales, debido a las aspersiones aéreas de agroquímicos en áreas aledañas a las orgánicas, repercutiendo en la contaminación de éstas, así

como el agotamiento de los suelos; los costos de producción, debido a que la mayoría de los productos autorizados son extranjeros y por consiguiente de precio elevado, mientras que la insuficiencia de capacitación e investigación, origina que los productores recurran a técnicos y/o instituciones extranjeras.

No obstante, las normas antes mencionadas, establecen un periodo de tres a cinco años para la reconversión de un predio para certificarlo como orgánico, dicha etapa de transición, los productores, no están dispuestos a arriesgar su capital, debido a que los rendimientos disminuyen y la cosecha aun, no es orgánica y por consiguiente no se obtiene aun, el precio premium que oscila entre 30 y 40% mas que el convencional (Gómez *et al.*, 1999; Govindasamy, and Italia, 1999). Huxham *et al.* (2005) señalan que una alternativa para reducir dicho período de transición es la rotación con trébol rojo mas rye grass, logrando la conversión en dos años; otra alternativa es sembrar en un suelo virgen, es decir, nunca cultivado

Trewavas (2004) menciona la existencia de varios beneficios potenciales al realizar agricultura orgánica donde sobresale la sustentabilidad de los sistemas. De igual manera, Robertson and Swinton (2005) fomentan la estabilidad de los sistemas agrícolas

FAO (2001) menciona que Japón, la Comunidad Europea y Estados Unidos, son los principales consumidores de productos orgánicos, los cuales tiene un sobrepeso del orden del 40%, mientras que en México, FIRA (2003) y BANCOMEXT (2004) presentan a la agricultura orgánica como un subsector agrícola factible de producir y exportar generando buenas divisas.

PRODUCCION DE TOMATE BAJO INVERNADERO

La producción en invernadero aumenta los rendimientos, según se ha observado (Moccia *et al.*, 1999; Berenguer *et al.*, 2003; Incrocci *et al.*, 2003), es decir, producir orgánicamente en dicho sistema, aumentaría la relación beneficio-costos.

Por otro lado, la tendencia actual de producción de tomate, es realizarla bajo invernadero, que según Castilla (2003) dichas estructuras pretenden mejorar las condiciones ambientales para incrementar la bioproductividad, presentándose producciones de tomate anuales de 300 a 500 t ha⁻¹, en función del nivel de tecnificación del invernadero, el cual garantiza que el producto cumpla con los estándares de calidad e inocuidad alimentaria que exigen los mercados internacionales (Muñoz, 2003), sin embargo, el principal problema de la producción en invernadero, una vez que se tienen las condiciones ambientales controladas, es la presencia de plagas y enfermedades así como la fertilización. Dodson *et al.* (2002) mencionan que de no efectuarse un efectivo control de plagas y patógenos, éstos puede llevar al exterminio total. Lo anterior origina que la mayoría de los productos agroquímicos se apliquen de manera preventiva y continúa, sin tomar en cuenta los umbrales de acción, originando que el fruto lleve altas cantidades de residuos de agroquímicos, los cuales son monitoreados minuciosamente al pretender ser exportados con la consecuencia del rechazo del producto. Es decir, que al momento de degustar un succulento tomate, estamos ingiriendo también, al menos, los límites permisibles de pesticidas. La problemática se agudiza al asumir que es un producto con alto consumo per capita

Por otro lado, la fertilización nitrogenada se lleva a cabo básicamente con fuentes de nitratos, debido a su mayor solubilidad, sin embargo, éstos, pueden originar un daño en nuestro organismo, siendo mayor el problema en niños, debido a que si los nitratos no son dañinos, pueden convertirse a nitritos, los cuales en altas concentraciones son tóxicos y en infantes crece el riesgo de causar metahemoglobinemia (van Mannen, 1999; Stewart *et al.*, 2005); cabe señalar que la fertilización con fertilizantes inorgánicos, no es admitida en la normatividad de producción orgánica certificada. Aunado a lo anterior, además de contaminar de agroquímicos el fruto, el costo de los insumos por éste rubro, incrementa considerablemente los costos de producción, mencionando Castellanos (2003) una erogación de \$118,000 pesos por concepto de fertilizantes para un ciclo de 10 meses

En México, en el año 2004, existían 2800 ha de invernadero, en las cuales el 73% estaban cultivadas con algún tipo de tomates; 49% de dicho porcentaje, estaban produciendo tomate bola (Molina, 2004)

En México en el año 2004, la superficie anual y el valor de la producción del tomate convencional fue 97.94 y 42.18 veces mas que el tomate orgánico que se lleva a cabo en 380 ha con un valor cercano a los \$135,000,000. No obstante, el precio medio rural del tomate convencional es menor en 5.84 veces, respecto al tomate orgánico que por kilogramo es de \$35.71 (SAGARPA, 2005)

Rincón (2002) determinó que se necesitan 3, 1, 5, 2.5 y 1 kilogramos de N, P₂O₅, K₂O, Ca y Mg, respectivamente, por tonelada de tomate producida. Así

tenemos que para el caso de N, para obtener 100 t ha^{-1} , se requieren de 300 kg de N.

Scott *et al.* (2005) menciona que la producción en invernadero de los cultivos permitirá estar acordes con las producciones sustentables, debido a la optimización de luz y a las condiciones de temperatura

PRODUCCIÓN DE TOMATE ORGÁNICO

Navejas (2002) menciona que la producción de tomate orgánico en México se lleva a cabo en Baja California Sur y ocupa diez veces menos superficie que el convencional, pero alcanza una cotización diez veces mayor que el convencional. No obstante, si bien la cosecha es orgánica, los rendimientos son bajos.

El rendimiento en la producción nacional de tomate orgánico es de 10 t ha^{-1} (SAGARPA, 2005), sin embargo, si bien la cosecha es certificada, los rendimientos pueden aumentar, incrementando la relación beneficio-costos. Producir en invernadero, se obtienen cinco veces más a lo obtenido en campo, es una opción

Por otro lado, la producción orgánica nacional de tomate cherry en el 2003, se llevó a cabo en 402 ha con rendimientos promedio de 3.05 t ha^{-1} , con un precio 3.31 veces mayor que el convencional (SAGARPA, 2005)

Lee and Fowler (2002) mencionan que las comparaciones de producciones convencionales respecto a orgánicas deben realizarse mediante un análisis a fondo y considerando cierta metodología económica

PRODUCCIÓN DE TOMATE ORGÁNICO EN INVERNADERO

Dodson *et al.* (2002) mencionan que la diferencia entre la producción en invernadero de tomate convencional contra la orgánica, varía en tipo el sustrato, las prácticas de fertilización y el método de control de problemas fitosanitarios; así mismo, Navejas (2002) menciona que lo esencial contra la lucha de los insectos y enfermedades en los sistemas orgánicos, es la prevención y que en la actualidad hay productos permitidos por las normas internacionales de productos orgánicos, los cuales son todos a base de extractos vegetales.

Una alternativa viable para evitar el periodo de reconversión, sería la creación de un sustrato, obtenido a partir de materias primas aprobadas por la normatividad orgánica, antes mencionadas, siendo una opción, mezclar en un contenedor, composta, por su alta cantidad de elementos nutritivos, con medios inertes, con el objetivo de mejorar las características físicas y químicas y evitar la hipoxia (Abad y Cadahia, 2000; Castillo *et al.*, 2000; Hashemimajd *et al.*, 2004)

Una alternativa en la Comarca Lagunera sería crear dicho sustrato a partir de estiércol composteado, del cual se producen alrededor de 49 mil toneladas de materia seca (Luévano y Velásquez, 2001) en combinación con arena o perlita, materiales presentes en la Región. Moreno *et al.* (2005) mencionan mezclas de compostas de diversas fuentes con arena

Por otro lado, la entrada instantánea al sistema de producción orgánica, es posible únicamente al cultivar en un suelo virgen (Huxham *et al.*, 2005) o bien en un sustrato creado con materias primas certificadas

Tuzel *et al.* (2003) encontraron rendimientos de tomate orgánico en invernadero de 90 t ha⁻¹ cuando se fertiliza con gallinaza. Hebb *et al.* (2005) mencionan que los fertilizantes nitrogenados tanto minerales como orgánicos contienen diferentes formas y por consiguiente diferente efecto en la calidad y en el rendimiento

Engindeniz (2002) señala que es factible la producción de pepino bajo invernadero en un sistema orgánico

FERTILIZACIÓN ORGÁNICA

Las normas de certificación, permiten la autoelaboración de insumos agrícolas, incluyendo fertilizantes, no obstante, es preferible utilizar insumos certificados para prever la cancelación del certificado orgánico. En el caso de la fertilización, los productos de naturaleza orgánica, deben emplearse con cautela, ya que su origen no garantiza su utilización en la producción orgánica certificada. Tal es el caso del estiércol, bocashi, gallinaza, preparados biodinámicos, entre otros.

Las opciones de fertilización certificadas son, entre otras, compostas no enriquecidas inorgánicamente, estiércol composteado, frutas fermentadas en forma de vinagre o té, vermicomposta, abonos verdes, leguminosas, subproductos de la pesca, extractos de algas marinas, harinas de sangre ó pescado, polvo de pezuña o cuerno, microelementos, bacterias fijadoras de nitrógeno, micorrizas o bien, insumos de empresas certificadas (Giaonetto, 2005; Labrador *et al.*, 2004; Linderman and Davies, 2004)

Por otro lado, Scholberg (2000 a, b) mencionan que el tomate tiene una alta demanda de nitrógeno para cumplir las funciones vitales y obtener buenos

rendimientos, de lo contrario el área foliar se verá seriamente afectada y por consiguiente los rendimientos

De los elementos nutritivos contenidos en la composta, del 70 al 80 % de fósforo y del 80 al 90 % de potasio están disponibles el primer año, mientras que el nitrógeno (N), todo es orgánico, lo cual lo constituye en un elemento problema, dado que debe mineralizarse para ser absorbido por las plantas y en el primer año, solo se mineraliza el 11%, generándose una deficiencia de este elemento si no es suplido apropiadamente (Eghball *et al.*, 2000; Näsholm *et al.* 2000; Pang and Letey, 2000; Aram *et al.*, 2005; Cabrera *et al.*, 2005; Heeb *et al.*, 2005a; Raviv, 2005; Rosen y Bierman, 2005)

Raviv *et al.* (2004) señalan que los nutrimentos contenidos en la composta satisfacen los requerimientos del tomate en los dos primeros meses después del trasplante; así mismo, Raviv *et al.* (2005) mencionan que la composta cubrió los requerimientos durante cuatro meses después del trasplante en tomate.

No obstante, existen estudios (Subler *et al.*, 1998; Riggle, 1998) que mencionan que el mejor desarrollo del cultivo se da con pequeñas proporciones de vermicomposta, entre 10 y 20%. Aunado a lo anterior, Atiyeh *et al.* (2000a y 2000b) señalan que al usar mas del 20% de composta en el sustrato, hay un decremento en el rendimiento de la planta. Peet *et al.* (2004) presentan resultados alentadores al fertilizar orgánicamente mediante insumos solubles para obtener tomate orgánico bajo invernadero

LITERATURA CITADA

- Abad B. A.; Cadahía I. C. 2000. Sustratos y su utilización, pp. 198-229. *In:* Ingeniería, manejo y operación de invernaderos para la producción intensiva de hortalizas. Castellanos, Z. J.; Guzmán, P., J. (eds.). Ed. INCAPA S. C. Guadalajara, Jal. México. 408 p.
- Alvajana M. C. R.; Hoppin J. A.; Kamel F. 2004. Health effects of chronic pesticide exposure: cancer and neurotoxicity. *Annu. Rev Public Health* 25:155-197
- Aram K.; Rangarajan A. 2005. Compost for nitrogen fertility management of bell pepper in a drip-irrigated plasticultura system. *HortScience* 40(3): 577-581
- Atiyeh R. M.; Arancon N.; Edwards C. A.; Metzger J. D. 2000a. Influence of eartworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Bioresours. Technol* 75:175-180
- Atiyeh R. M.; Subler S.; Edwards C. A.; Bachman G.; Metzger J. D. 2000b. Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiología* 44: 579-590
- BANCOMEXT. Banco Nacional de Comercio Exterior. 2004. Objetivo de la unidad sectorial de negocios en alimentos frescos. México, D. F.
- Berenguer J. J.; Escobar I.; Cuartero J. 2003. Gastos de cultivos de tomate tipo cereza en invernadero. *Actas de Horticultura (ISHS)* 39:47-48.
- Bues R.; Bussières P.; Dadomo M.; Dumas Y.; Garcia P. M. I.; Lyannaz J. P. 2004. Assessing the environmental impacts of pesticides used on

processing tomato crops. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 102: 155–162

Cabrera L. M.; Kissel E. D.; Vigil F. M. 2005. Nitrogen Mineralization from Organic Residues: Research Opportunities. *J. Environ. Qual.* 34:75–79

Castellanos J. Z. 2003. Análisis de costos de inversión y producción de tomate en invernadero. p. 321-332. *En: J. J. Muñoz-Ramos y J. Z. Castellanos (Eds). Manual de producción hortícola en invernadero. INACAPA. México*

Castilla N. 2003. Estructuras y equipamientos de invernaderos. p. 1-11 *En: J.Z. Castellanos y J.J. Muñoz-Ramos (Eds) Memoria del Curso internacional de producción de hortalizas en invernadero. INIFAP. México*

Dodson M.; Bachmann J.; Williams P. 2002. Organic Greenhouse Tomato Production. ATTRA. USDA

DOF. Diario oficial de la federación. *Norma Oficial Mexicana NOM – 037 - FITO-1995*, por lo que se establecen las especificaciones del proceso de producción y procesamiento de productos agrícolas orgánicos. México, D. F., 23 de abril de 1997.

Eghball B. 2000. Nitrogen mineralization from field-applied beef cattle feedlot manure or compost. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64:2024-2030

Engindeniz S. 2002. Economic feasibility of organic greenhouse cucumber production: The case of menderes. *Pakistan Journal of Biological Science* 5(3):367-370

EU. European Union. 1991. Boletín Oficial de la Comunidad Económica Europea. Reglamento CEE No. 2092/91 sobre la producción agrícola

ecológica y su indicación en los productos agrarios y alimenticios. 24 de junio.

FAO. Food and Agriculture Organization. 2001. Los mercados mundiales de frutas y verduras orgánicas. Roma, Italia. 334p.

FIRA. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. 2003. Agricultura orgánica. Una oportunidad sustentable de negocios para el sector agroalimentario mexicano. México, D. F.

Gewin V. 2004. Organic Faqs. *Nature* 428:796-798

Giaonetto F. 2005. Manejo, certificación y comercialización del plátano y banano orgánico. La experiencia mexicana y centroamericana. *Cultura orgánica (México)* 3: 22-25.

Gómez T. L.; Gómez C. M. A.; Schwentesius R. R. 1999. Producción y comercialización de hortalizas orgánicas en México. pp. 121-158 *En: Gramont de C. H.; Gómez C. M. A.; González H.; Schwentesius R. R. (eds.). Agricultura de exportación en tiempos de globalización, el caso de las hortalizas, flores y frutos. CIEESTAM/UACH. México, D. F.*

Govindasamy R.; Italia J. 1999. Predicting Willingness-to-Pay a Premium for Organically Grown Fresh Produce. *Journal of Food Distribution Research (USA)* 30(2): 44-53.

Handreck K. A. 1986. Vermicomposts as component of potting media. *Biocycle* 27 (9): 58-62.

Hashemimajd K.; Kalbasi M.; Golchin A.; Shariatmadari H. 2004. Comparison of vermicompost and compost as potting media for growth of tomatoes. *Journal of Plant Nutrition* 27: 1107-1123.

- Heeb A.; Lundegårdh B.; Ericsson T.; Savage G. P. 2005a. Effects of nitrate-, ammonium-, and organic-nitrogen-based fertilizers on growth and yield of tomatoes. *J. Plant Nutr. Soil Sci* 168: 123-129
- Heeb A.; Lundegårdh B.; Ericsson T.; Savage P.G. 2005b. Nitrogen form affects yield and taste of tomatoes. *J Sci Food Agric* **85**:1405–1414
- Huxham K. S.; Sparkes L. D.; Wilson P. 2005. The effect of conversion strategy on the yield of the first organic crop. *Agriculture, Ecosystem and Environment (USA)* 106: 345-357
- Incrocci A. P.; Campiotti C. A.; Balducchi R.; Giunchi L. 2003. Energy, water and fertilizer requirement of a closed loop soilless culture of greenhouse cherry tomato in Sicily. *Acta Hort (ISHS)* 614:189-192.
- Luévano G. A.; Velásquez G. N. E. 2001. Ejemplo singular en los Agronegocios estiércol vacuno: de problema ambiental a excelente recurso 9 (2): 306-318.
- IFOAM. Internacional Federation Organic Agricultura Movements. 2003. Normas para la producción y procesado orgánico. Victoria, Canadá.
- JAS. Japanese Agricol Systems. 2004. Normas agrícolas japonesas. Consulta en 20 de noviembre de 2004, <http://www.maff.go.jp/soshiki/sgokuhin/hinshitu/organic/eng_yuki_top.htm>
- Labrador M. J.; Procura J. L.; Reyes P. J. L. 2004. Fertilizantes, enmiendas, activadores biológicos, sustratos y acondicionadores de suelo. *En: Labrador M. J. (ed.) Conocimientos, técnicas y productos para la*

agricultura y la ganadería ecológica. Sociedad española de agricultura ecológica. p. 117-180.

Lee H.; Fowler S. 2002. A critique of methodologies for the comparison of organic and conventional farming systems. In: Powell et al. (eds), *UK Organic Research 2002: Proceedings of the COR Conference, 26-28th March 2002, Aberystwyth*, pp. 281-284

Linderman G. R.; Davies A. E. 2004. Evaluation of commercial inorganic and organic fertilizer effects on arbuscular mycorrhizae formed by *glomus intraradices*. *Hortechology* 14(2):196-202

Lotter D. W. 2003. Organic agriculture. *J. Sustain. Agric.* 21(4):1-63

Macilwain C. 2004. Organic: is it the future of farming. *Nature* 428:792-793

Moccia S.; Oberti A.; Pujol S. 1999. Tomate "cherry": análisis de parámetros fisiológicos y productivos. *Investigación Agrícola (Chile)* 19(1-2):20-27.

Molina R. J. F. 2004. Situación Actual y Perspectivas de la Industria de Invernaderos en México. *En: Sánchez R. F. J.; Moreno R. A.; Puente M. J. L.; Araiza Ch. J. (Eds.) Memorias del IV Simposio Nacional de Horticultura. Invernaderos: Diseño, Manejo y Producción. Torreón, Coahuila. Octubre 13, 14 y 15.*

Moreno R. A.; Valdés P. M. T.; Zarate L. T. 2005. Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost / arena bajo condiciones de invernadero. *Agricultura Técnica (Chile)* 65(1):26-34.

- Muñoz R. J. J. 2003. El cultivo de tomate en invernadero. p. 226-262 *En*: J. J. Muñoz y J. Z. Castellanos (Eds) Manual de producción hortícola en invernadero. INCAPA. México
- Näsholm T.; Huss D. K.; Högberg P. 2000. Uptake of organic nitrogen in the field by four agriculturally important plant species. *Ecology* 81(4): 1155–1161
- Navejas J. J. 2002. Producción orgánica de tomate. INIFAP-CIRNE. Desplegable técnica No. 5. Constitución, B. C. S. México
- Pang P. X.; Letey J. 2000. Organic Farming: Challenge of Timing Nitrogen Availability to Crop Nitrogen Requirements. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64:247–253
- Peet M. M.; Rippy M. J.; Nelson V. P.; Catignani L. G. 2004. Organic production of greenhouse tomatoes utilizing the bag system and soluble organic fertilizers. p.707-719. *In*: D.J. Cantliffe, P.J. Stoffella & N. Shaw (Eds). Proc. VII IS on Prot. Cult. Mild Winter Climates. Acta Hort. 659, ISHS 2004.
- Raviv, M.; Medina, S.; Krasnovsky, A.; Ziadna, H. 2004. Organic matter and nitrogen conservation in manure compost for organic agriculture. *Compost Science & Utilization* 12: 6-10.
- Raviv M. 2005. Production of high-quality composts for horticultural purpose: a mini review. *HorTechnology* 15(1): 52-57
- Raviv, M.; Oka, Y.; Katan, J.; Hadar, Y.; Yogev, A.; Medina, S.; Krasnovsky, A.; Ziadna, H. 2005. High nitrogen compost as a medium for organic container-growth crops. *Bioresource Technology* 96:419-427.

Riggle D. 1998. Vermicomposting research and education. *Biocycle* 39:54-56

Rincón, S. L. 2002. Bases de la fertirrigación para solanáceas y cucurbitáceas cultivadas en invernadero bajo planteamiento de producción integrada, 135: 34-46. *In*: 12º Simposium Internacional. Ecología y producción integrada en cultivos hortícolas en invernadero. PYTOMA (España).

Robertson G. P.; Swinton M. S. 2005. Reconciling agricultural productivity and environmental integrity: a grand challenge for agriculture. *Front Ecol Environ* 3(1): 38–46

Rosen J. C.; Bierman M. P. 2005. Using manure and compost as nutrient sources for vegetable crops. University of Minnesota, Extension Service. 12p.

Schlermeler Q. 2004. Organic world view. *Nature* 428:794-795

Scholberg J.; McNeal L. B.; Boote J. K.; Jones W. J.; Locascio J. S.; Olson M. S. 2000a. Nitrogen Stress Effects on Growth and Nitrogen Accumulation by Field-Grown Tomato. *Agron. J.* 92:159–167

Scholberg J.; McNeal L. B.; Jones W. J.; Boote J. K.; Stanley D. C.; Obreza A. T. 2000b. Growth and Canopy Characteristics of Field-Grown Tomato. *Agron. J.* 92:152–159

Scott R. N.; Rutzke J. C.; Albright D. L. 2005. Energy Conversion Options for Energy-efficient Controlled-environment Agriculture. *HortScience* 40(2): 11-16

SAGRAPA. SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN. 2005. Servicio de información y

estadística agroalimentaria y pesquera (SIAP). Sistema de información agropecuaria de consulta. SIACON. Versión 1.1.

Stewart M. W.; Dibb W. D.; Johnston E. A.; Smyth J. T. 2005. The contribution of Commercial Fertilizer Nutrients to Food Production. *Agron. J.* 97:1-6

Subler S.; Edwards C. A.; Metzger J. 1998. Comparing vermicomposts and composts. *Biocycle* 39: 63-66

Trewavas A. 2004. A critical assessment of organic farming-and-food assertions with particular respect to the UK and the potential environmental benefits of no-till agriculture. *Crop Protection* 23: 757-781

Tuzel Y.; Yagmur, B.; Gumus Y. 2003. Organic tomato production under greenhouse conditions. *Acta Hort* 614: 775 - 780

USDA. United States Department of Agriculture. 2004. National Organic Program. Federal register.

van Maanen J. M. S.; Danielle M. F.; Pachen A.; Eng M.; Dallinga W. J.; Kleinjans S. J. C. 1999. Formation of Nitrosamines During Consumption of Nitrate- And Amine-Rich food, and the Influence of the Use of Mouthwashes *Cancer Detection and Prevention* 1998; 22(3):204-212

Worthington V. 2001. Nutritional quality of organic versus conventional fruits, vegetables, and grains. *The journal of alternative and complementary medicine* 7(2): 161-173

**EMPLEO DE DIFERENTES SUSTRATOS PARA LA PRODUCCIÓN
ORGÁNICA DE TOMATE CHERRY EN INVERNADERO**

**EVALUATION OF SUSTRATES IN THE ORGANIC PRODUCTION OF
CHERRY TOMATO UNDER GREENHOUSE**

C. Márquez-Hernández^{1¶}; P. Cano-Ríos²; A. Moreno-Reséndez.³

¹Doctorante. Posgrado. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Periférico y Carr. Sta Fé, s/n. Torreón, Coah. México. Correo-e: canomh2@yahoo.com.mx. (¶responsable)

² Hortalizas, CELALA, Instituto Nacional de Investigaciones Forestal Agrícola y Pecuario. Matamoros, Coah. México.

³Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Torreón, Coah. México

RESUMEN

La producción orgánica de alimentos es una alternativa para los consumidores que prefieren alimentos libres de pesticidas y fertilizantes sintéticos, inocuos y con un alto valor nutricional. No obstante, la certificación orgánica indica un periodo de transición de tres a cinco años sin aplicación de ningún producto sintético al suelo, periodo que la mayoría de los productores, no están dispuestos a aceptar, porque implica arriesgar su capital. Por otro lado, el tomate cherry orgánico en México alcanza un precio de 3.31 veces mayor que el convencional, producirlo en invernadero, aumentaría los rendimientos y por ende el beneficio económico para el productor. Sin embargo, es necesario un sustrato, que además de sostén, aporte cantidades considerables de elementos nutritivos que satisfagan las demandas del cultivo. Una alternativa, es la composta, que al mezclarla con medios inertes, mejora sus características físicas y químicas evitando la hipoxia. El experimento se llevó a cabo en Matamoros, Coah. México, en las instalaciones del Campo Experimental La Laguna del INIFAP. El objetivo fue evaluar tomate cherry (var. 647) en mezclas de diferentes compostas a distintos niveles en combinación con arena y perlita bajo condiciones de invernadero. Las cuatro mezclas sobresalientes fueron vermicomposta al 50% mas arena así como con perlita al 25, 37 y 50% con una media de 48.507 t ha^{-1} ; es decir, 15.88 veces mas, a lo obtenido en producciones de tomate cherry orgánico en campo, sin afectar la calidad de los frutos

Palabras claves: *Lycopersicon esculentum* Var cerasiforme, composta, vermicomposta, medios inertes, producción ecologica

ABSTRACT

Organic food production is an alternative for consumers who prefer food free of synthetic pesticides and fertilizers, innocuous and with a high nutritional value. However, organic certification indicates a period of transition of three to five years without application of any synthetic product to the soil, period that the most of the producers, are not willing to accept, because that implies a risk for their capital. On the other hand, the organic tomato cherry in Mexico reaches a price of 3,31 times greater than the conventional one; to produce it in greenhouse, would increase considerably to the yields and therefore the economic benefit for the producer. Nevertheless, a support substrate is necessary, that in addition, contributes considerable amounts of nutrients that satisfy the demands of the cultures. An alternative, is compost, that it will have to be mixed with inert materials, to improve the physical and chemical characteristics of the substrate and to avoid the hypoxia. The experiment was carried out in Matamoros, Coahuila, México, in the Experiment Station La Laguna facilities. The objective of this work was to evaluate, cherry tomato (var. 647) in mixtures of different composts with different levels in combination with sand and perlita under greenhouse conditions. The best four mixtures were vermicompost with sand at 50% level and vermicompost with perlita at 25, 37,5 and 50% levels with a mean yield of 48.507 t ha⁻¹ surpassing the open field yields by 15.88 times, without affecting the fruit quality.

Keywords: *Lycopersicon esculentum* Var cerasiforme, compost, vermicompost, inerts materials, ecologic production

INTRODUCCIÓN

La tendencia en los consumidores es preferir alimentos libres de agroquímicos, inocuos y con alto valor nutricional, en especial los degustados en fresco; una opción para la generación de este tipo de alimentos, es la producción orgánica, método agrícola en el que no se utilizan fertilizantes ni plaguicidas sintéticos (EU, 1991; FAO,2001; IFOAM, 2003; USDA, 2004).

La normatividad establecida para los sistemas orgánicos de producción certificados, mencionan que debe transcurrir un período de tres hasta cinco años, sin aplicación de agroquímicos incluyendo fertilizantes, con el propósito de transformar un sistema de producción convencional a orgánico, periodo que los productores no están dispuestos a arriesgar su capital, ya que los rendimientos disminuyen y aun no se obtiene el sobreprecio por concepto orgánico (Gómez *et al.*, 1999; Alvajana *et al.*,2004; Gewin, 2004).

Una alternativa viable, sería la creación de un sustrato, obtenido a partir de materias primas aprobadas por la normatividad orgánica, antes mencionada, siendo una opción, mezclar en un contenedor, composta, por su alta cantidad de elementos nutritivos, con medios inertes, con el objetivo de mejorar las características físicas y químicas y evitar la hipoxia (Abad y Cadahia, 2000; Castillo *et al.*, 2000; Hashemimajd *et al.*, 2004)

De los elementos nutritivos contenidos en la composta, del 70 al 80 % de fósforo y del 80 al 90 % de potasio están disponibles el primer año, mientras que el nitrógeno (N), todo es orgánico, lo cual lo constituye en un elemento problema, dado que debe mineralizarse para ser absorbido por las plantas y en el primer año, solo se mineraliza el 11%, generándose una deficiencia de este

elemento si no es suplido apropiadamente (Eghball *et al.*, 2000; Heeb *et al.*, 2005; Rosen y Bierman, 2005)

Rincón (2002) determinó que se necesitan 3, 1, 5, 2.5 y 1 kilogramos de N, P₂O₅, K₂O, Ca y Mg, respectivamente, por tonelada de tomate producida. Así tenemos que para el caso de N, para obtener 100 t ha⁻¹, se requieren de 300 kg de N.

Raviv *et al.* (2004) señalan que los nutrimentos contenidos en la composta satisfacen los requerimientos del tomate en los dos primeros meses después del trasplante; así mismo, Raviv *et al.* (2005) mencionan que la composta cubrió los requerimientos durante cuatro meses después del trasplante en tomate. Márquez y Cano (2005) determinaron que los elementos nutritivos contenidos en la composta, fueron suficientes para obtener producciones aceptables en tomate cherry

Por otro lado, la producción orgánica nacional de tomate cherry en el 2003, se llevó a cabo en 402 ha con rendimientos promedio de 3.05 t ha⁻¹, con un precio 3.31 veces mayor que el convencional (SAGARPA, 2005)

La producción en invernadero aumenta los rendimientos, según se ha observado (Moccia *et al.*, 1999; Berenguer *et al.*, 2003; Incrocci *et al.*, 2003), es decir, producir orgánicamente en dicho sistema, aumentaría la relación beneficio-costos.

Cabe señalar que la producción en invernadero elimina algunos de los problemas de agricultura orgánica citados por Gómez *et al.* (1999), ya que se garantizarían frutos durante todo el año, se evitarían los contratiempos

ambientales y sobretodo aumentarían las ganancias, debido a la sobreproducción con relación a la producción en campo.

Por lo antes expuesto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar mezclas de distintas compostas a diferentes niveles con medios inertes para la obtención de un sustrato que garantice buenos rendimientos y calidad de fruto, para cultivar tomate cherry orgánico bajo condiciones de invernadero

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en las instalaciones del Campo Experimental La Laguna (CELALA-INIFAP) en Matamoros, Coah. México, en un invernadero de 250 m², cubierto lateralmente por láminas de policarbonato y doble capa de plástico en el techo.

El genotipo evaluado fue el 647, sembrado y trasplantado, respectivamente el 14 de agosto y 11 de septiembre de 2003. La densidad fue de 4 plantas m⁻², una planta por bolsa. Se utilizaron bolsas de plástico de 20 litros, llenadas sobre la base de volumen. El sistema de riego utilizado fue por goteo y según la etapa fenológica varió de 0.5 a 2.0 litros·bolsa⁻¹. Las temperaturas extremas medias dentro del invernadero fueron 13.5 y 32.1 °C.

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones con un arreglo trifactorial 2x2x4, en donde el primer factor fueron compostas: Biocomposta[®] (composta comercial) y Vermicomposta (lombricultura); el segundo factor, medios inertes: Arena de río y Perlita, mientras que el tercer factor fueron niveles de composta: 12.5 %, 25 %, 37.5 % y 50 %, el porcentaje

faltante fue cubierto por los medios inertes. Lo anterior originó 16 tratamientos, regados únicamente con agua sin adición de fertilizantes; además, se utilizó un testigo, en arena con fertirrigación. En el Cuadro 1, se presentan las características de las compostas. El ciclo de cultivo fue de 135 días.

Las variables evaluadas fueron altura de planta, floración, rendimiento y calidad de fruto (peso de fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial y sólidos solubles). Para determinar la dinámica de las variables altura y floración se realizó un análisis de regresión lineal. Para rendimiento y calidad de fruto se realizaron análisis de varianza y en su caso comparación de medias (DMS, 5 %)

CUADRO 1. Análisis químico de las compostas evaluadas. CELALA-INIFAP. 2004.

Compostas	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Zn	Mn	M.O ²
	%						ppm				%
Biocomposta	1.17	1.19	1.76	1.76	1.87	0.39	7005	202	941	373	29.2
Vermicomposta	1.27	0.15	0.43	1.86	0.13	0.12	27.44	3.28	25.04	18.04	10.50

²Materia Orgánica

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de planta

La dinámica de crecimiento longitudinal de las plantas de tomate en las diferentes mezclas evaluadas se muestra en las ecuaciones de regresión lineal, en el Cuadro 2. El ajuste lineal para todos los tratamientos fue bastante aceptable considerando que el r^2 más bajo fue el de vermicomposta al 37.5 % + arena con 87 % y el más alto fue el de biocomposta al 50 % + perlita con 98 %.

Los tratamientos de mayor altura a través del ciclo de cultivo fueron el testigo así como la vermicomposta al 50 % + arena. Respecto a los de menor altura, los tratamientos fueron vermicomposta tanto al 25 % como al 12.5 % + arena, además de biocomposta al 50% mas arena. Márquez y Cano (2005) reportan una altura máxima al evaluar el genotipo FA1325 a los 80 días después del trasplante (DDT) de 202.86 cm. Estimando la altura en dicho tiempo, los mejores tratamientos del presente trabajo, tenemos una media de 288.29 cm. La diferencia se puede atribuir probablemente a la carga genética de los genotipos y su interacción con el medio donde se cultivaron

CUADRO 2. Ecuaciones de regresión para sustratos de altura de planta y floración inicial de tomate cherry orgánico. CELALA-INIFAP. 2004.

Composta ^z	Medio Inerte	N.C. (%) ^y	Altura		Floración	
			Ecuación de Regresión [*]	r ²	Ecuación de Regresión ^{**}	r ²
B	Arena	12.5	y = 58.363+1.67x	0.90	y = 4.133+ 5.77x	0.98
B	Arena	25	y = 32.613+1.75x	0.90	y = 8.133+7.34x	0.99
B	Arena	37.5	y = 24.131+2.12x	0.94	y = 6.644+ 8.13x	0.99
B	Arena	50	y = 15.798+1.17x	0.93	y = 10.37+12.59x	0.99
B	Perlita	12.5	y = 12.054+1.96x	0.94	y = 4.355+10.29x	0.95
B	Perlita	25	y = 10.304+2.11x	0.95	y = 11.86+ 8.44x	0.99
B	Perlita	37.5	y = 4.107+2.00x	0.97	y = 8.244+10.72x	0.98
B	Perlita	50	y = 6.648+2.04x	0.98	y = 13.2+8.01x	0.95
V	Arena	12.5	y = 40.071+1.06x	0.91	y = -2.64+12.34x	0.99
V	Arena	25	y = 49.399+0.92x	0.89	y = 2.422+10.61x	0.98
V	Arena	37.5	y = 50.025+1.80x	0.87	y = 8.133+7.00x	0.98
V	Arena	50	y = 46.619+2.43x	0.94	y = 8.555+6.57x	0.98
V	Perlita	12.5	y = 27.728+1.40x	0.90	y = 10.267+8.92x	0.99
V	Perlita	25	y = 39.048+1.96x	0.90	y = 10.333+6.85x	0.98
V	Perlita	37.5	y = 38.179+2.30x	0.93	y = 9.377+7.30x	0.98
V	Perlita	50	y = 53.143+1.64x	0.87	y = 12.911+7.72x	0.98
	Testigo		y = 7.370+2.95x	0.98	y = 8.422+7.30x	0.99

^z B, Biocomposta; V, Vermicomposta. ^y N.C., Nivel de composta. ^y, Altura; x, DDT. ^{**} y, DDT; x, Racimo

Floración

La estimación (Cuadro 2) del inicio de la floración del primer racimo fluctuó entre 9.69 y 22.96 DDT. Los tratamientos fueron vermicomposta al 12.5 % mas arena y biocomposta al 50 % mas arena, respectivamente. Para el quinto racimo, se obtuvieron valores extremos entre 32.99 y 73.32 DDT, en los tratamientos biocomposta al 12.5 % y 50 % mas arena, respectivamente.

Márquez y Cano (2005) al evaluar el genotipo FA1325 de tomate cherry en sustratos orgánicos mencionan que la aparición floral del primero y quinto racimo, en sus tratamientos mas precoces, respectivamente, se lleva a cabo a los 12.04 y 42.62 DDT, es decir, una diferencia de 29.19 % y 24.32 %, respectivamente, respecto al presente trabajo

Rendimiento

El tratamiento testigo, registró una supremacía de 37.9 % en relación al promedio de las cuatro mejores mezclas obtenidas, con un rendimiento de 78.32 t ha⁻¹ (Cuadro 3). Sin embargo, el uso de fertilizantes inorgánicos, no está permitido en la normatividad para la producción orgánica certificada

Las cuatro mezclas sobresalientes, e iguales estadísticamente, fueron: vermicomposta al 50 % mas arena así como con perlita al 25, 37 y 50% (Cuadro 3) con una media de 48.507 t ha⁻¹; es decir, 15.88 veces mas, a lo obtenido en producciones de tomate cherry orgánico en campo (SAGARPA, 2005).

No obstante, existen estudios (Subler *et al.*, 1998; Riggle, 1998) que mencionan que el mejor desarrollo del cultivo se da con pequeñas proporciones de

vermicomposta, entre 10 y 20 %. Aunado a lo anterior, Atiyeh *et al.* (2000a y 2000b) señalan que al usar mas del 20 % de composta en el sustrato, hay un decremento en el rendimiento de la planta.

Es conveniente señalar que de acuerdo a la cantidad de nitrógeno en las compostas (Cuadro 1) y al transformarlo a nitrógeno por hectárea con una tasa de mineralización del 11%, la biocomposta tienen disponible 81.9, 163.8, 245.7 y 327.6 kg ha⁻¹ para los cuatro niveles evaluados; mientras que en el caso de la vermicomposta los valores respectivamente son: 88.9, 177.8, 266.7 y 355.6 kg ha⁻¹.

CUADRO 3. Rendimiento de tomate cherry en sustratos orgánicos. CELALA-INIFAP. 2004.

Composta	Medio Inerte	Porcentaje			
		12.5	25	37.5	50
Biocomposta	Arena	38.40 b	27.76 bc	37.97 b	17.55 cd
Biocomposta	Perlita	24.99 c	31.65 bc	26.91 c	24.00 cd
Vermicomposta	Arena	19.16 cd	17.04 d	30.25 bc	54.08 a
Vermicomposta	Perlita	31.93 bc	45.11 ab	47.22 ab	47.60 ab

^z Valores con la misma letra, son iguales de acuerdo a la prueba de DMS con una $P \leq 0.05$ (CV=21.68%)

De acuerdo a Rincón (2002), los cuatro mejores tratamientos del presente trabajo, para producir 48.507 t ha⁻¹ consumieron 145.521 kg de N. Lo anterior pone de manifiesto que a partir del 25 %, ambas compostas, contiene el nitrógeno necesario para producir dicho rendimiento, tal como se presentó. No obstante, probablemente factores como la lixiviación, una menor tasa de mineralización, la volatilización, la adsorción, etc. pudieron influir para no obtener mayor rendimiento, sobretodo, en los porcentajes de 37.5 y 50 %

Es importante señalar, que el rendimiento obtenido pone de manifiesto, las altas cantidades de elementos nutritivos contenidos en la vermicomposta (Cuadro 1) como lo menciona Handreck (1986), sin embargo, aun así, es necesario suplementar los elementos nutritivos (Hashemimajd *et al.*, 2004), debido al agotamiento de los mismos, e inducir un mayor rendimiento.

Calidad de fruto

Peso de fruto

El análisis estadístico arrojó seis grupos estadísticos (Cuadro 4), en donde, las mejores mezclas, antes señaladas, fueron estadísticamente similares al testigo, es decir, que las mejores mezclas obtenidas, no varían en peso de fruto en relación con el testigo cultivado en forma hidropónica; el valor promedio obtenido coincide con Diez (2001) quien señala que dependiendo del genotipo el peso fluctúa entre 10 y 30 g fruto⁻¹

Diámetro ecuatorial y polar

En el diámetro ecuatorial, se presentaron valores que oscilaron de 2.13 a 2.56 cm con cuatro grupos de significancia, donde solamente cuatro tratamientos no correspondieron al primer grupo de significancia (Cuadro 4). En el caso del diámetro polar, fueron tres los grupos estadísticos (Cuadro 4), donde únicamente dos tratamientos estuvieron fuera del primer grupo de significancia, los cuales presentaron una fluctuación entre 2.36 y 2.56 cm, incluyendo al testigo. Lo anterior pone de manifiesto, que tanto el diámetro ecuatorial como el polar, en los mejores sustratos orgánicos, son similares al testigo.

Sólidos solubles

Los mejores mezclas obtenidas para rendimiento coinciden, en general, en ésta variable, las cuales presentaron una media de 8.19 ° Brix (Cuadro 4), superando al testigo en 10.8%. Lo anterior, debido probablemente, a la no retención de humedad en la arena por su porosidad aunado a una baja capacidad de intercambio catiónico, caso contrario a las mezclas con compostas. Mitchell *et al.* (1991) mencionan que una mayor concentración de sales, trae consigo mayor acumulación de sólidos solubles.

CUADRO 4. Variables de calidad de frutos de tomate cherry en sustratos orgánicos bajo invernadero. CELALA-INIFAP. 2004.

Composta	Sustrato	(%)	PF(g) ^z	DP(cm)	DE(cm)	SS (° Brix)
Biocomposta	Arena	12.5	9.7 bcde ^y	2.26 bc	2.13 d	8.2 ab
Biocomposta	Arena	25	10.7 abc	2.56 a	2.53 a	8.2 ab
Biocomposta	Arena	37.5	10.2 abc	2.53 a	2.46 ab	8.2 ab
Biocomposta	Arena	50	7.2 f	2.23 c	2.23cd	7.0 e
Biocomposta	Perlita	12.5	9.2 cde	2.43 abc	2.40 abc	7.13 cd
Biocomposta	Perlita	25	10.5 abc	2.53 a	2.53 a	7.9 abcd
Biocomposta	Perlita	37.5	8.3 ef	2.36 abc	2.33 bc	6.9 e
Biocomposta	Perlita	50	9.3 cde	2.53 a	2.43 ab	7.9 abcd
Vermicomposta	Arena	12.5	8.6 def	2.36 abc	2.33 bc	7.9 abcd
Vermicomposta	Arena	25	10.4 abc	2.46 ab	2.46 ab	8.7 a
Vermicomposta	Arena	37.5	11.4 a	2.43abc	2.50 ab	8.1 abc
Vermicomposta	Arena	50	10.6 abc	2.56 a	2.56 a	8.2 ab
Vermicomposta	Perlita	12.5	9.9 abcd	2.5 a	2.43 ab	7.2 cde
Vermicomposta	Perlita	25	11.3 ab	2.53 a	2.56 a	8.4 ab
Vermicomposta	Perlita	37.5	11.3 ab	2.43 abc	2.53 a	7.8 bcde
Vermicomposta	Perlita	50	10.1 abcd	2.53 a	2.50 ab	8.1 abc
	Testigo		11.2 ab	2.5 a	2.50 ab	7.3 cde
	Media		10.01	2.45	2.43	7.86
	CV (%)		9.64	5.12	4.59	7.12

^z PF=Peso de fruto; DE= Diámetro ecuatorial; DP= Diámetro polar; SS=Sólidos solubles. ^y Medias con la misma letra, dentro de columnas, son iguales de acuerdo a la prueba de DMS con una $P \leq 0.05$

CONCLUSIONES

El rendimiento en invernadero obtenido por los cuatro mejores tratamientos: vermicomposta al 50% mas arena así como vermicomposta al 25%, 37.5% y 50% mas perlita, presentaron una media de 48.507 t ha⁻¹, es decir, 15.88 veces mas con respecto al rendimiento obtenido en campo, sin disminuir la calidad.

Producir orgánicamente tomate cherry en invernadero utilizando cualquiera de los cuatro tratamientos como sustrato, permitirá evitar el periodo de transición requerido para las producciones en campo

Es conveniente señalar que en estudios futuros, se aconseja agregar fertilizantes, de manera orgánica, que permitirán un mayor rendimiento

LITERATURA CITADA

- Abad, B. A.; Cadahía, L. C. 2000. Sustratos y su utilización, pp. 198-229. *In*: Ingeniería, manejo y operación de invernaderos para la producción intensiva de hortalizas. CASTELLANOS, Z. J.; GUZMÁN, P., J. (eds.). Ed. INCAPA S. C. Guadalajara, Jal. México. 408 p.
- Alvajana, M. C. R.; Hoppin, J. A.; Kamel, F. 2004. Health effects of chronic pesticide exposure: cancer and neurotoxicity. *Annu. Rev. Public Health* 25:155-197.
- Atiyeh, R. M.; Arancon, N.; Edwards, C. A.; Metzger, J. D. 2000a. Influence of eartworm-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. 2000b. Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiología* 44: 579-590.
- Berenguer, J. J.; Escobar, I.; Cuartero, J. 2003. Gastos de cultivos de tomate tipo cereza en invernadero. *Actas de Horticultura (ISHS)* 39:47-48.
- Castillo, E. A.; Quarín, H. S.; Iglesias, C. M. 2000. Caracterización química y física de compost de lombrices elaborados a partir de residuos orgánicos puros y combinados. *Agricultura Técnica (Chile)* 60: 74-79.
- Diez, N. M. 2001. Tipos varietales pp. 93-129. En: *El cultivo del tomate*. Nuez, F. (ed.). Editorial Mundiprensa. Madrid, España. 796p.
- Eghball, B. 2000. Nitrogen mineralization from field-applied beef cattle feedlot manure or compost. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64:2024-2030.
- European Union (EU). 1991. Boletín Oficial de la Comunidad Económica Europea. Reglamento CEE No. 2092/91 sobre la producción agrícola ecológica y su indicación en los productos agrarios y alimenticios. 24 de junio.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2001. Los mercados mundiales de frutas y verduras orgánicas. Roma, Italia. 230p.
- Gewin, V. 2004. Organic Faqs. *Nature* 428:796-798
- Gómez, T. L.; Gómez, C. M. A.; Schwentesius, R. R. 1999. Producción y comercialización de hortalizas orgánicas en México, pp. 121-158. *In:* Gramont de C., H.; Gómez C., M. A.; González, H.; Schwentesius R., R.

- (eds.). Agricultura de exportación en tiempos de globalización, el caso de las hortalizas, flores y frutos. CIEESTAM/UACH. México, D. F.
- Handreck, K. A. 1986. Vermicomposts as component of potting media. *Biocycle* 27 (9): 58-62.
- Hashemimajd, K.; Kalbasi, M.; Golchin, A.; Shariatmadari, H. 2004. Comparison of vermicompost and composts as potting media for growth of tomatoes. *Journal of Plant Nutrition* 27: 1107-1123.
- Heeb, A.; Lundegårdh, B.; Ericsson, T.; 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.
- International Federation Of Organic Agriculture Movements (IFOAM). 2003. Normas para la producción y procesado orgánico. Victoria, Canadá. 158p.
- Incrocci, A. P.; Campiotti, C. A.; Balducchi, R.; Giunchi, L. 2003. Energy, water and fertilizer requirement of a closed loop soilless culture of greenhouse cherry tomato in Sicily. *Acta Hort (ISHS)* 614:189-192.
- Márquez, H. C.; Cano, R. P. 2005. Producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. *Actas Portuguesas de Horticultura* 5: 219-224.
- Mitchell, J. P.; Shennan, C.; Grattan, R. S.; May, M. D. 1991. Tomato fruit yield and quality under water deficit and salinity. *J. Am. Soc. Hortic. Sci. (USA)* 116:215-221.
- Moccia, S.; Oberti, A.; Pujol, S. 1999. Tomate "cherry": análisis de parámetros fisiológicos y productivos. *Investigación Agrícola (Chile)* 19(1-2):20-27.

**SUSTRATOS EN LA PRODUCCIÓN ORGÁNICA DE TOMATE BOLA BAJO
INVERNADERO**

**EVALUATION OF SUBSTRATES IN THE ORGANIC PRODUCTION OF
TOMATO UNDER GREENHOUSE**

Cándido Márquez Hernández¹, Pedro Cano Ríos^{2§} y Esteban Favela Chávez³

¹Posgrado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna

(UAAANUL). Periférico y Carr. a Sta Fé s/n. Torreón, Coah. ²Campo

Experimental La Laguna, INIFAP. Carr. Torreón-Matamoros, km 17.5.

Matamoros, Coah. México. ³ Departamento de Horticultura. UAAANUL. [§]Autor

para correspondencia: cano.pedro@inifap.gob.mx

RESUMEN

La producción orgánica de alimentos es una alternativa para los consumidores que prefieren alimentos libres de pesticidas y fertilizantes sintéticos, inocuos y con un alto valor nutricional. No obstante, la certificación orgánica indica un periodo de transición de tres a cinco años sin aplicación de ningún producto sintético al suelo, periodo que la mayoría de los productores, no están dispuestos a aceptar, porque implica arriesgar su capital. Por otro lado, el tomate orgánico en México alcanza un precio de 5.84 veces mayor que el convencional, producirlo en invernadero, aumentaría los rendimientos y por ende el beneficio económico para el productor. Sin embargo, es necesario un sustrato, que además de sostén, aporte cantidades considerables de elementos nutritivos que satisfagan las demandas del cultivo. Una alternativa, es la composta, que al mezclarla con medios inertes, mejora sus características físicas y químicas evitando la hipoxia. El objetivo del presente trabajo fue evaluar mezclas de diferentes compostas a distintos niveles en combinación con arena y perlita bajo condiciones de invernadero. El experimento se llevó a cabo en Matamoros, Coah. México, en las instalaciones del Campo Experimental La Laguna del INIFAP, utilizando el genotipo Bosky. Las cuatro mezclas sobresalientes fueron vermicomposta al 50% mas arena así como con perlita al 37 y 50% además de biocomposta al 37.5% mas perlita, con una media de 91.42 t ha^{-1} ; es decir, 9.14 veces mas, a lo obtenido en producciones de tomate orgánico en campo, sin afectar la calidad de los frutos

Palabras claves: *Lycopersicon esculentum*, composta, vermicomposta, medios inertes, producción ecológica

ABSTRACT

Organic food production is an alternative for consumers who prefer food free of synthetic pesticides and fertilizers, innocuous and with a high nutritional value. However, organic certification indicates a period of transition of three to five years without application of any synthetic product to the soil, period that most of the producers, are not willing to accept, because that implies a risk for their capital. On the other hand, the organic tomato in Mexico reaches a price of 5.84 times greater than the conventional one; to produce it in greenhouse would increase considerably yield, and therefore the economic benefit for the producer. Nevertheless, a substrate is necessary that besides, support contributes with considerable amounts of nutrients that satisfy the demands of the cultures. An alternative is compost, which mixed with inert materials, will improve its physical and chemical characteristics avoiding hypoxia. The objective of this work was to evaluate mixtures of different composts with different levels in combination with sand and perlita under greenhouse conditions. The experiment was carried out in Matamoros, Coahuila, México, in the Experiment Station La Laguna facilities using the Bosky genotype. The best four mixtures were vermicompost with sand at 50% level and vermicompost with perlita at 37,5 and 50% levels and biocomposta with perlita at 37.5% level with a mean yield of 91.42 t ha⁻¹ surpassing the open field yields by 9.14 times, without affecting fruit quality.

Keywords: *Lycopersicon esculentum*, compost, vermicompost, inert materials, ecologic production

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe la preocupación entre los consumidores por preferir alimentos libres de agroquímicos, inocuos y con alto valor nutricional, en especial los degustados en fresco; una alternativa para la generación de este tipo de alimentos, es la producción orgánica, método agrícola en el que no se deben de utilizar agroquímicos sintéticos (EU, 1991; FAO,2001; IFOAM, 2003; USDA, 2004).

En los sistemas orgánicos de producción certificada, la normatividad menciona que debe transcurrir un período de tres hasta cinco años, sin aplicación de agroquímicos incluyendo fertilizantes sintéticos, con el propósito de transformar un sistema de producción convencional a orgánico, periodo que los productores no están dispuestos a aceptar, ya que los rendimientos disminuyen y aun no se obtiene el sobreprecio por concepto orgánico, arriesgando su capital (Gómez *et al.*, 1999; Alvajana *et al.*,2004; Gewin, 2004).

Con el propósito de evitar dicho periodo una alternativa, sería la creación de un sustrato, obtenido a partir de materias primas aprobadas por la normatividad orgánica, antes mencionada, siendo una opción, mezclar en un contenedor, composta, por su alta cantidad de elementos nutritivos, con medios inertes, con el objetivo de mejorar las características físicas y químicas y evitar la hipoxia (Abad y Cadahia, 2000; Castillo *et al.*, 2000; Hashemimajd *et al.*, 2004)

De los principales elementos nutritivos presentes en la composta, del 70 al 80 % de fósforo y del 80 al 90 % de potasio están disponibles el primer año, mientras que el nitrógeno (N), todo es orgánico, lo cual lo constituye en un elemento problema, dado que debe mineralizarse para ser absorbido por las

plantas y en el primer año, solo se mineraliza el 11%, generándose una deficiencia de este elemento, si no es suplido apropiadamente (Eghball *et al.*, 2000; Heeb *et al.*, 2005; Rosen y Bierman, 2005)

Rincón (2002) determinó que se necesitan 3, 1, 5, 2.5 y 1 kilogramos de N, P₂O₅, K₂O, Ca y Mg, respectivamente, por tonelada de tomate producida. Así tenemos que para el caso de N, para obtener 100 t ha⁻¹, se requieren de 300 kg de N.

Raviv *et al.* (2004) señalan que los nutrimentos contenidos en la composta satisfacen los requerimientos del tomate en los dos primeros meses después del trasplante; así mismo, Raviv *et al.* (2005) mencionan que la composta cubrió los requerimientos durante cuatro meses después del trasplante en tomate. Márquez y Cano (2005) determinaron que los elementos nutritivos contenidos en la composta, fueron suficientes para obtener producciones aceptables en tomate cherry

Por otro lado, la producción orgánica nacional de tomate en el 2004, se llevó a cabo en 380 ha con rendimientos promedio de 10 t ha⁻¹, con un precio 5.84 veces mayor que el convencional (SAGARPA, 2005)

Según se ha observado, se obtiene mayores rendimientos bajo condiciones de invernadero, (Moccia *et al.*, 1999; Incrocci *et al.*, 2003, Calvin and Cook, 2005; Castilla, 2005), es decir, producir orgánicamente en dicho sistema, aumentaría la relación beneficio-costos. Por otro lado, Tuzel *et al.* (2003) encontraron rendimientos de tomate orgánico en invernadero de 90 t ha⁻¹ cuando se fertiliza con gallinaza

Cabe señalar que la producción en invernadero elimina algunos de los problemas de la agricultura orgánica citados por Gómez *et al.* (1999), ya que se garantizarían frutos durante todo el año, se evitarían los contratiempos ambientales y sobretodo aumentarían las ganancias, debido a la sobreproducción con relación a la producción en campo.

Por lo antes expuesto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar mezclas de distintas compostas a diferentes niveles con medios inertes para la obtención de un sustrato que garantice buenos rendimientos y calidad de fruto, para cultivar tomate orgánico bajo condiciones de invernadero

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en las instalaciones del Campo Experimental La Laguna (CELALA-INIFAP) en Matamoros, Coah. México, en un invernadero de 250 m², cubierto lateralmente por láminas de policarbonato y doble capa de plástico en el techo.

El genotipo evaluado fue Bosky, sembrado y trasplantado, respectivamente el 14 de agosto y 11 de septiembre de 2003. La densidad fue de 4 plantas m⁻², una planta por bolsa. Se utilizaron bolsas de plástico de 20 litros, llenadas sobre la base de volumen. El sistema de riego utilizado fue por goteo y según la etapa fenológica varió de 0.5 a 2.0 litros·bolsa⁻¹. Las temperaturas extremas medias dentro del invernadero fueron 13.5 y 32.1 °C.

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con tres repeticiones con un arreglo trifactorial 2x2x4, en donde el primer factor fueron compostas:

Biocomposta[®] (composta comercial) y Vermicomposta (lombricultura); el segundo factor, medios inertes: Arena de río y Perlita, mientras que el tercer factor fueron niveles de composta: 12.5 %, 25 %, 37.5 % y 50 %, el porcentaje faltante fue cubierto por los medios inertes. Lo anterior originó 16 tratamientos, regados únicamente con agua sin adición de fertilizantes; además, se utilizó un testigo, en arena con fertirrigación. En el Cuadro 1, se presentan las características de las compostas. El ciclo de cultivo fue de 135 días.

Las variables evaluadas fueron altura de planta, floración, rendimiento y calidad de fruto (peso de fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial y sólidos solubles). Para determinar la dinámica de las variables altura y floración se realizó un análisis de regresión lineal. Para rendimiento y calidad de fruto se realizaron análisis de varianza y en su caso comparación de medias (DMS, 5 %)

CUADRO 1. Análisis químico de las compostas evaluadas. CELALA-INIFAP. 2004.

	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Zn	Mn	Materia Orgánica (%)
	(%)						(ppm)				
Biocomposta	1.17	1.19	1.76	1.76	1.87	0.39	7005	202	941	373	29.2
Vermicomposta	1.27	0.15	0.43	1.86	0.13	0.12	27.44	3.28	25.04	18.04	10.50

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de planta

La dinámica de crecimiento longitudinal de las plantas de tomate en las diferentes mezclas evaluadas se muestra en las ecuaciones de regresión lineal, en el Cuadro 2. El ajuste lineal para todos los tratamientos fue bastante aceptable considerando que el r^2 más bajo fue el de vermicomposta al 37.5 % + arena así como vermicomposta al 50% + perlita con 87 % y él más alto fue el de

biocomposta al 50 % + perlita y el testigo con 98 %. El tratamiento de mayor altura a través del ciclo de cultivo fue biocomposta al 37.5% mas perlita mientras que el tratamiento de menor altura fue vermicomposta al 12.5% + arena.

Los resultados contrastan a los obtenidos por Moreno *et al.* (2005) ya que mencionan que la altura de plantas de tomate no varía a diferentes porcentajes de compostas más arena

CUADRO 2. Ecuaciones de regresión para altura de planta y floración inicial de tomate orgánico en sustratos. INIFAP-CELALA, 2004.

Composta	Medio Inerte	Nivel de Composta (%)	Altura		Floración	
			Ecuación de Regresión ^y	r ²	Ecuación de Regresión ^z	r ²
Biocomposta	Arena	12.5	y=58.363+1.67x	0.90	y=4.133+ 5.77x	0.98
Biocomposta	Arena	25	y=32.613+1.75x	0.90	y = 8.133+7.34x	0.99
Biocomposta	Arena	37.5	y=24.131+2.12x	0.94	y=6.644+ 8.13x	0.99
Biocomposta	Arena	50	y =15.798+1.17x	0.93	y=10.37+12.59x	0.99
Biocomposta	Perlita	12.5	y=12.054+1.96x	0.94	y=4.355+10.29x	0.95
Biocomposta	Perlita	25	y=10.304+2.11x	0.95	y=11.86+ 8.44x	0.99
Biocomposta	Perlita	37.5	y=4.107+2.00x	0.97	y=8.244+10.72x	0.98
Biocomposta	Perlita	50	y=6.648+2.04x	0.98	y=13.2+8.01x	0.95
Vermicomposta	Arena	12.5	y=40.071+1.06x	0.91	y=-2.64+12.34x	0.99
Vermicomposta	Arena	25	y=49.399+0.92x	0.89	y=2.422+10.61x	0.98
Vermicomposta	Arena	37.5	y=50.025+1.80x	0.87	y=8.133+7.00x	0.98
Vermicomposta	Arena	50	y=46.619+2.43x	0.94	y=8.555+6.57x	0.98
Vermicomposta	Perlita	12.5	y=27.728+1.40x	0.90	y=10.267+8.92x	0.99
Vermicomposta	Perlita	25	y=39.048+1.96x	0.90	y=10.333+6.85x	0.98
Vermicomposta	Perlita	37.5	y=38.179+2.30x	0.93	y=9.377+7.30x	0.98
Vermicomposta	Perlita	50	y=53.143+1.64x	0.87	y=12.911+7.72x	0.98
		Testigo	y=7.370+2.95x	0.98	y=8.422+7.30x	0.99

^yx, Días después del trasplante (DDT); y, Altura. ^zx, DDT; y, Racimo.

Floración

La estimación (Cuadro 2) del inicio de la floración del primer racimo fluctuó entre 14.36 y 20.5 DDT. Los tratamientos fueron vermicomposta al 12.5 % + arena y biocomposta al 25 % + perlita, respectivamente. Para el quinto racimo,

se obtuvieron valores extremos entre 51.14 y 69.66 DDT, en los tratamientos testigo y vermicomposta al 37.5% + perlita

Los resultados obtenidos concuerdan con Muñoz (2003) ya que menciona que el primer racimo floral aparece a las tres semanas, aproximadamente, después de la expansión cotiledonar, además añade que deben existir entre seis y once hojas debajo de la primera inflorescencia, ya que si son escasas éstas, los fotoasimilados serán insuficientes para soportar las primeras flores y el desarrollo de los primeros frutos

Rendimiento

El tratamiento testigo, registró una supremacía de 21.03 % en relación al promedio de las cuatro mejores mezclas obtenidas, con un rendimiento de 115.78 t ha⁻¹ (Cuadro 3). Sin embargo, el uso de fertilizantes inorgánicos, no está permitido en la normatividad para la producción orgánica certificada

Las cuatro mezclas sobresalientes, e iguales estadísticamente, fueron: vermicomposta al 50 % + arena así como vermicomposta + perlita al 37 y 50% además de biocomposta al 37.5% + perlita (Cuadro 3) con una media de 91.42 t ha⁻¹; es decir, 9.14 veces mas, a lo obtenido en producciones de tomate orgánico en campo (SAGARPA, 2005).

No obstante, existen estudios (Subler *et al.*, 1998; Riggle, 1998) que mencionan que el mejor desarrollo del cultivo se da con pequeñas proporciones de vermicomposta, entre 10 y 20 %. Aunado a lo anterior, Atiyeh *et al.* (2000a y 2000b) señalan que al usar más del 20 % de composta en el sustrato, hay un decremento en el rendimiento de la planta.

CUADRO 3. Rendimiento de tomate en sustratos orgánicos. CELALA-INIFAP. 2004.

Composta	Medio inerte	Porcentajes			
		12.5	25	37.5	50
Biocomposta	Arena	62.06 e*	55.61 efg	80.33 b	59.06 ef
Biocomposta	Perlita	58.45 ef	65.56 d	91.16 a	77.54 c
Vermicomposta	Arena	31.42 i	40.82 hi	49.59 fg	89.88 ab
Vermicomposta	Perlita	47.65 g	79.63 b	88.86 abc	95.78 a

Valores con la misma letra, son iguales de acuerdo a la prueba de DMS con una $P \leq 0.05$ (CV=21.68%)

Es conveniente señalar que de acuerdo a la cantidad de nitrógeno en las compostas (Cuadro 1) y al transformarlo a nitrógeno por hectárea con una tasa de mineralización del 11%, la biocomposta tienen disponible 81.9, 163.8, 245.7 y 327.6 kg ha⁻¹ para los cuatro niveles evaluados; mientras que en el caso de la vermicomposta los valores respectivamente son: 88.9, 177.8, 266.7 y 355.6 kg ha⁻¹.

De acuerdo a Rincón (2002), los cuatro mejores tratamientos, para producir 91.42 t ha⁻¹ consumieron 274.36 kg de nitrógeno. Lo anterior pone de manifiesto que prácticamente, las mezclas de 37.5 y 50% contiene el nitrógeno necesario para producir dicho rendimiento. Probablemente factores como la lixiviación, una menor tasa de mineralización, la volatilización, la adsorción, etc. pudieron influir para no obtener el rendimiento potencial en ambas compostas para el 50%, que sería de 118.49 y 109.12 t ha⁻¹.

Es importante señalar, que la producción obtenida pone de manifiesto, las altas cantidades de elementos nutritivos contenidos en las compostas, a 37.5 y 50% (Cuadro 1) como lo menciona Handreck (1986), sin embargo, aun así, es necesario suplementar los elementos nutritivos (Hashemimajd *et al.*, 2004), debido al agotamiento de los mismos, e inducir un mayor rendimiento.

Calidad

No se presentó diferencia significativa para las siguientes variables: diámetro polar y ecuatorial, sólidos solubles y número de lóculos, con medias, respectivamente de 5.40 cm, 6.62 cm, 4.04 °Brix y 4 lóculos

Por otro lado, los mejores tratamientos para la variable peso de fruto fueron vermicomposta mas arena al 50 y 37.5%, vermicomposta mas perlita al 50 y 37.5% así como el testigo con una media de 238.4 g. Los resultados superan a lo citado por Cano *et al.*(2003) ya que mencionan valores en hidroponía para el mismo genotipo utilizado de 204.1 g

En el caso de espesor de pulpa, se obtuvieron cuatro grupos de significancia dentro de un rango de 0.70 y 0.89 cm, siendo los tratamientos, respectivamente, biocomposta mas arena al 12.5% y vermicomposta mas arena al 37.5%.

En base a lo anterior se concluye que la calidad no se ve afectada al utilizar los sustratos orgánicos

CONCLUSIÓN

El rendimiento obtenido en promedio de los cuatro mejores tratamientos, vermicomposta tanto con arena al 50% como con perlita al 37.5% y al 50% así como la biocomposta mas perlita al 37.5%, es de 91.42 t ha⁻¹, supera a los rendimientos obtenidos en campo en 9.14 veces sin demeritar la calidad.

Lo anterior pone de manifiesto que producir orgánicamente tomate en invernadero aumenta considerablemente los rendimientos.

Las mezclas de 37.5 y 50% cubren las necesidades nutricionales, para obtener alrededor de 100 t ha⁻¹ sin adición de fertilizantes

Cabe señalar que en estudios posteriores será necesario evaluar el suministro de composta periódicamente o bien fertilizar mediante algunas otras técnicas orgánicas para aumentar los rendimientos

LITERATURA CITADA

- Abad B., A. y Cadahía L., C. 2000. Sustratos y su utilización. pp. 198-229. *In:* Ingeniería, manejo y operación de invernaderos para la producción intensiva de hortalizas. Castellanos Z., J. y Guzmán P., J. (eds.). Ed. INCAPA S. C. Guadalajara, Jal. México. 408 p.
- Alvajana M., C. R.; Hoppin J., A. and Kamel, F. 2004. Health effects of chronic pesticide exposure: cancer and neurotoxicity. *Annu. Rev. Public Health* 25:155-197
- 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. and Metzger J., D. 2000b. Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiología* 44: 579-590
- Cano R., P.; López E., J. I. ; Rodríguez D., N. y Chew M., Y. I. 2003. Nuevos híbridos de tomate bola para producción en invernadero en la Comarca Lagunera. *In:* Martínez R., J.J.; Berúmen P., S.; Martínez T., T.; Martínez R., A. (eds.). XV Semana Internacional de Agronomía. Facultad de

- Agricultura y Zootecnia. Universidad Juárez del Estado de Durango. Gómez Palacio, Dgo.
- Calvin, L. and Cook, R. 2005. Greenhouse tomatoes change the dynamics of the north american fresh tomato industry. Economic research report number 2. USDA. 86p.
- Castilla N. 2005. Invernaderos de plástico. Tecnología y manejo. Editorial Mundiprensa. Madrid, España. 462p.
- Castillo E., A.; Quarín H., S. e Iglesias C., M. 2000. Caracterización química y física de compost de lombrices elaborados a partir de residuos orgánicos puros y combinados. Agricultura Técnica (Chile) 60: 74-79.
- Eghball, B. 2000. Nitrogen mineralization from field-applied beef cattle feedlot manure or compost. Soil Sci. Soc. Am. J. 64:2024-2030
- European Union (EU). 1991. Boletín Oficial de la Comunidad Económica Europea. Reglamento CEE No. 2092/91 sobre la producción agrícola ecológica y su indicación en los productos agrarios y alimenticios. 24 de junio.
- Food Agriculture Organization (FAO). 2001. Los mercados mundiales de frutas y verduras orgánicas. Roma, Italia. 230 p.
- Gewin, V. 2004. Organic Faqs. Nature 428:796-798
- Gómez T., L., Gómez C., M. A. y Schwentesius R., R. 1999. Producción y comercialización de hortalizas orgánicas en México. pp. 121-158 En: Agricultura de exportación en tiempos de globalización, el caso de las hortalizas, flores y frutos. Gramont de C., H.; Gómez C., M. A.; González, H. y Schwentesius R., R. (eds.). CIEESTAM/UACH. México, D. F.

- Handreck K., A. 1986. Vermicomposts as component of potting media. *Biocycle* 27 (9): 58-62
- Hashemimajd, K.; Kalbasi, M.; Golchin, A. y Shariatmadari, H. 2004. Comparison of vermicomposta and compost as potting media for growth of tomatoes. *Journal of Plant Nutrition* 27: 1107-1123
- Heeb, A.; Lundegårdh, 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
- Incrocci A., P.; Campiotti C., A.; Balducchi, R. and Giunchi, L. 2003. Energy, water and fertilizer requirement of a closed loop soilless culture of greenhouse cherry tomato in Sicily. *Acta Hort (ISHS)* 614:189-192.
- International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM). 2003. Normas para la producción y procesado orgánico. Victoria, Canadá. 158p.
- Márquez H., C. y Cano R., P. 2005. Producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. *Actas Portuguesas de Horticultura* 5: 219-224
- Moreno R., A.; Valdés P., M. T. y Zarate L., T. 2005. Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost / arena bajo condiciones de invernadero. *Agricultura Técnica (Chile)* 65(1):26-34.
- Moccia, S.; Oberti, A. y Pujol, S. 1999. Tomate "cherry": análisis de parámetros fisiológicos y productivos. *Investigación Agrícola (Chile)* 19(1-2):20-27.
- Muñoz R., J. J. 2003. El cultivo de tomate en invernadero. *In: Muñoz R., J. J. y Castellanos Z., J. (eds) Manual de producción hortícola en invernadero. INCAPA. México. p.226-262.*

- Raviv, M.; Medina, S.; Krasnovsky, A. y Ziadna, H. 2004. Organic matter and nitrogen conservation in manure compost for organic agriculture. *Compost Science & Utilization* 12: 6-10
- 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-growth crops. *Bioresource Technology* 96:419-427
- Riggle, D. 1998. Vermicomposting research and education. *Biocycle* 39:54-56
- Rincón S., L. 2002. Bases de la fertirrigación para solanáceas y cucurbitáceas cultivadas en invernadero bajo planteamiento de producción integrada. *In: 12º Symposium Internacional. Ecología y producción integrada en cultivos hortícolas en invernadero. PYTOMA (España)* 135: 34-46.
- Rosen J., C. and Bierman M., P. 2005. Using manure and compost as nutrient sources for vegetable crops. University of Minnesota, Extension Service. 12p.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. (SAGRAPA). 2005. Servicio de información y estadística agroalimentaria y pesquera (SIAP). Sistema de información agropecuaria de consulta. *SIACON. Versión 1.1.*
- Subler, S.; Edwards C., A. and Metzger, J. 1998. *Comparing vermicomposts and composts.* *Biocycle* 39: 63-66
- Tuzel, Y.; Yagmur, B. and Gumus, M. 2003. Organic tomato production under greenhouse conditions. *Acta Hort (ISHS)* 614: 775 - 780
- United States Department of Agriculture (USDA). 2004. National Organic Program. U.S.A. 554p.

**FERTILIZACIÓN EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATE ORGÁNICO BAJO
INVERNADERO
FERTILIZATION IN THE ORGANIC TOMATO PRODUCTION UNDER
GREENHOUSE**

Cándido Márquez Hernández¹, Pedro Cano Ríos^{2§} y Uriel Figueroa Viramontes²

¹Posgrado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna.

Periférico y Carr. a Sta Fé s/n. Torreón, Coah. ²Campo Experimental La Laguna, INIFAP. Carr. Torreón-Matamoros, km 17.5. Matamoros, Coah. México.

§Autor para correspondencia : cano.pedro@inifap.gob.mx

RESUMEN

Los consumidores prefieren alimentos que no afecten su salud y están incluso dispuestos a pagar un sobreprecio por dichos productos. Cultivar bajo un sistema orgánico en invernadero es una alternativa posible y atractiva. La aplicación de agroquímicos certificados es la clave en un sistema de producción orgánica, incluyendo la fertilización. Es decir, cada fertilizante o abono orgánico debe someterse a un proceso de inspección y validación para poder utilizarlo, a menos que el producto ya este certificado. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la fertilización en la producción orgánica de tomate en invernadero. El experimento se estableció en Matamoros, Coah. México, en el invernadero del Campo Experimental La Laguna-INIFAP. El sustrato utilizado fue 50% de vermicomposta 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 el factor A y B, respectivamente, fueron fuentes de fertilización y genotipos. El fertilizante orgánico utilizado está aprobado por IFOAM. Se concluye que la fertilización con macroelementos orgánicos aumentó el rendimiento alrededor de 34%. Además, se obtiene una mayor altura de plantas, precocidad y mejor calidad de la cosecha. El rendimiento fue similar al tratamiento donde se fertilizo inorgánicamente. No se encontró diferencia en rendimiento para los genotipos estudiados. Producción organica de tomate en invernadero, aumenta en 13 veces los rendimientos obtenidos en campo.

PALABRAS CLAVES: Vermicomposta, Composta, Sustrato orgánico, Abonos orgánicos

ABSTRACT

Consumers prefer foods that do not affect their health and are even willing to pay an overprice for these products. To produce under an organic system in greenhouse is a feasible and attractive alternative. The use of certified agrochemicals is the key in an organic production system, including fertilization. That is, each fertilizer or organic amendment must be under a process of inspection and validation to be used, unless the product is already certified. The objective of the present study was to evaluate the effect of fertilization in the production of organic tomato in greenhouse. The experiment was carried out in Matamoros, Coah. Mexico, in the greenhouse of the Campo Experimental La Laguna-INIFAP. The substrate used was 50 % vermicompost plus 50% of river sand, in 20 L pots. The experimental design was completely randomized with five replications in a factorial arrangement of 5x2, where the factor A and B, respectively, were sources of fertilization and genotypes. The organic fertilizer used is approved by IFOAM. It is concluded that the fertilization with organic macroelements increased yield around 34%. In addition, higher plant height was obtained, earliness and better harvest quality. Yield was similar to the treatment with inorganic fertilization. No significant difference in yield was found for the studied genotypes. Greenhouse organic tomato production increases 13 times the yield obtained in open field production.

KEY WORDS: Vermicompost, compost, organic substrate, organic amendment.

INTRODUCCIÓN

La producción y demanda de alimentos orgánicos va en aumento. Los consumidores prefieren alimentos libres de agroquímicos, incluyendo fertilizantes inorgánicos, ya que pueden afectar su salud. Además, los compradores están dispuestos a pagar un sobreprecio por adquirir alimentos obtenidos bajo un sistema de producción orgánica, los cuales son inocuos a la salud humana y tienen mejor sabor (van Manen *et al.*, 1998; Govindasamy and Italia, 1999; Alvajana *et al.* 2004; Gewin, 2004; Heeb *et al.*, 2005)

En México en el año 2004, la superficie anual y el valor de la producción del tomate convencional fue 97.94 y 42.18 veces mas que el tomate orgánico que se lleva a cabo en 380 ha con un valor cercano a los \$135,000,000. No obstante, el precio medio rural del tomate convencional es menor en 5.84 veces, respecto al tomate orgánico que por kilogramo es de \$35.71 (SAGARPA, 2005).

El rendimiento promedio de tomate orgánico a nivel nacional es de 10 t ha⁻¹ (SAGARPA, 2005), sin embargo, si bien la cosecha es certificada, los rendimientos pueden aumentar, incrementando la relación beneficio-costos. Producir tomate orgánico bajo condiciones de invernadero, permite incrementar los rendimientos en comparación con lo obtenido en campo, es por lo tanto una opción muy atractiva.

Por otro lado, la entrada instantánea al sistema de producción orgánica, es posible únicamente al cultivar en un suelo virgen o bien en un sustrato creado con materias primas certificadas (Huxham *et al.*, 2005; Márquez y Cano, 2005).

De lo contrario, se requiere un periodo obligatorio de transición que va de tres a cinco años, sin aplicación de agroquímicos, incluyendo fertilizantes (FAO, 2001; IFOAM, 2003)

Las normas de certificación, permiten la autoelaboración de insumos agrícolas, incluyendo fertilizantes, no obstante, es preferible utilizar insumos certificados para prever la cancelación del certificado orgánico. En el caso de la fertilización, los productos de naturaleza orgánica, deben emplearse con cautela, ya que su origen no garantiza su utilización en la producción orgánica certificada. Tal es el caso del estiércol, bocashi, gallinaza, preparados biodinámicos, entre otros.

Las opciones de fertilización certificadas son, entre otras, compostas no enriquecidas inorgánicamente, estiércol composteado, frutas fermentadas en forma de vinagre o té, vermicomposta, abonos verdes, leguminosas, subproductos de la pesca, extractos de algas marinas, harinas de sangre ó pescado, polvo de pezuña o cuerno, microelementos, bacterias fijadoras de nitrógeno, micorrizas o bien, insumos de empresas certificadas (Giaonetto, 2005; Labrador *et al.*, 2004).

En la composta, fertilizante orgánico por excelencia, del 70 al 80 % de fósforo y del 80 al 90 % de potasio, están disponibles en el primer año. En el caso del nitrógeno, debido a que todo es orgánico, se tiene que transformar a formas iónicas para poder ser asimilado por la plantas, con una tasa de mineralización de alrededor del 11% (Eghball, 2000; Aram and Rangarajan, 2005; Rosen and Bierman, 2005).

Existen trabajos que mencionan que los nutrientes de la composta cubren los requerimientos del tomate, parcial o totalmente (Márquez y Cano, 2004; Raviv *et al.*, 2004 y 2005). Aunque hay trabajos de investigación que indican lo contrario (Subler *et al.*, 1998; Atiyeh *et al.*, 2000).

Rincón (2002) determinó los coeficientes de extracción de nutrientes del tomate en invernadero en kilogramos por tonelada producida como sigue: 3.0, 1.0, 5.0, 2.5 y 1.0 de N, P₂O₅, K₂O, Ca y Mg, respectivamente.

Existen antecedentes sobre producción orgánica en invernadero; Tuzel *et al.* (2003) encontraron rendimientos de tomate orgánico en invernadero de 90 t ha⁻¹ cuando se fertiliza con gallinaza. Márquez y Cano (2004) encontraron un rendimiento de tomate orgánico en invernadero de 89.64 t ha⁻¹, en composta mas arena sin fertilizar, donde superaron los rendimientos de tomate orgánico en campo en 8.96 veces

Márquez y Cano (2005) obtuvieron para tomate cherry orgánico bajo invernadero, 310% más rendimiento que lo producido en campo abierto.

De acuerdo a lo anterior, el objetivo del trabajo, fue evaluar el efecto de la fertilización sobre el rendimiento y calidad de fruta, de tomate orgánico bajo invernadero

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en Matamoros, Coah. México, en el invernadero del Campo Experimental La Laguna (CELALA-INIFAP), ubicado en el km. 17.5 de la carretera Torreón-Matamoros. El invernadero es de 250 m² con estructura

metálica, cubierto lateralmente por láminas de policarbonato y doble capa de plástico en el techo. El sistema de riego fue por goteo, suministrando 0.5 a 2 L por maceta, dependiendo de la etapa fenológica del cultivo. La siembra se realizó el 29 de agosto de 2004, mientras que el trasplante se efectuó el 1 de octubre de 2004, en macetas de 20 L de capacidad. El sustrato utilizado fue 50% de vermicomposta mas 50% de arena de río, sobre la base de volumen; el tratamiento testigo fue hidroponía en arena de río. Algunas características de los sustratos, al inicio y al final del experimento, se muestran en el Cuadro 1. Los elementos nutritivos contenidos en la vermicomposta se presentan en el Cuadro 2. La densidad de plantación fue de 0.255 m² por planta. El ciclo de cultivo fue de 213 días con temperaturas máxima y mínima extremas de 10.7 y 32.01 °C, respectivamente.

CUADRO 1. Caracterización inicial y final de los sustratos. CELALA-INIFAP, 2005.

Característica	Unidad	Mezcla Inicial		Mezcla Final			
		A*	ME	O	In	T	
C. I. C.	Meq/100 g	8	5	5	5	7	5
Porcentaje de Saturación	%	45.66	47.3	49.66	42.60	45.33	39.66
pH (Disolución 1:1)		8.24	8.63	8.60	8.42	8.56	8.1
C.E.	mS cm ⁻¹	2.45	1.05	0.91	0.67	0.85	0.65
Materia Orgánica	%	7.16	4.3	3.36	3.86	2.68	0.12

A, Arena; ME, Microelementos, O, fertilizante orgánico; In, Fertilizante inorgánico; T, Testigo

CUADRO 2. Elementos nutritivos contenidos en la vermicomposta. CELALA-INIFAP, 2005

	N	P	k	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Zn	Mn
	%						ppm			
Vermicomposta	0.86	0.17	1.03	4.86	0.76	0.14	3785	22.5	92.5	2270

El diseño experimental fue completamente al azar con cinco repeticiones en arreglo factorial 5x2. El factor A fueron fuentes de fertilización: 1) agua, 2) microelementos, 3) orgánica, 4) inorgánica, y 5) testigo, en arena más solución nutritiva. El factor B fueron los genotipos Bosky y Big Beef.

Las características de las fuentes de fertilización agua y microelementos se presentan en el Cuadro 3. La concentración de la solución nutritiva, suministrada tanto orgánica como inorgánicamente, según el tratamiento, se muestra en el Cuadro 4. La adición de los tratamientos de fertilización orgánica e inorgánica, cuyo sustrato contenía composta, inició al los primeros síntomas visuales de amarillamiento (88 DDT). En el caso del testigo, el suministro fue constante.

CUADRO 3. Características de tratamientos de fertilización, agua y microelementos. INIFAP-CELALA, 2005.

Característica	Agua		Microelementos				
	Elemento	meqL ⁻¹	Elementos	ppm	Elemento	ppm	
pH	8.17	Calcio	1.81	Fierro	0.02	Fierro	1.15
CE(mScm ⁻¹)	0.32	Magnesio	0.19	Cobre	0.01	Manganeso	0.49
Cloruros(meqL ⁻¹)	0.62	Sodio	1.05	Manganeso	0.01	Zinc	0.16
Sulfatos(meqL ⁻¹)	1.31	Potasio	0.07	Nitratos	0.01	Boro	0.16

CUADRO 4. Concentración de la solución nutritiva en ppm, según la etapa fenológica (Zaidan y Avidan, 1997). INIFAP-CELALA, 2005.

Estado de la planta	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

En la fertilización orgánica, los macroelementos fueron suministrados por el complejo Biomix (NPK) de la compañía BioAgroMex, aprobado por las normas de producción orgánica certificada de IFOAM (Cod IT BAC 0082779) más

microelementos. Mientras que la fertilización inorgánica fue sobre la base de nitratos de calcio, potasio y magnesio así como ácido fosfórico y microelementos.

Se realizaron aplicaciones preventivas con productos autorizados para la producción orgánica tanto de insecticidas (Abakob, Biocrack, Bioinsect y Kilwalc) como fungicidas y bactericidas (BioFyb, Sedric 650 y Sultron).

Las variables evaluadas fueron altura de planta, floración inicial, rendimiento, calidad de fruto (peso de fruto, diámetro polar, diámetro ecuatorial, grados Brix, número de lóculos y espesor de pulpa). Para la floración inicial y la altura, se obtuvieron ecuaciones de regresión. Para rendimiento y calidad de fruto, se realizó un análisis de varianza y, en su caso, comparaciones de medias mediante DMS al 5%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de plantas.

De acuerdo a las ecuaciones de regresión obtenidas (Cuadro 5), el tratamiento testigo demoró el crecimiento longitudinal de las plantas, en un 56%, con relación a los tratamientos donde la maceta contenía composta. Lo anterior, debido, a la alta CIC respecto a la arena que es un medio inerte, dando lugar a una mayor retención de humedad, que en promedio, los sustratos mezclados con composta, tenían 46.23% contra el 39.66% de la arena (Cuadro 1). Moreno *et al.* (2004) no encontraron diferencia en altura de planta al evaluar tomate en tratamientos de composta de diferentes fuentes y un testigo hidropónico

CUADRO 5. Ecuaciones de regresión para altura de planta y floración inicial de tomate. INIFAP-CELALA, 2005

Tratamiento	Genotipo	Altura de planta (cm)		Floración Inicial (DDT)	
		Ecuación	r ²	Ecuación	r ²
Agua	Bosky	$y = 55.93 + 7.29 x$	0.97	$y = 3.16 + 14.44x$	0.99
Agua	Big Beef	$y = 65.19 + 5.36 x$	0.89	$y = 10.98 + 10.74x$	0.99
Microelementos	Bosky	$y = 52.57 + 5.67 x$	0.93	$y = -8.5 + 21.59x$	0.92
Microelementos	Big Beef	$y = 53.95 + 5.53 x$	0.94	$y = -8.79 + 18.092x$	0.96
Fertilizante Orgánico	Bosky	$y = 47.53 + 7.36 x$	0.86	$y = 4.84 + 17.98x$	0.96
Fertilizante Orgánico	Big Beef	$y = 40.58 + 8.62 x$	0.84	$y = 2.69 + 14.74x$	0.97
Fertilizante Inorgánico	Bosky	$y = 40.47 + 7.69 x$	0.91	$y = 1.17 + 17.35x$	0.98
Fertilizante Inorgánico	Big Beef	$y = 45.22 + 7.98 x$	0.86	$y = -1.08 + 17.21x$	0.96
Testigo	Bosky	$y = 6.68 + 10.53 x$	0.97	$y = 21.637 + 15.53x$	0.99
Testigo	Big Beef	$y = 24.66 + 8.13 x$	0.89	$y = 18.56 + 14.96x$	0.96

x = Días después del trasplante, x = Numero de racimo

Respecto a la altura final de la planta, los tratamientos de menor longitud, en 10%, fueron agua y microelementos, con una media de 152.31 cm, inferiores al resto de los tratamientos. Lo anterior pone de manifiesto, que los macroelementos de la composta (Cuadro 1) no fueron suficientes para cubrir las necesidades para igualar la altura de plantas, de los tratamientos donde se fertilizó. Márquez y Cano (2005) señalan que la altura de planta de tomate cherry producida hidropónicamente es mayor que la alcanzada al producir en una mezcla al 50% de arena y vermicomposta sin fertilizar, en un 10.8%.

Floración.

Se estimó la aparición del segundo y quinto racimo con valores fluctuantes entre los 27-53 y 75-99 días después del trasplante (DDT), respectivamente (Cuadro 5). En general, el testigo demoró la aparición del segundo y quinto racimo en un 33.4 y 11.38 %, respecto a los otros tratamientos; es decir, al inicio las diferencias son mayores y decrecen conforme avanza el cultivo. La diferencia probablemente se atribuye a la disponibilidad inmediata y constante

de los elementos nutritivos contenidos en la composta (Cuadro 1), caso contrario al tratamiento testigo, que es un medio inerte.

Los resultados obtenidos concuerdan con Muñoz (2003) ya que menciona que el primer racimo floral aparece a las tres semanas, aproximadamente, después de la expansión cotiledonar, además añade que deben existir entre seis y once hojas debajo de la primera inflorescencia, ya que si son escasas éstas, los fotoasimilados serán insuficientes para soportar las primeras flores y el desarrollo de los primeros frutos

Rendimiento.

No hubo diferencia entre genotipos con una media de $116.419 \text{ t ha}^{-1}$. Respecto a las fuentes de fertilizantes, tanto el tratamiento testigo como la fertilización con macroelementos orgánica e inorgánicamente fueron iguales estadísticamente, con un valor promedio de 136.7 t ha^{-1} , superando en 40.93% a los tratamientos agua y microelementos, inferiores estadísticamente (Figura 1). Lo anterior pone de manifiesto que los rendimientos son similares al fertilizar orgánicamente así como cuando se realiza de forma inorgánica, tanto en composta con arena como en hidroponía

El rendimiento medio para ambos genotipos, fertilizados orgánicamente, fue de 130.46 t ha^{-1} , superando en 151.8% lo obtenido por Márquez y Cano (2004) en mezclas de compostas sin fertilizar, así como lo citado por Tuzel *et al.* (2003). Es importante señalar que los rendimientos obtenidos a campo abierto de tomate orgánico fueron superados en 13.04 veces (SAGARPA, 2005)

Cabe recalcar pues, que es necesario suministrar elementos nutritivos ya que, la demanda de éstos por la planta, sobrepasa a los contenidos en la composta (Hashemimajd *et al.*, 2004). Caso contrario, mencionan Márquez y Cano (2004), debido probablemente, a que las diferencias se pueden atribuir al contenido de las elementos nutritivos de las compostas usadas en los experimentos.

Hipotéticamente, el nitrógeno contenido en la composta (Cuadro 2) con una tasa de mineralización del 11%, permite obtener rendimientos, según Rincón (2002), alrededor de 88 t ha⁻¹. Lo anterior coincide con el promedio obtenido por los tratamientos a los cuales no se les suministraron macroelementos, que fue de 86 t ha⁻¹

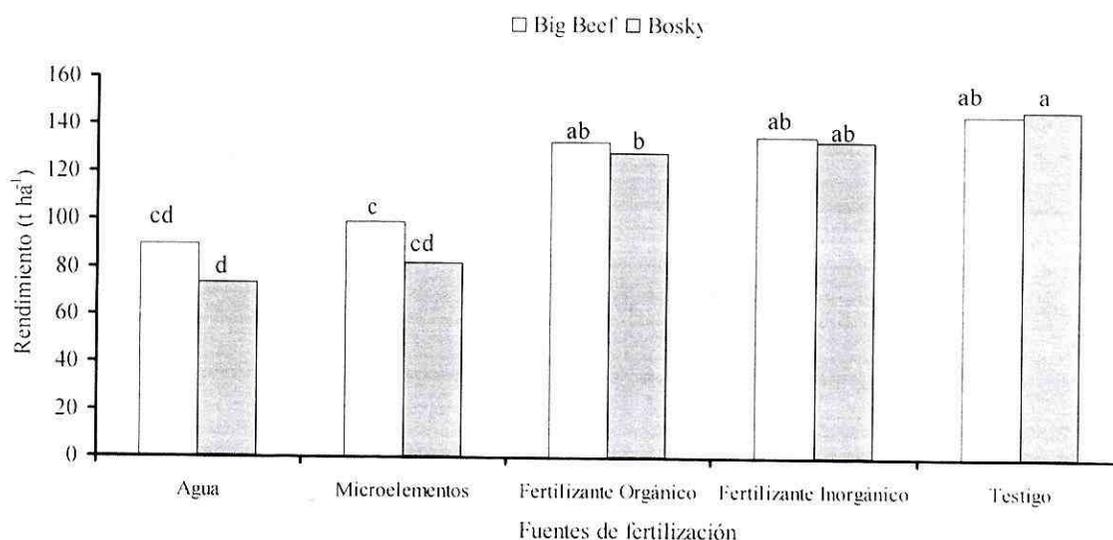


Figura 1. Rendimiento y comparación de medias de diez tratamientos evaluados en tomate bajo invernadero. INIFAP-CELALA, 2005. (Barras con la misma letra son iguales estadísticamente, DMS $p \leq 0.05$)

Calidad.

No existió diferencia entre las variables peso de fruto, diámetro ecuatorial y polar, número de lóculos y espesor de pulpa con valores medios de 231.2 g, 7.78 cm, 6.71 cm, 5.78 lóculos y 0.73 cm (coeficientes de variación: 16.3, 7.15, 5.36, 14.61 y 9.81 %), respectivamente.

Por otro lado, los sólidos solubles fueron 8.84% menores en el testigo con relación a los tratamientos con composta, que presentaron 4.6 grados Brix; lo anterior debido probablemente a la menor retención de humedad de la arena (Cuadro 1), además de una mayor concentración de sales (Mitchell *et al.*, 1991) atribuido a la presencia de la composta. Resultados similares fueron encontrados por Márquez y Cano (2004), ya que mencionan un déficit porcentual de 23.24% del tratamiento testigo en arena mas solución nutritiva, respecto a los mejores tratamientos en compostas. En el caso de los genotipos, Bosky con 4.75 grados Brix, presentó mayor concentración de azúcares que Big Beef en un 9.26%.

CONCLUSIONES

Es necesario fertilizar orgánicamente con macroelementos ya que aumenta el rendimiento alrededor de 34% respecto a la no-fertilización con macroelementos. Además, se obtiene una mayor altura de plantas, precocidad y mejor calidad de la cosecha. Dicho aporte de elementos nutritivos debe realizarse con fuentes aprobadas en la normatividad para la producción orgánica certificada, que repercutirá en la posibilidad de obtener el precio premium.

Existe similitud estadística al utilizar fertilizantes inorgánicos y orgánicos, tanto en rendimiento como en calidad. Lo anterior garantiza que la fertilización orgánica, es factible de usar en las producciones convencionales en pro de la sustentabilidad

La producción orgánica en invernadero permite aumentar en 13.04 veces los rendimientos en comparación con la producción de tomate orgánico a cielo abierto, sin disminuir la calidad de los frutos

LITERATURA CITADA

- Alvajana M., C. R.; Hoppin J., A and Kamel, F. 2004. Health effects of chronic pesticide exposure: cancer and neurotoxicity. *Annu. Rev. Public Health (USA)* 25:155-197.
- Aram, K. and Rangarajan, A. 2005. Compost for nitrogen fertility management of bell pepper in a drip-irrigated plasticulture system. *HortScience* 40(3): 577-581
- Atiyeh R., M.; Subler, S.; Edwards C., A.; Bachman, G. and Metzger J., D. 2000. Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiología (Germany)* 44: 579-590.
- Eghball, B. 2000. Nitrogen mineralization from field-applied beef cattle feedlot manure or compost. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64:2024-2030
- Food Agricultura Organization (FAO). 2001. Los mercados mundiales de frutas y verduras orgánicas. Roma, Italia. 230p.
- Gewin, V. 2004. Organic Faqs. *Nature (USA)* 428:796-798.

- Giaonetto, F. 2005. Manejo, certificación y comercialización del plátano y banano orgánico. La experiencia mexicana y centroamericana. *Cultura orgánica (México)* 3: 22-25.
- Govindasamy, R. and Italia, J. 1999. Predicting Willingness-to-Pay a Premium for Organically Grown Fresh Produce. *Journal of Food Distribution Research (USA)* 30(2): 44-53.
- Hashemimajd, K.; Kalbasi, M.; Golchin, A. and Shariatmadari, H. 2004. Comparison of vermicompost and composts as potting media for growth of tomatoes. *Journal of plant nutrition (USA)* 27 (6): 1107-1123.
- Heeb, A.; Lundegårdh, B.; Ericsson, T. and Savage G., P. 2005. Nitrogen form affects yield and taste of tomatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture (USA)* 85: 1405-1414
- Huxham K., S.; Sparkes L., D. and Wilson, P. 2005. The effect of conversion strategy on the yield of the first organic crop. *Agriculture, Ecosystem and Environment (USA)* 106: 345-357
- International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM). 2003. Normas para la producción y procesado orgánico. Victoria, Canadá. 158p.
- Labrador M., J.; Procura, J. L. y Reyes P. J. L. 2004. Fertilizantes, enmiendas, activadores biológicos, sustratos y acondicionadores de suelo. *In: Labrador M., J (ed.) Conocimientos, técnicas y productos para la agricultura y la ganadería ecológica. Sociedad española de agricultura ecológica.* p. 117-180.
- Márquez H., C. y Cano R., P. 2004. Producción orgánica de tomate bajo invernadero. *In: Olivares S., E. (ed.) Segundo Simposio Internacional de*

- Producción de Cultivos en Invernaderos. Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey N. L. México.
- Márquez, C. y Cano, P. 2005. Producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. *Actas Portuguesas de Horticultura (Portugal)* 5(1): 219-224.
- Mitchell J., P.; Shennan, C.; Grattan R., S. and May M., D. 1991. Tomato fruit yield and quality under water deficit and salinity. *J. Am. Soc. Hortic. Sci. (USA)* 116:215–221.
- Moreno R., A.; Valdés P., M.T. y Zarate L., T. 2005. Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost / arena bajo condiciones de invernadero. *Agricultura Técnica (Chile)* 65(1):26-34.
- Muñoz R., J. J. 2003. El cultivo de tomate en invernadero. *In: Muñoz R., J. J. y Castellanos Z., J. (eds.) Manual de producción hortícola en invernadero. INCAPA. México. p.226-262.*
- Raviv, M.; Medina, S.; Krasnovsky, A. and Ziadna, H. 2004. Organic matter and nitrogen conservation in manure compost for organic agriculture. *Compost Science & Utilization* 12: 6-10
- Raviv, M.; Oka, Y.; Katan, J.; Hadar, Y.; Yogevev, A.; Medina, S.; Krasnovsky, A. and Ziadna, H. 2005. High nitrogen compost as a medium for organic container-growth crops. *Bioresource technology (USA)* 96(4):419-427.
- Rincón S. L. 2002. Bases de la fertirrigación para solanáceas y cucurbitáceas cultivadas en invernadero bajo planteamiento de producción integrada. *In: 12º Symposium Internacional. Ecología y producción integrada en cultivos hortícolas en invernadero. PYTOMA (España)* 135: 34-46.

- Rosen J., C and Bierman M., P. 2005. Using manure and compost as nutrient sources for vegetable crops. University of Minnesota, Extension Service. USA. 12p.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2005. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON). México, D. F. Internet: <http://www.siea.sagarpa.gob.mx/sistemas/siacon/SIACON.html>.
- Subler, S.; Edwards C., A. and Metzger, J. 1998. Comparing vermicomposts and composts. *Biocycle (USA)* 39: 63-66.
- Tuzel, Y.; Yagmur, B. and Gumus, M. 2003. Organic tomato production under greenhouse conditions. *Acta Hort (ISHS)* 614: 775 - 780.
- van Maanen J., M. S.; Danielle M., F. A.; Dallinga J., W. and Kleinjans J., C. S. 1998. Formation of Nitrosamines During Consumption of Nitrate- And Amine-Rich food, and the Influence of the Use of Mouthwashes. *Cancer Detection and Prevention (USA)* 22(3):204-212.
- 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.