

PRODUCCIÓN DE TOMATE EN INVERNADERO CON COMPOSTA Y VERMICOMPOSTA COMO SUSTRATO

Tomato production in greenhouse using compost and vermicompost as substrate

E de la Cruz-Lázaro ✉, MA Estrada-Botello, V Robledo-Torres, R Osorio-Osorio, C Márquez-Hernández, R Sánchez-Hernández

(ECL) (MAEB) (ROO) (RSH) División Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Kilómetro 25 Carretera Villahermosa-Teapa, Centro, Tabasco, México. efraín.delacruz@daca.ujat.mx
(VRT) Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila
(CMH) Escuela Superior de Biología, Universidad Juárez del Estado de Durango, Gómez Palacio, Durango

Artículo recibido: 16 de octubre de 2008, **aceptado:** 27 de enero de 2009

RESUMEN. La producción orgánica de alimentos es una alternativa para los consumidores que prefieren alimentos libres de pesticidas, fertilizantes sintéticos y con alto valor nutricional. El objetivo del presente estudio fue evaluar sustratos elaborados con mezclas entre compostas y vermicompostas con arena, a diferentes niveles, bajo condiciones de invernadero. El híbrido SUN-7705 de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) fue analizado en cuatro sustratos, los cuales fueron compostas y vermicompostas mezcladas en tres diferentes proporciones (100, 75 y 50 %). Los tratamientos fueron distribuidos en un diseño completamente al azar con arreglo factorial 4x3 con cinco repeticiones. El mayor rendimiento promedio (39.811 t ha^{-1}) se obtuvo con la composta generada por la descomposición de estiércol bovino, rastrojo de maíz (*Zea mays* L.), zacate elefante (*Pennisetum purpureum* Schumacher) y tierra negra (CEMZT) al 75 % + arena y la vermicomposta de estiércol, pasto bahía (*Paspalum notatum* Flüggé) y tierra negra (VEPT) al 100 y 50 % + arena. Este rendimiento resultó mayor al registrado en producciones de tomate orgánico en campo, sin afectar la calidad de los frutos.

Palabras clave: *Lycopersicon esculentum* Mill, composta, vermicomposta, agricultura orgánica, cultivo protegido.

ABSTRACT. The organic production of food is an alternative for consumers that prefer food free of pesticides, synthetic fertilisers, and with a high nutritional value. The purpose of this study was to evaluate substrates prepared with mixtures of compost and vermicompost with sand, at various levels, under greenhouse conditions. The tomato hybrid SUN-7705 (*Lycopersicon esculentum* Mill) was analyzed in four substrates that included compost and vermicompost mixed at three different proportions (100, 75 y 50 %). The treatments were distributed in a completely randomised design with a factorial arrangement of 4x3 and five replicates. The greatest average yield (39.811 t ha^{-1}) was obtained with the compost generated by decomposing bovine manure, corn stover (*Zea mays* L.), elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schumacher) and black earth (CEMZT) at 75 % + sand, and with the vermicompost generated by manure, bahiagrass (*Paspalum notatum* Flüggé) and black earth (VEPT) at 100 and 50 % + sand. This yield was greater than that recorded for organic tomato production in the field, without affecting the quality of the fruit.

Key words: *Lycopersicon esculentum* Mill, compost, vermicompost, organic agriculture, protected crop.

INTRODUCCIÓN

La tendencia en los consumidores es preferir alimentos libres de agroquímicos, inocuos y con alto valor nutricional, en especial aquellos que son consumidos en fresco. La producción orgánica ha repre-

sentado una opción para la generación de este tipo de alimentos, ya que es un método agrícola que no utiliza fertilizantes ni plaguicidas sintéticos (Alvajana *et al.* 2004; Márquez & Cano 2005; Márquez-Hernández *et al.* 2006). En los sistemas orgánicos de producción certificada, la normatividad de la Federación Internacional de Movimientos de Agricultura

Biológica (Anónimo 2003) mencionó que debe de transcurrir un período de tres a cinco años, sin aplicación de agroquímicos, que incluye los fertilizantes sintéticos, por lo cual, el productor convencional no ha intentado ingresar al sistema de producción orgánica, ya que además que los rendimientos disminuyen, aún no se obtiene el sobreprecio por concepto orgánico (Gewin 2004).

El uso de sustratos orgánicos ha cobrado gran importancia por diversas razones. Desde el punto de vista económico, su uso se ha fomentado por la agricultura orgánica, ya que es una respuesta a la mejora en las prácticas agrícolas (Nieto-Garibay et al. 2002). Dentro de los sustratos orgánicos, sobresalen la composta y la vermicomposta, debido a que sus procesos de elaboración son métodos biológicos que transforman restos orgánicos de distintos materiales en un producto relativamente estable (Claassen & Carey 2004). Los beneficios de los abonos orgánicos son evidentes, la composta ha mejorado las características de los suelos, tales como fertilidad, capacidad de almacenamiento de agua, mineralización del nitrógeno, fósforo y potasio, mantiene valores de pH óptimos para el crecimiento de las plantas y fomenta la actividad microbiana (Nieto-Garibay et al. 2002) y como sustrato para cultivos en invernadero que no contamina el ambiente (Rodríguez et al. 2008). En tanto que la vermicomposta es el producto de una serie de transformaciones bioquímicas y microbiológicas que sufre la materia orgánica al pasar a través del tracto digestivo de las lombrices (Edwards et al. 1984). Como sustrato permite satisfacer la demanda nutritiva de los cultivos hortícolas en invernadero y reduce significativamente el uso de fertilizantes sintéticos. Además, la vermicomposta contiene sustancias activas que actúan como reguladores de crecimiento, elevan la capacidad de intercambio catiónico (CIC), tiene alto contenido de ácidos húmicos, y aumenta la capacidad de retención de humedad y la porosidad, lo que facilita la aireación, drenaje del suelo y los medios de crecimiento (Hashemimajd et al. 2004; Rodríguez et al. 2008).

El empleo de sustratos orgánicos ha dado diversas respuestas en la producción de tomate en invernadero. Márquez & Cano (2005) determinaron

que los elementos nutritivos presentes en vermicompostas, fueron suficientes para obtener producciones aceptables en tomate cherry. En tanto, Moreno et al. (2005) encontraron que la vermicomposta mezclada con arena al 12.5 y 50 % produjeron rendimientos similares en tomate en invernadero. En cambio, Márquez et al. (2008) registraron que con mezclas de vermicomposta con sustratos inertes al 37.5 y 50 % se cubrieron las necesidades nutricionales del cultivo de tomate. Por otra parte, Manjarrez et al. (1999) mencionaron que la vermicomposta como sustrato permitió satisfacer la demanda nutritiva de los cultivos en invernadero, así como reducir significativamente el uso de fertilizantes sintéticos. Además, las compostas y vermicompostas se han utilizado como sustratos debido a su bajo costo (Rodríguez et al. 2008). De los principales elementos nutritivos presentes en las compostas y vermicompostas, del 70 al 80 % de fósforo y del 80 al 90 % de potasio están disponibles el primer año (Eghball et al. 2000). Mientras que, el nitrógeno debe de mineralizarse para poder ser absorbido por la planta (Heeb et al. 2005), durante el primer año, sólo se mineraliza el 11 % del nitrógeno (Márquez et al. 2008). Rincón (2002) determinó que se necesitan 3, 1, 5, 2.5 y 1 kg de N, P₂O₃, K₂O, Ca y Mg, respectivamente, por tonelada de tomate producido.

En 2004, la producción orgánica nacional de tomate 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 (Anónimo 2005). En condiciones de invernadero se han obtenido rendimientos de 90 t ha⁻¹ cuando se fertiliza con gallinaza (Tuzel et al. 2003) y de 100 t ha⁻¹ con compostas y vermicomposta (Márquez et al. 2008), es decir, la producción orgánica en invernadero aumenta la relación beneficio-costos (Márquez et al. 2008). Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar mezclas de compostas y vermicompostas con arena 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 el área de in-

vernaderos y viveros de la División Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, ubicada en el kilómetro 25 de la carretera Villahermosa-Teapa ($17^{\circ} 46' 56''$ N y $92^{\circ} 57' 28''$ O) a 21 m de altitud sobre el nivel del mar, en el municipio de Centro, Tabasco, México. El invernadero utilizado fue tipo Megavent tropical de 200 m^2 , cubierto lateralmente con malla antiáfidos, pantalla termoreflexiva tipo lumenet con 35 % de sombra y malla Grown Cover de color negro para impedir el crecimiento de malezas.

Los cuatro sustratos evaluados fueron: tres compostas generadas por la descomposición durante 120 días de los residuos orgánicos de: 1) estiércol bovino + pasto bahía (*Paspalum notatum* Flüggé) + tierra negra (1:1:1, v:v:v), 2) estiércol bovino + rastrojo de maíz (*Zea mays* L) + tierra negra (1:1:1, v:v:v), 3) estiércol bovino + rastrojo de maíz + zacate elefante (*Pennisetum purpureum* Schumacher) + tierra negra (1:1:1:1,v:v:v:v) y una vermicomposta generada por la acción de la descomposición de la lombriz *Eisenia foetida* (Savigny, 1826) durante un período de 60 días, sobre los residuos orgánicos de: 4) estiércol bovino + pasto bahía (*Paspalum notatum* Flüggé) + tierra negra (1:1:1,v:v:v). Después de que estos materiales se transformaron en compostas (C) y vermicompostas (V) se identificaron como 1) CEPT, 2) CEMT, 3) CEMZT y 4) VEPT. Las compostas y vermicompostas se produjeron bajo techo de lámina y piso de cemento, con la finalidad de evitar pérdidas de humedad y lixiviado de nutrientes. Los residuos utilizados para la elaboración de cada uno de los sustratos fueron mezclados y colocados en montones de 1 m de alto, a los que se les realizaron volteos cada semana, con el fin de garantizar las condiciones de aerobiosis necesaria para la descomposición y transformación de los residuos (Defrieri *et al.* 2005). Para la producción de la vermicomposta, los residuos se precompostearon por 60 días antes de la inoculación, con el fin de proveer las condiciones adecuadas para la adaptación de la lombriz. La lombriz *E. foetida* se sembró a una densidad de 600 adultos 0.03 m^{-3} de material fresco (Durán & Henríquez 2007). La cosecha de los sustratos se realizó a los 120 días por medio de cribado de los residuos (Ferruzzi 1994).

En cada uno de los sustratos se determinó: la relación C/N mediante la multiplicación del porcentaje de la materia orgánica por 0.58 (porcentaje de carbono orgánico en la MO) dividido entre el porcentaje de nitrógeno (León & Aguilar 1987), el porcentaje de materia orgánica (MO) y P por colorimetría de combustión húmeda (Walkey y Black), N total por digestión oxidativa (Kjeldahl), K y Ca por espectrofotometría de absorción y emisión atómica (Skoog *et al.* 2001) y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) con el método de Harada e Inoko (Harada & Inoko 1980; Etchevers 1988).

El genotipo SUN 7705, de la compañía Sun Seeds, tipo saladette, de crecimiento indeterminado y de vida de anaquel de cuatro a cinco semanas, se utilizó. La siembra se realizó el 20 de octubre y el trasplante el 15 noviembre de 2006. La densidad fue de cuatro plantas m^{-2} , con una planta por bolsa. Como maceta se utilizaron bolsas de polietileno negro de $40 \times 45 \text{ cm}$ con capacidad de 18 L, las cuales fueron llenadas con base en 12 kg de sustrato. El sistema de cultivo fue a un tallo, con podas semanales y el control fitosanitario se realizó de manera preventiva, utilizando Bio-Die® (Tricarboxilos vegetales) y Protek (Derivados de ácidos de la extracción de aceites vegetales), insumos aprobados por la normatividad de la IFOAM (Anónimo 2003). El sistema de riego utilizado fue por goteo y según la etapa fenológica varió de 0.7 a 2.0 L por bolsa.

El diseño utilizado fue completamente al azar con arreglo factorial 4×3 y cinco repeticiones, en donde el primer factor fueron los sustratos: CEPT, CEMT, CEMZT y VEPT y el segundo factor fueron los niveles de 100, 75 y 50 % de sustrato. El porcentaje faltante para completar 12 kg de mezcla en la bolsa fue cubierto con arena de río como medio inerte, que se lavó y esterilizó con una solución de hipoclorito de sodio a 5 % (Rodríguez *et al.* 2008). Lo anterior, generó 12 tratamientos, regados únicamente con agua de pozo sin adición de fertilizantes. Para conocer la calidad del agua utilizada para regar a los tratamientos y el testigo se analizó una muestra de agua, a la cual se le determinó el pH por potenciometría, conductividad eléctrica (CE) por puente de conductividad, HCO_3 y CO_3 por volumetría de neutralización, Cl por argentometría, SO_4 por tur-

Tabla 1. Características químicas de los cuatro sustratos orgánicos (peso seco). (CEPT = composta elaborada con estiércol bovino, pasto bahía (*Paspalum notatum* Flügge) y tierra negra. CEMT = composta elaborada con estiércol bovino, rastrojo de maíz y tierra negra. CEMZT = composta elaborada con estiércol, rastrojo de maíz, zacate elefante (*Pennisetum purpureum* Schumacher) y tierra negra. VEPT = vermicomposta elaborada con estiércol bovino, pasto bahía (*Paspalum notatum* Flügge) y tierra negra. MO = Materia orgánica, C/N = relación carbono-nitrógeno, CIC = capacidad de intercambio catiónico).

Table 1. Chemical characteristics of the four organic substrates (dry weight). (CEPT = compost prepared with bovine manure, bahiagrass (*Paspalum notatum* Flügge) and black earth. CEMT = compost prepared with bovine manure, corn stover and black earth. CEMZT = compost prepared with manure, corn stover, elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schumacher) and black earth. VEPT = vermicompost prepared with bovine manure, bahiagrass (*Paspalum notatum* Flügge) and black earth. MO = Organic matter, C/N = carbon-nitrogen ratio, CIC = cation exchange capacity).

Sustrato	C/N	MO %	N	Componentes y concentración			
				P Mg · kg	K	Ca Cmol(+) · kg	CIC
CEPT	10.31	6.22	0.35	510	7.52	16.80	20.30
CEMT	14.45	11.96	0.48	328	5.22	17.00	20.30
CEMZT	10.74	23.33	1.26	704	10.69	23.40	22.80
VEPT	10.79	8.93	0.48	528	10.69	20.20	39.07

bidimetría; K, Ca, Mg y Na por espectrofotometría de absorción y emisión atómica (Etchevers 1988). Como sustrato testigo se utilizó tepetzil regado con la solución nutritiva de Zaidan con las modificaciones propuestas por Rodríguez *et al.* (2008). El ciclo del cultivo fue de 120 días.

Las variables evaluadas fueron rendimiento de fruto (REND) en t ha⁻¹, días a floración (DF) y calidad de fruto mediante: diámetro polar (DP) en mm, diámetro ecuatorial (DE) en mm y contenido de sólidos solubles en °brix. Los datos obtenidos se analizaron con el paquete estadístico SAS (Anónimo 1999) mediante un análisis de varianza factorial, de acuerdo al diseño experimental utilizado y la comparación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey (p = 0.05).

RESULTADOS

Los sustratos registraron contenidos adecuados de elementos nutritivos, alto contenido de materia orgánica, buena CIC y la relación C:N indicó sustratos orgánicos estabilizados (Tabla 1). De acuerdo con la conductividad eléctrica y con la relación de absorción de agua, el agua de riego se clasificó como C1S1 de bajo riesgo de alcalinidad y salinidad (Ta-

bla 2). Las temperaturas extremas promedio dentro del invernadero durante el estudio variaron de 20.6 a 34.8 °C.

El rendimiento presentó diferencias estadísticas (p ≤ 0.01) en las fuentes de variación sustrato, niveles de sustrato y en la interacción sustrato x niveles de sustrato (Tabla 3). Los días de floración y diámetro polar resultaron significativamente diferentes (p ≤ 0.05) sólo para la fuente de variación sustratos. Mientras que, el contenido de sólidos solubles (°brix) fue estadísticamente diferente (p ≤ 0.01) en la fuente de variación sustrato. En cambio, el diámetro ecuatorial no presentó diferencias estadísticas en ninguna de las fuentes de variación (Tabla 3).

El tratamiento testigo registró una supremacía del 32.4 % con relación a la media general de las mezclas de sustratos, con un rendimiento de 51.488 t ha⁻¹ (Tabla 4). Las tres mezclas sobresalientes e iguales estadísticamente fueron VEPT 100 y 50 % + arena, y CEMZT 75 % + arena con media de 39.811 t ha⁻¹. En la comparación de medias de los días a floración de las mezclas de los sustratos evaluados No se encontraron diferencias significativas (p ≤ 0.01). Sin embargo, la media fue de 54.4 y 61.6 días para las mezclas y el testigo, respectiva-

Tabla 2. Análisis químico del agua de riego utilizada en el experimento (CE = conductividad eléctrica, NSD = no detectado).

Table 2. Chemical analysis of the irrigation water used in the experiment (CE = electrical conductivity, NSD = not detected).

pH	CE dSm ⁻¹	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁻²	Cl	SO ₄	K	Ca	Mg	Na
					Meq L ⁻¹				
6.95	1.68	4.56	0.54	13.50	NSD	0.23	4.55	1.34	7.57

mente. Por lo que se observó que las mezclas de sustrato indujeron a que las plantas emitieran su primer racimo floral 7.2 días antes que el testigo. Para diámetro polar y ecuatorial no se encontraron diferencias significativas entre las mezclas. El diámetro polar osciló entre 57.0 y 61.4 mm, mientras que el diámetro ecuatorial varió entre 42.4 y 51.0 mm. Al comparar las mezclas de mayor diámetro polar (VEPT 50 % + arena) y diámetro ecuatorial (VEPT 75 % + arena) con el tratamiento testigo (Tabla 4) se observó que estos fueron en promedio 2 % menores. El contenido de sólidos solubles fue significativamente mayor en la mezcla VEPT 50 % + arena. Los valores de sólidos solubles fluctuaron entre 4.1 y 5.0 °brix en las mezclas evaluadas.

DISCUSIÓN

Las compostas y vermicompostas utilizadas en este estudio favorecieron el desarrollo de tomate en invernadero, lo que se atribuyó al contenido de sus elementos nutritivos. Por lo que se infiere que las necesidades nutritivas del cultivo fueron satisfechas con las diferentes mezclas empleadas en el presente estudio. Esto concordó con lo establecido por Atiyeh *et al.* (2000), quienes destacaron que los sustratos orgánicos favorecieron el desarrollo de los cultivos en invernadero. El agua de riego utilizada en el presente estudio fue clasificada como C1S1, la cual equivale a un agua de bajo riesgo de salinización y alcalinización (Ayers & Westcot 1994; Anónimo 2004).

El efecto significativo de las fuentes de variación del sustrato, niveles de sustrato y su combinación sobre el rendimiento del fruto indicó que el tipo de sustrato, nivel de sustrato y la cantidad y tipo de sustrato influyeron sobre el rendimiento, lo

que sugiere que los abonos orgánicos son una alternativa para sustituir la fertilización inorgánica. Efectos significativos similares han sido reportados por Rodríguez-Dimas *et al.* (2007). Con respecto a la significancia detectada en las variables días a floración, diámetro polar y contenido de sólidos solubles en la fuente de variación sustrato, indica que el contenido de nutrientes del sustrato influye en los días a floración y tamaño de fruto. Al respecto, Márquez-Hernández *et al.* (2006) encontraron efectos significativos en las fuentes de variación sustrato en los días a floración, el contenido de sólidos solubles y el tamaño de fruto.

La supremacía del testigo, con respecto a las mezclas, se ubicó dentro del intervalo registrado para diferencias en rendimiento de tomate en sustratos orgánicos (Márquez-Hernández *et al.* 2006; Rodríguez-Dimas *et al.* 2007; Rodríguez *et al.* 2008; Márquez *et al.* 2008). Estos autores detectaron mayor rendimiento en los sistemas con fertilización inorgánica que en el sistema orgánico y además Stanhill (1990) y Stacey (2004) mencionaron que la agricultura orgánica, rindió en promedio de 10 a 30 % menos que la agricultura convencional. La disminución en la producción en las mezclas con sustratos orgánicos, respecto al testigo, podría ser compensado con el valor del producto orgánico. Sin embargo, el uso de fertilizantes inorgánicos no está permitido en la normatividad para la producción orgánica certificada, por lo cual destacan los resultados de algunos tratamientos del presente estudio.

Los resultados obtenidos con las mezclas concordaron con lo establecido por Atiyeh *et al.* (2000), quienes recalcaron que los sustratos orgánicos beneficiaron el desarrollo de los cultivos en invernadero, y que las diferencias detectadas en las variables evaluadas se relacionaron con el contenido de elementos

Tabla 3. Cuadrado medios del análisis de varianza para las variables evaluadas en el cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero en sustratos orgánicos (REND = rendimiento de fruto, DF = días a floración, DP = diámetro polar, DE = diámetro ecuatorial, °BRIX = contenido de sólidos solubles, * = significativo p = 0.05; ** = significativo p = 0.01).

Table 3. Mean squares values in the analysis of variance for the variables evaluated in the tomato crop under greenhouse conditions in organic substrates. (REND = fruit yield, DF = Days to flowering, DP= polar diameter, DE = equatorial diameter, °BRIX = content of soluble solids, * = significant at p = 0.05; ** significant at p = 0.01).

FV	GL	REND	DF	DP	DE	°BRIX
Repetición	4	1.60	0.97	8.37	10.11	0.20
Sustrato	3	72.81**	12.59*	38.35*	38.82	1.00**
Nivel de sustrato (NS)	2	51.77**	0.60	2.06	8.02	0.13
Sustrato x NS	6	56.32**	2.91	1.62	9.51	0.20
Error	44	8.46	3.12	7.06	18.09	0.10
CV		8.34	3.31	4.45	9.05	7.00

nutritivos y la naturaleza de sus comunidades microbianas (Moreno *et al.* 2005). Las tres mezclas sobresalientes, e iguales estadísticamente, fueron VEPT 100 y 50 % + arena, y CEMZT 75 % + arena con media de 39.811 t ha⁻¹, es decir 37.2 veces más que el rendimiento obtenido en producciones de tomate convencional en campo en el estado de Tabasco (Pardo 2003) y superior a las 17 t ha⁻¹ registradas para tomate orgánico producido a cielo abierto en el estado de Baja California Sur (Navejas 2002). Al respecto Moreno *et al.* (2005) citaron que con una mezcla de 50 % de vermicomposta + arena, se logró satisfacer la demanda nutritiva del cultivo de tomate orgánico bajo condiciones de invernadero. Los resultados de este estudio contrastaron con los publicados por Subler *et al.* (1998), quienes señalaron que el mejor desarrollo del cultivo de tomate se dio con pequeñas proporciones de sustrato orgánico, entre 10 y 20 %. Aunado a lo anterior, Atiyeh *et al.* (2000) indicaron que al usar más del 20 % de sustrato, hubo un decremento en el rendimiento de la planta. Estas diferencias se pueden deber a la densidad de microorganismos, la tasa de mineralización y a las características de cada uno de los sustratos (Moreno *et al.* 2005).

Resultados no significativos entre mezclas de composta y arena, para el diámetro polar y ecuatorial fueron reportados por Márquez *et al.* (2008). Los valores máximos y mínimos de diámetro ecuatorial y polar oscilaron de 42.4 a 50.0 y de 57.0 a

61.4 mm, respectivamente. Con respecto al diámetro ecuatorial, todos los tratamientos se clasificaron como tomates de tamaño mediano (Hidalgo *et al.* 1998).

El contenido de sólidos solubles es importante para definir la calidad de los frutos maduros de tomate. De acuerdo a la comparación de medias no se estimaron diferencias estadísticas entre las mezclas de sustrato y arena. Sin embargo, en este estudio todos los tratamientos presentaron frutos de calidad en cuanto a sólidos solubles, ya que el tomate para consumo en fresco debe de tener contenidos mayores de 4.0 °brix, (Santiago *et al.* 1998). Sin embargo, Diez (2001) mencionó que el tomate, para procesado o consumo en fresco, debe de contar con un contenido de sólidos solubles de al menos 4.5 °brix, por lo que siete mezclas sobresalen con valores superiores. Cabe destacar que la mezcla VEPT 50 % + arena de mayor contenido de sólidos solubles, también tuvo los mayores rendimientos de fruto.

Las mezclas CEMZT 75 % + arena, VEPT 100 y 50 % + arena cubrieron las necesidades del tomate para producir en promedio 39 t ha⁻¹. Sin embargo, con la mezcla VEPT 50 % + arena se pueden alcanzar 40 t ha⁻¹ de tomate, con valores aceptables de sólidos solubles y diámetro polar. Estos resultados demostraron que la producción de tomate en sustratos orgánicos bajo invernadero en el trópico húmedo tabasqueño, con las mezclas de

Tabla 4. Comparación de medias para las mezclas con la prueba de Tukey para las variables evaluadas. Medias con la misma letra en columnas son estadísticamente iguales (Tukey; $p = 0.05$). CEPT = composta elaborada con estiércol bovino, pasto bahía (*Paspalum notatum* Flügge) y tierra negra. CEMT = composta elaborada con estiércol bovino, rastrojo de maíz y tierra negra. CEMZT = composta elaborada con estiércol, rastrojo de maíz, zacate elefante (*Pennisetum purpureum* Schumacher) y tierra negra. VEPT = vermicomposta elaborada con estiércol bovino, pasto bahía (*Paspalum notatum* Flügge) y tierra negra. (REND = rendimiento de fruto, DF = días a floración, DP = diámetro polar, DE = diámetro ecuatorial, °BRIX = contenido de sólidos solubles).

Table 4. Comparison of means for the mixtures with the Tukey test for the variables evaluated. Means in the same letter in the columns are not significantly different (Tukey; $p = 0.05$). CEPT = compost elaborated with bovine manure, bahiagrass (*Paspalum notatum* Flügge) and black earth. CEMT = compost elaborated with bovine manure, corn stover and black earth. CEMZT = compost elaborated with manure, corn stover, elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schumacher) and black earth. VEPT = vermicompost elaborated with bovine manure, bahiagrass (*Paspalum notatum* Flügge) and black earth. REND = fruit yield, DF = days to flowering, DP = polar diameter, DE = equatorial diameter, °BRIX = content of soluble solids.

Sustrato	Mezcla		REND t ha ⁻¹	DAF d	DP mm	DE Mm	°BRIX %
	% sustrato	% arena					
CEPT	100	0	35.536 ^{ab}	53.2 ^a	58.0 ^a	42.4 ^a	4.7 ^{abc}
CEPT	75	25	31.130 ^b	52.8 ^a	57.0 ^a	45.8 ^a	4.1 ^c
CEPT	50	50	31.236 ^b	53.8 ^a	57.0 ^a	46.2 ^a	4.4 ^{abc}
CEMT	100	0	34.550 ^{ab}	54.4 ^a	61.4 ^a	48.8 ^a	4.4 ^{abc}
CEMT	75	25	30.802 ^b	54.4 ^a	60.0 ^a	46.8 ^a	4.2 ^{bc}
CEMT	50	50	34.764 ^{ab}	55.0 ^a	60.4 ^a	47.6 ^a	4.2 ^{bc}
CEMZT	100	0	35.047 ^{ab}	53.6 ^a	59.4 ^a	46.2 ^a	4.6 ^{abc}
CEMZT	75	25	39.174 ^a	51.6 ^a	59.8 ^a	47.2 ^a	4.9 ^{ab}
CEMZT	50	50	34.174 ^{ab}	52.0 ^a	60.6 ^a	47.0 ^a	4.8 ^{ab}
VEPT	100	0	39.666 ^a	52.6 ^a	60.8 ^a	47.6 ^a	4.7 ^{abc}
VEPT	75	25	31.130 ^b	53.8 ^a	60.4 ^a	50.0 ^a	4.6 ^{abc}
VEPT	50	50	40.594 ^a	53.0 ^a	61.2 ^a	48.0 ^a	5.0 ^a
Testigo	Fertirriego		51.49	61.6	62.8	51	4.5
Media	Mezclas		34.82	54.4	59.7	47	4.5

sustrato previamente señaladas, resulta atractiva, ya que se produjeron rendimientos aceptables de tomate.

AGRADECIMIENTOS

Al Fondo Mixto CONACYT – Gobierno del Estado de Tabasco por el apoyo económico otorgado al proyecto FOMIX-TAB-2005-C06-14936.

LITERATURA CITADA

- Alvajana MCR, Hoppin JA, Kamel F (2004) Health effects of chronic pesticide exposure: cancer and neurotoxicity. *Annu. Rev. Public Health* 25: 155-197.
- Anónimo (1999) User's Guide: Statistics. SAS Institute Inc. Version 8. Cary. 3848 pp.
- Anónimo (2003) Normas para la producción y procesado orgánico. International Federation of Organic Agriculture Movements (IFOAM). Victoria. 158 pp.
- Anónimo (2004) Diagnóstico de aguas de riego. http://www.infoagro.com/riegos/diagnostico_aguas.htm.
- Anónimo (2005) Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Sistema de Información Agropecuarias de Consulta (SIACON). Versión 1.1. México, D.F. En CD.

- Atiyeh RM, Domínguez J, Subler S, Edwards CA (2000) Changes in biochemical properties of cow manure during processing by earthworms (*Eisenia andrei*, Bouché) and the effects on seedling growth. *Pedobiologia* 44: 709-724.
- Ayers RS, Westcot DW (1994) Water quality for agriculture. FAO Irrigation and drainage paper 29 Rev. 1. FAO. Rome. 174 pp.
- Claassen VP, Carey JL (2004) Regeneration of nitrogen fertility in disturbed soils using composts. *Compost Sci. & Util* 12(2): 145-152.
- Defrieri RL, Jiménez MP, Efron D, Palma M (2005) Utilización de parámetros químicos y microbiológicos como criterios de madurez durante el proceso de compostaje. *Agriscientia* XXII(1): 25-31.
- Diez JM (2001) Tipos varietales. En: Nuez F (ed.). *El cultivo del tomate*. Mundi-Prensa. D.F. 796 pp.
- Durán L, Henríquez C (2007) Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. *Agronomía Costarricense* 31(1): 41-51.
- Edwards CA, Burrows I, Fletcher KE, Jones BA (1984) The use of earthworms for composting farm wasted. En: Gasser JKR (ed). *Composting of agricultural and other wastes*. Els. App. Sci. Publ. London. 241 pp.
- Eghball B (2000) Nitrogen mineralization from field-applied beef cattle feedlot manure or compost. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64: 2024-2030.
- Etchevers BJ (1988) *Análisis químico de suelos y plantas*. Colegio de Postgraduados. Montecillo. 212 pp.
- Ferruzzi C (1994) *Manuale del lombricoltura*. Edagricole. Bologna, Italia. 138 pp.
- Gewin V (2004) Organic Faqs. *Nature* 428: 796-798.
- Harada Y, Inoko A (1980) The measurement of the cation-exchange capacity of composts for the estimation of the degree of maturity. *Soil Sci. Plant Nutr.* 26: 127-134.
- Hashemimajd K, Kalbasi M, Golchin A, Shariatmadari H (2004) Comparison of vermicompost and compost as potting media for growth of tomatoes. *J. Plant Nutr.* 27: 1107-1123.
- Heeb A, Lundegardh B, Ericsson T, Savage PG (2005) Nitrogen from affects yield taste of tomatoes. *J. Food Sci. Agric.* 85: 1405-1414.
- Hidalgo GJC, Alcántar GG, Baca CGA, Sánchez GP, Eescalante EA (1998) Efecto de la condición, concentración y pH del fertilizante foliar, sobre el rendimiento y calidad de tomate. *Terra* 16(2): 143-148.
- León AR, Aguilar SA (1987) Materia orgánica. En: Aguilar SA, Etchevers BJ, Castellanos RJZ (eds) *Análisis químico para evaluar la fertilidad del suelo*. SMCS. Publicación especial 1. Chapingo. 217 pp.
- Manjarrez MMJ, Ferrato-Cerrato R, González-Chávez MC (1999) Efecto de la vermicomposta y la micorriza arbuscular en el desarrollo y tasa fotosintética de chile serrano. *Terra* 17: 9-15.
- Márquez HC, Cano P (2005) Producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. *Actas Portuguesas de Horticultura* 5(1): 219-224.
- Márquez HC, Cano RP, Rodríguez DN (2008) Uso de sustratos orgánicos para La producción de tomate en invernadero. *Agric. Téc. Méx.* 34(1): 69-74.
- Márquez-Hernández C, Cano-Ríos P, Chew-Madinaveitia YI, Moreno-Reséndez A, Rodríguez-Dimas N (2006) Sustratos en la producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 12(2): 183-189.

- Moreno RA, Valdés PMT, Zarate LT (2005) Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost/arena bajo condiciones de invernadero. *Agricultura Técnica* 65(1): 26-34.
- Navejas JJ (2002) Producción orgánica de tomate. Despegable técnica No. 5. CIR-Noreste, Campo Experimental Valle de Santo Domingo. INIFAP. Ciudad Constitución. 5 pp.
- Nieto-Garibay A, Murillo-Amador B, Troyo-Diéguez E, Larrinaga-Mayoral JA, García-Hernández JL (2002) El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible del chile (*Capsicum annuum* L.) en zonas áridas. *Interciencia* 27(8): 417-421.
- Pardo UG (2003) Producción comercial de tomate en Tabasco. Gobierno del Estado de Tabasco. Instituto para el Desarrollo de Sistemas de Producción del Trópico Húmedo de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México. 51 pp.
- Rincón SL (2002) Bases de la fertilización para solanáceas y cucurbitáceas cultivadas en invernadero bajo planteamiento de producción integrada. 12 Symposium Internacional. Ecología y producción integrada en cultivos hortícolas en invernadero. *PYTOMA*. 135: 34-46.
- Rodríguez DN, Cano RP, Figueroa VU, Palomo GA, Favela Che, Álvarez RVP, Márquez HC, Moreno RA (2008) Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. *Rev. Fitotec. Méx.* 31(3): 265-272.
- Rodríguez-Dimas N, Cano-Ríos P, Favela-Chávez E, Figueroa-Viramontes U, Paul-Álvarez V de P, Palomo-Gil A, Márquez-Hernández C, Moreno-Reséndez A (2007) Vermicomposta como alternativa orgánica en la producción de tomate en invernadero. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 13(2): 185-192.
- Santiago J, Mendoza M, Borrego F (1998) Evaluación de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) en invernadero: criterios fenológicos y fisiológicos. *Agronomía Mesoamericana* 9(1): 59-65.
- Skoog DA, Holler FJ, Nieman TA (2001) Principios de análisis instrumental. McGraw Hill. 5a. Edición. Buenos Aires. 1064 pp.
- Stacey SP (2004) Is Organic Farming Sustainable? 13 pp. <http://www.sustainablefarming.info/organic.pdf>.
- Stanhill G (1990) the comparative productivity of organic agriculture. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 30: 1-26.
- Subler S, Edwards CA, Metzger J (1998) Comparing vermicompostes and composts. *Biocicly* 39: 63-66.
- Tuzel Y, Yagmur B, Gumus M (2003) Organic tomato production under greenhouse conditions. *Acta Hort (ISHS)* 614: 775-780.

