

USO DE SUSTRATOS ORGÁNICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE TOMATE EN INVERNADERO*

USE OF ORGANIC SUBSTRATES FOR THE PRODUCTION OF TOMATO IN GREENHOUSE

Cándido Márquez Hernández¹, Pedro Cano Ríos^{2§} y Norma Rodríguez Dimas³

¹Biología, Universidad Juárez del Estado de Durango, Gómez Palacio, Durango. ²Departamento de Horticultura, UAAANUL, ³Postgrado, UAAANUL. §Autor para correspondencia: canorp49@hotmail.com

RESUMEN

La producción orgánica de alimentos es una alternativa para los consumidores que prefieren alimentos libres de plaguicidas y fertilizantes sintéticos, inocuos y con un alto valor nutricional. No obstante, la certificación orgánica indica un período de transición de tres a cinco años sin aplicación de ningún producto sintético al suelo, período que la mayoría de los productores, no están dispuestos a aceptar, porque implica arriesgar el 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 sustratos elaborados con mezclas entre compostas, biocomposta y vermicomposta, y sustratos inertes, arena y perlita, a diferentes niveles, bajo condiciones de invernadero. El experimento se llevó a cabo en Matamoros, Coahuila, México, en las instalaciones del Campo Experimental La Laguna del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), desde 1 de octubre 2003 al 30 de marzo de 2004, utilizando el genotipo Bosky. Las cuatro mezclas sobresalientes fueron vermicomposta al

50% más arena así como con perlita al 37 y 50% además de biocomposta al 37.5% más perlita, con una media de 91.42 t ha⁻¹; es decir, 9.14 veces más, a lo obtenido en producciones de tomate orgánico en campo, sin afectar la calidad de los frutos.

Palabras clave: *Lycopersicon esculentum* L., 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

* Recibido: Enero de 2006
Aceptado: Diciembre de 2007

mixed with inert materials, will improve its physical and chemical characteristics avoiding hypoxia. The objective of this work was to evaluate substrates made with mixtures between composts, biocomposta and vermicompost, and inert substrates, sand and perlite at various levels under greenhouse conditions. The experiment was carried out in Matamoros, Coahuila, Mexico, in the Experimental Station La Laguna facilities, from october 1st, 2003 up to march 30th, 2004, using the Bosky genotype. The best four mixtures were vermicompost with sand at 50% level and vermicompost with perlite 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 fruit quality.

Key words: *Lycopersicon esculentum* L., 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 (UE, 1991; 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; razón por la cual, el productor convencional, no intenta ingresar al sistema de producción orgánica, ya que además que los rendimientos disminuyen, aún no se obtiene el sobre precio por concepto orgánico (Gómez *et al.*, 1999; Gewin, 2004). Con el propósito de evitar dicho período 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 la alta cantidad de elementos nutritivos, con medios inertes, con el objetivo de mejorar las características físicas y químicas y evitar la hipoxia (Castillo *et al.*, 2000; Hashemimajd *et al.*, 2004).

De los principales elementos nutritivos presentes en la composta, de 70-80% de fósforo y de 80-90% de potasio están disponibles el primer año, mientras que el nitrógeno

(N), todo es orgánico, es decir, debe mineralizarse para ser absorbido por las plantas, no obstante, en el primer año, sólo 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 kg de N, P₂O₅, K₂O, Ca y Mg, respectivamente, por tonelada de tomate producida. Así, se tiene 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 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, (Calvin y 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 sobre todo aumentarían las ganancias, debido a la sobreproducción con relación a la producción en campo.

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) del INIFAP

en Matamoros, Coahuila, 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, tipo bola y de crecimiento indeterminado. La siembra se realizó el 14 de agosto y el trasplante el 11 de septiembre de 2003. La densidad fue de 4 plantas m², una planta por bolsa. Se utilizaron bolsas de plástico de 20 L, llenadas sobre la base de volumen. El sistema de cultivo fue a un tallo, con podas semanales y el control fitosanitario se realizó de manera preventiva, utilizando insumos aprobados por la normatividad internacional de producción orgánica. El sistema de riego utilizado fue por goteo y según la etapa fenológica varió de 0.5 a 2.0 L bolsa. 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; y el tercer factor, niveles de composta: 12.5, 25, 37.5 y 50%. 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, número de lóculos, espesor de pulpa y sólidos solubles). Para determinar la dinámica de las variables altura y floración, evaluadas semanalmente, 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%).

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 aceptable considerando que el r² más bajo fue el de vermicomposta al 37.5% + arena así como vermicomposta al 50% + perlita con 87% y el 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% más 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.

Floración

La estimación (Cuadro 2) del inicio de la floración del primer racimo fluctuó entre 14.36 y 20.5 días después del trasplante (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 Cuadro 3.

Rendimiento

El tratamiento testigo, registró una supremacía de 21.03% en relación al promedio de las cuatro mejores mezclas

Cuadro 1. Composición química de las compostas evaluadas. INIFAP-CELALA, 2004.

	N	P	K	Ca	Mg	Na	¹ MO	Fe	Cu	Zn	Mn
	(%)							(ppm)			
Biocomposta®	1.17	1.19	1.76	1.76	1.87	0.39	29.2	7005	202	941	373
Vermicomposta	1.27	0.15	0.43	1.86	0.13	0.12	10.50	27.44	3.28	25.04	18.04

¹MO= Materia orgánica.

Cuadro 2. Ecuaciones de regresión entre altura de planta y floración inicial de tomate orgánico en sustratos. (Se utilizaron 10 plantas). INIFAP-CELALA, 2004.

Composta	Medio inerte	Nivel de composta (%)	Altura		Floración	
			Ecuación ^y	r ²	Ecuación ^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

^y Días después del trasplante. DDT= x; Altura= y, ^zDDT= x; Racimo= y.

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

Composta	Medio inerte	%			
		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= 12.45%).

obtenidas, con un rendimiento de 115.78 t ha⁻¹. 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 37.5 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 más, a lo obtenido en producciones de tomate orgánico en campo

(SAGARPA, 2005). Los resultados obtenidos contrastan con los obtenido por Subler *et al.* (1998) estos autores 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 de 20% de composta en el sustrato, hay un decremento en el rendimiento de la planta.

Es importante 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 tiene 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, volatilización, adsorción, entre otras, pudieron influir para no obtener el rendimiento potencial en ambas compostas para 50%, que sería de 118.49 y 109.12 t ha⁻¹.

En este estudio se observó, 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, aún así, es necesario suplementar los elementos nutritivos (Hashemimajid *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 y 6.62 cm, 4.04 °Brix y 4 lóculos.

Por otro lado, los mejores tratamientos para la variable peso de fruto fueron vermicomposta más arena al 50 y 37.5%, vermicomposta más 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 más arena al 12.5% y vermicomposta más arena al 37.5%.

CONCLUSIONES

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

El rendimiento obtenido en promedio de los cuatro mejores tratamientos, vermicomposta tanto con arena al 50% como con perlita al 37.5% y 50% así como la biocomposta más 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, utilizando los sustratos antes mencionados, aumentan considerablemente los rendimientos. Así como la calidad no se ve afectada al utilizar los sustratos orgánicos.

Se identificó 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

- 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, Durango.
- Calvin, L. y Cook, R. 2005. Greenhouse tomatoes change the dynamics of the north american fresh tomato industry. Economic research report number 2. USDA. 86 p.
- Castilla N. 2005. Invernaderos de plástico. Tecnología y manejo. Editorial Mundiprensa. Madrid, España. 462 p.
- Castillo E., A.; Quarín H., S. e Iglesias C., M. 2000. Caracterización química y física de composta 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.
- 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. p. 121-158. *In: 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/Universidad Autónoma Chapingo (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. and 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.
- International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM). 2003. Normas para la producción y procesado orgánico. Victoria, Canadá. 158 p.
- 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.
- 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.
- 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. 12 p.
- 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. USA. 554 p.
- Unión Europea (UE). 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.