

VERMICOMPOSTA COMO ALTERNATIVA ORGÁNICA EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATE EN INVERNADERO

N. Rodríguez-Dimas^{1¶}; P. Cano-Ríos²;
E. Favela-Chávez¹; U. Figueroa-Viramontes²;
V. de Paul-Álvarez¹; A. Palomo-Gil¹;
C. Márquez-Hernández³; A. Moreno-Reséndez⁴

¹Posgrado en Ciencias Agrarias, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro
-Unidad Laguna. Periférico y Carretera a Santa Fe s/n.
Torreón, Coahuila. MÉXICO. (¶Autor responsable)

²Campo Experimental La Laguna, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales,
Agrícolas y Pecuarias. Matamoros, Coahuila. MÉXICO.

³Escuela Superior de Biología, Universidad Juárez del Estado de Durango.
Gómez Palacio, Durango. MÉXICO.

⁴Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna.
Periférico y Carretera Sta. Fé, s/n. Torreón, Coahuila. MÉXICO.
Correo-e: norma_rodriguez@hotmai.com

RESUMEN

La utilización de vermicomposta de residuos orgánicos se ha incrementado en diferentes partes del mundo como abono de alta calidad. El objetivo de esta investigación fue determinar si la vermicomposta puede suplir parcial o totalmente los requerimientos de N, P, K en el desarrollo, rendimiento y calidad en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Para tal fin en el ciclo otoño-invierno de 2004-2005 se evaluaron cuatro formas de fertilización orgánica e inorgánica fueron aplicados en los genotipos Big Beef y Red Chief cultivados bajo condiciones de invernadero. Los tratamientos fueron T1 = mezcla de arena + vermicomposta (50:50% v:v) + micronutrientes quelatizados; T2 = arena + vermicomposta (50:50% v:v) sin micronutrientes; el T3 = arena + fertilizantes inorgánicos (testigo) y T4 = arena + extracto de vermicomposta. Los tratamientos fueron distribuidos en un diseño completamente al azar con arreglo factorial 4 x 2 con cuatro repeticiones. Los resultados indicaron se que redujo el peso fresco, la biomasa total y la altura de planta en los tratamientos con fertilizantes orgánicos con respecto al testigo. En ambos híbridos el rendimiento de plantas del tratamiento testigo T3 superó ($P \leq 0.01$) en 20 % al segundo mejor tratamiento que fue la mezcla orgánica T1. Las ventajas de los tratamientos T1 y T2 orgánicos con respecto al tratamiento testigo, son que sus frutos incrementaron contenidos de sólidos solubles, número, absorción de K e inician la floración 10 días antes. Este estudio mostró, por la producción obtenida, que T2 no satisface las necesidades nutricionales en los híbridos de tomate evaluados.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: *Lycopersicon esculentum* Mill., humus de lombriz, cultivo protegido, suministro de elementos nutritivos.

VERMICOMPOSTAS ORGANIC ALTERNATIVE IN TOMATO GREENHOUSE PRODUCTION

ABSTRACT

The use of vermicompost from organic waste has been increasing in different parts of the world as source of high quality organic fertilizer. The objective of this research was to determine if the vermicompost may supply partial or completely the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) nutritive requirements of N, P, and K for an adequate growth, yield, and quality. During the 2004-2005 autumn-winter season, four treatments of organic and inorganic fertilization were evaluated in the Big Beef and Red Chief genotypes under greenhouse conditions. The treatments were T1 = sand + vermicompost mixture (50:50% v:v) + chelated micronutrients; T2 = sand + vermicompost (50:50% v:v) without micronutrients. , the T3 = sand + inorganic fertilizers (control) and T4 sand + vermicompost extract. The treatments were distributed in a completely randomized design with a factorial arrangement 4 x 2 with four replications. The results showed that fresh weight, total biomass and plant height were reduced in the organic fertilizer treatments. The yield in both hybrids was 20 % higher ($P \leq 0.01$) in T3 than in T1, the second best treatment. The organic fertilizer treatments (T1 and T2) have

higher soluble solids, fruit number, and K absorption, also flowering started 10 days earlier. Based on the production obtained, this study showed that T2 did not supply completely the nutritive needs of these hybrid tomatoes.

ADDITIONAL KEY WORDS: *Lycopersicon esculentum* Mill., worm humus, substrate, crop protected, nutrient supply.

INTRODUCCIÓN

El uso de vermicomposta, generada a partir de diversos residuos orgánicos, se ha incrementado en diferentes regiones del mundo como abono de alta calidad (Santamaría *et al.*, 2001; Lopes *et al.*, 2005). Lo anterior, se fundamenta en la demanda creciente de alimentos inocuos y deterioro del ambiente, que obliga a utilizar técnicas de producción que permitan hacer uso más eficiente y sostenible de los recursos (Cruz *et al.*, 2003). Además, un fenómeno mundial es sin duda el crecimiento en el consumo de productos orgánicos (Alrøe y Kristensen, 2004; Stacey, 2004). La producción en invernadero, a través de la aplicación oportuna de fertilizantes, es una parte del proceso, que en combinación óptima con otros factores, incrementa el rendimiento y la calidad de la cosecha (Vida *et al.*, 2004).

Ante el incremento del precio de los fertilizantes sintéticos y al efecto que se atribuye su utilización excesiva sobre la contaminación del ambiente, se ha vuelto necesario aplicar los elementos nutritivos en forma racional, ya que con el paso de los años, se han hecho evidentes los riesgos que implica el uso excesivo de fertilizantes y plaguicidas sobre la salud humana (Nieto *et al.*, 2002). La agricultura orgánica es una alternativa para la producción sostenida de alimentos limpios y sanos, puesto que es un sistema de producción, en el cual no se utilizan insumos contaminantes para las plantas, ser humano, agua, suelo y medio ambiente (Alrøe y Kristensen, 2004; Alvajana *et al.*, 2004; IFOAM, 2003; USDA, 2004). Los abonos de desperdicios orgánicos (Bettiol *et al.*, 2004; Hashemimajid *et al.*, 2004; Rippy *et al.*, 2004; Kamiar y Anusuya, 2005) son una alternativa para satisfacer la demanda nutritiva de los cultivos en invernaderos y así reducir el uso de fertilizantes sintéticos (Manjarrez *et al.*, 1999).

Dentro de los abonos orgánicos empleados en diversos sistemas de producción destaca la vermicomposta, producida por la ingestión de compuestos orgánicos por lombrices (Atiyeh *et al.*, 2001, 2002). La vermicomposta o humus de lombriz se utiliza como mejorador de suelo en cultivos hortícolas y como sustrato no contaminante (Urrestarazu *et al.*, 2001). La vermicomposta contiene sustancias activas que actúan como reguladoras de crecimiento, posee gran CIC, así como un alto contenido de ácidos húmicos, además de gran capacidad de retención de humedad, porosidad elevada que facilita la aireación y drenaje del suelo y de los medios de crecimiento (Orozco *et al.*, 1996; Ndegwa *et al.*, 2000; Castillo *et al.*, 2000).

El empleo de los abonos orgánicos ha dado como resultado diversas respuestas. Márquez y Cano (2005a)

determinaron que los elementos nutritivos contenidos en la vermicomposta, fueron suficientes para obtener producciones aceptables en tomate cherry. Mezclas de vermicomposta al 12.5 y 50 % promovieron rendimientos similares en tomate en invernadero (Moreno *et al.*, 2005). Por las características especiales que tiene el extracto de composta se usa para inocular la vida microbiana en la tierra o hacia el follaje de plantas, y para agregar los nutrientes solubles al follaje o a la tierra como alimento de plantas (De Lara, 2007).

El empleo de abonos orgánicos durante el desarrollo del cultivo de tomate se ha evaluado en diferentes aspectos; sin embargo, es escasa la información disponible que oriente al productor sobre la cantidad de vermicomposta que requiere este cultivo para satisfacer sus necesidades nutricionales. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue determinar si la vermicomposta puede suplir parte o todos los requerimientos de N, P, K en el desarrollo, rendimiento y calidad del cultivo de tomate en invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo experimental se realizó en invernadero en el ciclo 2004-2005, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna (UAAAN-UL) situada en 101° 40' y 104° 45' de longitud oeste y los paralelos 25° 05' y 26° 54' de latitud norte, a una altura de 1,139 m, en Torreón, Coahuila. Los híbridos Big Beef y Red Chief fueron evaluados en cuatro tratamientos de arena y vermicomposta de estiércol de bovino: T1 = mezcla de arena + vermicomposta (1:1 v:v) + micronutrientes quelatizados; T2 = arena + vermicomposta (1:1; v:v) sin micronutrientes; T3 = arena + fertilizantes inorgánico (testigo) y T4 = arena+ extracto de vermicomposta de estiércol de bovino. Los tratamientos fueron distribuidos en un diseño completamente al azar con arreglo factorial 4 x 2, con cuatro repeticiones. La parcela experimental fue de 40 macetas, con 4.2 plantas·m⁻². Los quelatos utilizados fueron fierro, manganeso, zinc y boro (Maxiquel multi FeZnMnB 570 EDDHA) suministrados a una dosis de 1.15, 0.49, 0.16 y 0.16. mg·litro⁻¹ respectivamente. (La aplicación de los quelatos se realizó a los 74 DDS). Las macetas del T1 se llenaron con la mezcla del material en forma gradual 50 % al momento de la siembra y posteriormente se realizaron dos aplicaciones del 25 % cada una los 79 y 134 días después de la siembra (DDS) respectivamente. Esta aplicación se realizó debido a lo reportado por Raviv *et al.* (2004) quienes indicaron que después de dos meses del trasplante las plantas crecidas en vermicomposta requieren ser fertilizadas, porque el sustrato resulta deficiente en nutrientes al ser lixiviados o absorbidos por la planta. Además Eghball *et al.* (2000) y Heeb *et al.* (2005) afirman

que de 70 a 80 % del P y de 80 a 90 % del K en la composta están disponibles para la planta durante el primer año, mientras que por ser orgánico el N debe mineralizarse para poder ser absorbido por la planta, ya que en el primer año sólo se mineraliza de 11 a 12 %.

La siembra se realizó el 2 de octubre del 2004 en charolas germinadoras rellenas con Peat Moss. El trasplante fue el 20 de noviembre del 2004, colocando una planta por contenedor. Estos consistieron en bolsas de plástico negro con capacidad de 18 litros. La solución nutritiva empleada para el testigo fue la recomendada por Zaidan (1997), que se anota en el Cuadro 1. El sistema de riego fue por goteo y el agua de riego se aplicó diariamente, de acuerdo a la etapa fenológica, entre 0.35 a 1.9 l-planta⁻¹ durante el ciclo de cultivo. El agua de riego utilizada fue clasificada como agua de baja salinidad y bajo contenido de sodio (clasificada como C1S1 y con RAS 2.18 (Anónimo, 2004): C.E. 1.05 mS/cm, pH: 8.75; cationes. Ca⁺⁺ = 4.7, Mg⁺⁺ = 0.80, K⁺ = 1.45, Na⁺ = 3.63 meq·litro⁻¹ y aniones: HCO₃⁻ = 0.55; Cl⁻ = 2.3, y SO₄⁻² = 4.1 meq·litro⁻¹. La composición química de la vermicomposta, del extracto de vermicomposta y la arena utilizados en los sustratos se presenta en el Cuadro 2. Las plantas fueron guiadas a un solo tallo, tutorándolas con rafia. Al inicio de la floración entre las 11 y 14 h éstas fueron polinizadas diariamente en forma mecánica con un vibrador eléctrico. La cosecha de frutos se hizo del primero al octavo racimo.

Se evaluó la acumulación de materia seca, biomasa aérea, días a la floración, altura de planta, las concentraciones de N, P y K en hojas, rendimiento total, calidad de fruto y el índice de cosecha. Para determinar las concentraciones de N, P y K en el follaje, se empleó una muestra de hojas opuestas al 6° racimo y tres plantas por tratamiento a los 130 días después de la siembra (DDS); estas muestras se lavaron con agua de la llave y se secaron en un horno de aire forzado por 72 horas a 70 °C y después

se pasaron a un molino Wiley. El N total de la hoja fue determinado usando un procedimiento modificado de la digestión del micro-Kjeldahl (Jones, 1991). P con Olsen (1965) modificado, Cu, Fe, Zn y Mn, con extracción con DTPA y determinación por Absorción atómica, (Perkín – Elmer 2380); K, Ca, Mg y Na, se determinaron por espectrofotometría (Perkín – Elmer 2380) (Christian y Felman, 1970). Los datos fueron sujetos a un análisis de varianza mediante el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System versión 6.12, 1998) las medias fueron comparadas por prueba de Tukey a una ($P \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento

Los tratamientos mostraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) y significativas ($P \leq 0.05$) en la interacción tratamiento x híbrido, mientras que en híbridos no hubo diferencias significativas, con una media de 21.1 kg·m⁻². Las plantas del testigo presentaron mayor producción, superando en un 20 % a las plantas de los tratamientos orgánicos T1 y T4 (Cuadro 3). La mejor combinación se logró con el tratamiento T3 y el híbrido 'Big Beef', con 28 kg·m⁻², y la peor el T2 en los dos híbridos, con rendimientos entre 15.2 y 13.5 kg·m⁻². La interacción tratamiento x híbrido indicó que el híbrido 'Big Beef' redujo más rápido su rendimiento que el 'Red Chief' al reducir la calidad del tratamiento (T1 y T4); ello implica que 'Red Chief' es un genotipo más estable que 'Big Beef'.

Sin embargo, las plantas con la aplicación de la vermicomposta al 100 % al trasplante, fue el que presentó menor producción. El bajo rendimiento de las plantas de los tratamientos orgánicos fue debido a una insuficiencia del nitrógeno en el vermicomposta. Estos rendimientos superan a los obtenidos por Márquez *et al.* (2005b) quienes reportaron

CUADRO 1. Concentración de la solución nutritiva en mg·kg⁻¹, según la etapa fenológica. UAAAN-UL. Torreón, Coah. 2005.

Estado de la planta	Elemento nutrimental				
	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	80 – 200	40 – 50	230 – 250	100 – 120	40 – 50

CUADRO 2. Análisis químicos de vermicomposta, arena y extracto de vermicomposta. UAAAN-UL. Torreón, Coah. 2005

	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Zn	Mn	pH	CE
	(mg·kg ⁻¹)				(meq·l ⁻¹)		(mg·kg ⁻¹)				(mS·cm ⁻¹)
VA	48.8	38.7	361.8	12.9	2.13	194.8	3.8	1.45	3.71	8.2	2.4
A	1.6	11.2	102.5	2.4	0.38	3.03	2.1	0.90	1.65	7.5	0.65
EV	188	16.4	181	20.5	1.58	112.8	2.4	0.52	1.58	8.4	4.2

VA: vermicomposta; A: arena; EV: Extracto de vermicomposta.

en tomate un rendimiento para el testigo con solución nutritiva de 14.6 kg·m² y para el sustrato arena-vermicomposta (50:50 % v:v) de 13.1 kg·m².

Los rendimientos obtenidos en este experimento son mayores a los reportados por Tuzel *et al.* (2004). Ellos mencionan que los abonos orgánicos son una alternativa para sustituir la fertilización inorgánica. Por otro lado, si se considera que una producción comercial exitosa de tomate en invernadero deben ser 200 t·ha⁻¹ por año (Cotter y Gómez, 1981), es claro que los tratamientos T1, T3 y T4 son viables, dado que superan el valor indicado por dichos autores (Cuadro 3). Las plantas del T1 rindieron más que las del T2, lo que se atribuye tanto a la aplicación gradual de la vermicomposta como a los micronutrientes añadidos al T1. En la etapa de floración las plantas desarrolladas en los tratamientos T1 y T2 presentaron síntomas visuales de deficiencia de N, posiblemente debido a lixiviación del N. Según Castellanos *et al.* (2004), en sustratos orgánicos se lixivia 40 % del N durante el ciclo del cultivo, ocasionando un desbalance nutricional y un abatimiento de la producción. Además

después de dos meses del transplante, las plantas desarrolladas en sustratos con vermicomposta requieren ser fertilizadas, porque el sustrato resulta deficiente en nutrientes al ser lixiviados o absorbidos por la planta (Raviv *et al.*, 2004).

Fisiología y fenología

En floración se detectó un efecto altamente significativo ($P \leq 0.01$) de los tratamientos, variedades y la interacción tratamiento x híbrido de plantas de T1 con 62 DDS fueron más precoces que las de T3. La variedad Red Chief en los tratamientos T1, T2 y T3 fue más precoz con 64 DDS. En el Cuadro 3 y 4 se muestran los resultados de las variables en variedades para cada tratamiento. En altura de planta sólo hubo efecto altamente significativo de tratamientos, más no hubo diferencias significativas entre variedades ni presencia de interacción TxG (Cuadro 4). La mayor altura de planta correspondió al T3 (Cuadro 5); una mayor altura conlleva al aumento en número de hojas y por tanto, al mayor contenido de clorofila (Rodríguez *et al.*, 1998)

CUADRO 3. Rendimiento total y variables medidas en las plantas de tomate cultivados en cuatro tratamientos en invernadero. Comarca Lagunera. 2004-2005.

Tratamiento	Rend. Total (kg·m ²)	Floración (DDS)	NF	PF (g)	Nutrientes		
					N	K (%)	P
T1	21.0 b ^{***}	62 c ^{***}	34 a ^{**}	186.7 b ^{**}	2.65 ^{NS}	3.13 a [*]	0.36 a ^{**}
T2	14.4 c ^z	64 c	28 b	167.9 c	2.56	2.77 b	0.32 a
T3	26.3 a	72 b	33 a	199.4 b	2.61	2.73 b	0.36 a
T4	20.3 b	77 a	33 a	215.4 a	2.21	3.08 a	0.20 b
CV	31.6	14.1	25.3	20.7	18.6	4.6	15.2
Media	21.1	69	32	194	2.47	2.94	0.31

T1: mezcla de arena: vermicomposta (1:1 v:v) en forma gradual + quelatos; T2: mezcla de arena: vermicomposta (1:1 v:v) sin fertilizante; T3: arena + fertilizante inorgánico (testigo) y T4 arena + extracto de vermicomposta; RT: rendimiento total; NF: número de frutos; CV: coeficiente de variación.

^zValores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

^{NS}; ^{*}; ^{**}: No significativo y significativo a una $P \leq 0.05$ y 0.01, respectivamente.

CUADRO 4. Análisis de varianza y medias en tratamientos para las variables evaluadas en el cultivo del tomate en tratamientos orgánicos e inorgánicos UAAAN-UL. 2004-2005.

Tratamiento	Genotipo	P S g-planta ⁻¹	IF (DDS)	NF Planta ⁻¹	RT (kg·m ⁻²)	Altura (cm)
T1	Red Chief	276.5 ^{NS}	61.2 a	39 a	21.9 b	252.3
T1	Big Beef	228.0	63.2 a	29 bc	20.1 b	265.8
T2	Red Chief	161.0	61 a	29 bc	15.23 bc	237.8
T2	Big Beef	144.9	66.6 a	27 c	13.5 c	246.5
T3	Red Chief	169.0	61.8 a	34 b	24.7 b	297.5
T3	Big Beef	235.0	81.4 c	32 b	28.0 a	333.767
T4	Red Chief	145.5	71.2 b	37 bc	22.4 b	183
T4	Big Beef	175.2	84.6 c	30 bc	18.2 b	169.4
Valor de p>F						
P>F	T	0.0396	0.0001	0.0018	0.0001	0.0001
	G	0.6860	0.0001	0.0001	0.7721	0.3338
	TxG	0.2919	0.0049	0.0196	0.0212	0.4198
Media		170.0	69	33	21.1	226.5

T1: mezcla de arena: vermicomposta (1:1 v:v) en forma gradual + quelatos; T2: mezcla de arena: vermicomposta (1:1 v:v) sin fertilizante; T3: arena + fertilizante inorgánico (testigo) y T4 arena + extracto de vermicomposta; IF: inicio de floración; NF: número de fruto; RT: rendimiento total.

CUADRO 5. Crecimiento vegetativo de plantas de tomate desarrolladas en tratamientos orgánicos e inorgánicos en invernadero. UAAAN-UL 2004-2005.

Tratamiento	AP (cm)	NH	Biomasa Vegetativa g-planta ⁻¹	PST g-planta ⁻¹	IC g-g ⁻¹
T1	259.1 b**	36 b**	1,377.7 b*	202.8 a*	0.62 ^{NS}
T2	242.1 b ^z	36 b	1,060.0 b	160.6 b	0.61
T3	315.6 a	40 a	1,850.1 a	151 b	0.49
T4	176.2 c	36 b	1,259.1 b	252 a	0.54
CV %	14.8	12.7	23.7	16.7	40
Media	226.5	37	1,374.1	183.2	0.58

T1: mezcla de arena: vermicomposta (1:1 v:v) en forma gradual + quelatos; T2: mezcla de arena: vermicomposta (1:1 v:v) sin fertilizante; T3: arena + fertilizante inorgánico (testigo) y T4 arena + extracto de vermicomposta.

^zValores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una $P \leq 0.05$.

^{NS}, *, **: No significativo y significativo a una $P \leq 0.05$ y 0.01, respectivamente.

PST: peso seco total; AP: altura de planta; NH: número de hojas; IC: índice de cosecha.

por lo que el incremento en número de hojas incrementa la fotosíntesis, lo que redundará en aumento del peso de fruto y consecuentemente en el rendimiento.

En peso seco de planta, el análisis estadístico detectó diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$) y no hubo significancia en variedades e interacción tratamiento x variedad. En el registro de la biomasa se incluyó la raíz y se excluyeron los frutos. El análisis detectó diferencias significativas ($P \leq 0.05$) para tratamientos en las plantas del T3 con 1850.1 g, presentó más biomasa que plantas de los tratamientos orgánicos (Cuadro 4); plantas del tratamiento T2 mostró la menor cantidad con 1.06 kg. Los reportes sobre los efectos de la composta en la biomasa del cultivo son variables, ya que mientras investigadores como Ozores *et al.*, (1994) reportan aumento en biomasa, otros señalan que no hay efecto (Hartz *et al.*, 1996). Los resultados del presente estudio coinciden con los reportados por Clark *et al.* (2001) quienes encontraron reducción en la producción de la biomasa. De estos reportes se deduce que los efectos dependen del material que se composta y del contexto en su uso.

Sólidos solubles

Los sólidos solubles son importantes para definir la calidad de los frutos maduros del tomate. En los sólidos solubles hubo efecto altamente significativo ($P \leq 0.05$) entre tratamientos. No se encontró diferencia significativa para variedades ni para la interacción tratamiento x híbrido (Cuadro 6). El mayor contenido en sólidos solubles se obtuvo en frutos de T1 y T2. Sin embargo, en este estudio todos los tratamientos presentan frutos de calidad en cuanto a sólidos solubles, puesto que el tomate para procesado y consumo en fresco deben contar con un contenido de sólidos solubles de al menos 4.5 °Brix (Diez, 2001). Frutos con ese rango de sólidos solubles también fueron obtenidos (Márquez *et al.*, 2005b; Moreno *et al.*, 2005).

En el peso individual y diámetro ecuatorial del fruto

se detectaron diferencias significativas ($P \leq 0.01$) entre tratamientos. El sustrato que dio el mayor tamaño de fruto fue T4 con 215 g de peso y 7.8 cm de diámetro ecuatorial, en promedio el menor peso y tamaño lo mostró el T2 (Cuadro 6).

Concentración de nutrientes en plantas de tomate

En el Cuadro 2 y 5, se muestran las medias y análisis de varianza, resultantes de los análisis de tejido de las plantas, la muestra se obtuvo de la sexta hoja totalmente extendida de cada tratamiento, los resultados muestran que hubo efecto altamente significativo de tratamientos ($P \leq 0.01$) para P y K. Además, para K se detectaron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre variedades (Cuadro 6). Al considerar el N, se encontró que no hubo diferencias entre tratamientos, variedades, ni la interacción tratamiento x variedad. Estos resultados de los análisis de tejido se encuentran en los niveles recomendados, ya que el rango de suficiencia en N es de 1.8 - 2.5 (FIRA 1997; Maynard and Hochmuth, 1997). Como era esperado, las plantas del T3 y T1 presentaron alta concentración de N y produjeron alta cantidad de biomasa, y por lo tanto rendimientos más altos (Cuadro 3). El P se encontró en los niveles recomendados, desde 0.16 a 0.42 % (Cuadro 3) el rango de suficiencia es de 0.18 - 0.6 % (FIRA 1997; Maynard and Hochmuth, 1997). Sólo la combinación de T4 y Red Chief fue significativo por debajo del rango (Cuadro 6). Si el pH está en el óptimo (en una solución nutritiva es 5.6 - 6.2, en suelo de 5.6 - 6.8) el P es más disponible para la planta que cuando el pH es más ácido que el óptimo para el desarrollo de la planta (Maynard y Hochmuth, 1997; Hochmuth *et al.*, 2003).

En K los rangos de suficiencia son de 3.5 - 6.0 %. Todos los tratamientos y variedades mostraron concentraciones de K bajas con valores de 2.4 a 3.2 % en tejido de hoja (Cuadro 3 y 7). Los niveles de K en plantas de los tratamientos T1 y T4 fueron ligeramente más altos que los encontrados en plantas del tratamiento T3 (testigo) (Cuadro

CUADRO 6. Efecto de tratamientos orgánicos e inorgánicos sobre calidad de fruto, peso verde, seco y contenido nutrimental de tomate UAAAN-UL. 2005. Torreón, Coah.

T	Genotipo	Peso de fruto(g)	Diámetro Polar (cm)	Diámetro Ecuatorial (cm)	Sólidos Solubles (°Brix)	N (%)	P (%)	K (%)
T1	RC	164.3 c*	6.2 ^{NS}	7.1 ^{NS}	5.3 ^{NS}	2.43	0.39	3.03
	BB	209.2 b ^z	6.1	7.8	5.3	2.88	0.34	3.23
T2	RC	163.0 c	5.9	7.1	5.3	2.31	0.32	2.74
	BB	172.7 c	5.8	7.5	5.1	2.81	0.33	2.8
T3	RC	184.8 b	6.1	7.3	4.8	2.68	0.31	2.41
	BB	214.0 b	6.3	7.9	5.0	2.53	0.42	3.06
T4	RC	192.9 b	6.2	7.6	4.9	2.43	0.16	3.03
	BB	238.0 a	6.4	8.0	4.9	1.98	0.24	3.14
Valor de(P<0.05)								
T		0.0001	0.0114	0.0001	0.0001	0.4942	0.0017	0.0037
V		0.0001	0.7677	0.0001	0.6817	0.7109	0.1281	0.0036
TxG		0.0474	0.4795	0.3307	0.2038	0.4027	0.1557	0.0463
CV %		21.7	12.6	9.3	9.2	18.6	4.6	15.2
Media		196.5	6.2	7.6	5	2.47	2.94	0.31

T: tratamiento; V: variedad; RC: red Chief; BB: Big beef; T1: mezcla de arena: vermicomposta (1:1 v:v) en forma gradual + quelatos; T2: mezcla de arena: vermicomposta (1:1 v:v) sin fertilizante; T3: arena + fertilizante inorgánico (testigo) y T4 arena + extracto de vermicomposta.

^zValores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una P≤0.05.

^{NS}; *, **: No significativo y significativo a una P≤0.05 y 0.01, respectivamente.

3). El K tiene influencia en el tamaño y firmeza del fruto, además aumenta el contenido de sólidos solubles, y vitamina C, así como el sabor del fruto (Marcschner, 1996), siendo ésta una de las razones de que frutos del tratamiento T1 haya mostrado mayor contenido de sólidos solubles. La

variedad que presentó la mayor concentración de K fue 'Big Beef' con 3.0 % (Cuadro 7). En conclusión, los efectos de los tratamientos en el estado nutricional no tuvo relación con la producción.

CONCLUSIONES

Las plantas del tratamiento testigo (arena + fertilizantes) presentó mayor producción, superando en un 20 % a plantas de los tratamientos orgánicos T1 y T4 (mezcla de arena + vermicomposta + micronutrientes quelatizados y arena + extracto de vermicomposta). En peso, tamaño de fruto, peso seco, índice de cosecha y contenido de N y P en hojas, plantas de T1 igualaron a plantas del T3. En el tratamiento T1 orgánico, las plantas de tomate produjeron mayor número de frutos, 8 °Bx y 13 % mayor nivel de K en hojas que las del T3 inorgánico. Los híbridos 'Big Beef' y 'Red Chief' fueron iguales en rendimiento total de fruto, diámetro polar y sólidos solubles en ambos tratamientos. Los tratamientos preparados con vermicomposta derivado de estiércol bovino, y los inorgánicos, no satisficieron las necesidades nutricionales de K en los dos híbridos de tomate cultivados en invernadero. Las ventajas de los tratamientos orgánicos con respecto al tratamiento testigo, fue aumentar el contenido de sólidos solubles, número de frutos e iniciar la floración 10 días antes. En este estudio se mostró que tratamientos con vermicomposta más micronutrientes y el tratamiento con extracto de vermicomposta pueden ser apropiados para la producción de tomate en invernadero en combinación con fertilizantes orgánicos.

CUADRO 7. Características de dos híbridos comerciales de tomate, en invernadero en promedio cultivados en cuatro tratamientos orgánicos e inorgánicos. UAAAN-UL. 2005. Torreón, Coah.

Característica	Red Chief	Big Beef
Altura de planta	237	221
Peso seco de brotes	187	195.8
Número de hoja-planta ⁻¹	36	38
Número de frutos-planta ⁻¹	35 a	30 b
Rendimiento frutos totales	20.5	20.6
Índice de cosecha	0.51 b ^z	0.64 a
Peso de frutos	181 b	211 a
Sólidos solubles	5.0	5.1
Diámetro polar	6.1	6.2
Diámetro ecuatorial	7.2 b	7.8 a
Niveles de N en hoja	2.46	2.55
Niveles de P en hoja	0.33	0.29
Niveles de Ken hoja	2.8 b	3.0 a
Inicio de floración	63 a	73 b
Niveles de clorofila	38	40
Peso verde de brotes planta	1,521.4 a	1,257.6 b

^zValores con diferente letra en cada columna son diferentes a una P≤0.05.

AGRADECIMIENTOS

A la Fundación Produce Coahuila y Durango, por el apoyo económico. Al Depto. de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro-Unidad Laguna, por las facilidades de infraestructura otorgadas al proyecto. Al Dr. Jesús Vásquez Arroyo, al QFB Norma Rangel Lidia Rangel Carrillo y a la IIQ. Elba Margarita Aguilar Medrano por las facilidades en el apoyo de análisis químicos otorgadas al proyecto.

LITERATURA CITADA

- ALRØE, H. F.; KRISTENSEN, E. S. 2004. "Basic principles for organic agriculture: Why and what kind of principles?" *Ecology & Farming*: 1-8.
- 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.
- ANÓNIMO, 2004b Diagnóstico de aguas de riego. Disponible en: http://www.infoagro.com/riegos/diagnostico_aguas.htm. (Fecha de consulta: 15 de agosto, 2006).
- ATIYEH, R. M.; EDWARDS, C. A.; SUBLER, S.; METZGER, J. D. 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. *Biores. Technol.*, 78: 11-20.
- ATIYEH, R. M.; ARANCON, N. Q.; EDWARDS, C. A.; METZGER, J. D. 2002. The influence of earthworm-processed pig manure on the growth and productivity of marigolds. *Biores. Technol.*, 81: 103-108.
- BETTIOL, W.; GHINI, R.; HADDA, G. J. A.; CASSIO, S. R. 2004 Organic and conventional tomato cropping systems. *Sci. Agric.* 61: 253-259.
- CASTELLANOS, Z. J. 2004. Manejo de la fertirrigación en suelo. pp:103-123. *In: Manual de Producción Hortícola en Invernadero*. 2a ed. CASTELLANOS, Z. J. Ed. Intagri. Celaya, Gto. México.
- CASTILLO, E. A.; QUARÍN, H. S.; IGLESIAS, C. M. 2000. Caracterización química y física de compost de lombrices elaboradas a partir de residuos orgánicos puros y combinados. *Agricultura Técnica (Chile)* 60: 74-79.
- CHRISTIAN, G. D.; FELDMAN, F. J. 1970. Atomic absorption spectroscopy: applications in agriculture, biology, and medicine. Wiley Interscience. New York.
- CLARK, G. A.; STANLEY, C. D.; MAYNARD D. N. 2000. Municipal solid waste compost (MSWC) as a soil amendment in irrigated vegetable production. *Trans. Amer. Soc. Agr. Eng.* 43: 847-853.
- COTTER, D. J.; GÓMEZ, R. E. 1981. Cooperative extension service. 400 H11. U. New Mexico, USA. 4 p.
- CRUZ, R. V.; ALMEIDA, T. V. C. de; ANDRADE, I. F. de; NETO, A. I.; NASCIMENTO, R. V. do; VILLA, A. F. 2003. "Produção de minhocas e composição mineral do vermicomposto e das fezes procedentes de bubalinos e bovinos". *Ciênc. Agrotec. Lavras*. 27: 1409-1418.
- DE LARA A. 2007. Compost tea. In *Organic Materials Management*. California consultado 2 enero de 2007. Disponible En: <http://www.ciwm.ca.gov/organics/compostmulch/composttea/default.htm>
- DIEZ, J. M. 2001. Tipos varietales, pp. 95-129. *In: El Cultivo del Tomate*. NUEZ, F. Ed. Mundi-Prensa. D. F., México
- EGHBALL, B. 2000. Nitrogen mineralization from field-applied beef cattle feedlot manure or compost. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64: 2024-2030.
- FIRA, 1997. Curso teórico práctico de interpretación de análisis de suelos. Celebrado en: Villadiego Guanajuato. 220 p.
- HARTZ, T. K.; COSTA, E. J.; SOHRADER, W. L. 1996. Suitabilidad of composted green waste for horticultural uses. *Horscience* 31: 961-964.
- 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.; LUNDEGARDH, B.; ERICSSON, T.; SAVAGE, P. G. 2005. Nitrogen form affects yield taste of tomatoes. *J. Food Sci. Agric.* 85: 1405-1414.
- HOCHMUTH, G.; MAYNARD, D.; VAVRINA, C.; HANLON, E.; SIMONNE, E. 2003. Análisis e interpretación del tejido fino de planta para las cosechas vegetales en la Florida. Universidad de Florida IFAS <http://www.psb.usu.edu/tal/soil.science/usual/aglab.pt/>
- IFOAM INTERNATIONAL FEDERATION OF ORGANIC AGRICULTURE MOVEMENTS (IFOAM). 2003. Normas Básicas de IFOAM para Producción y Procesamiento Orgánico. Victoria, Canadá. 158 p, Agosto 2002. www.ifoam.org/standard/spanish_norms.pdf.
- JONES, J. B. Jr. 1991. Kjeldahl method for nitrogen determination. *Micro-Macro Publ.*, Athens, GA. 79 p.
- KAMIAR, A.; ANUSUYA, R. 2005. Compost for nitrogen fertility management of bell pepper in a drip-irrigated plasticulture system. *HortScience* 4:577-581.
- LOPES, P. E. W.; C. BORGES, M. da S.; LIBERALINO, F. A., J.; SOUSA, N. G. H. de; ERIVAN, T. J.; SIMÕES, B. R. 2005. "Produção de vermicomposto em diferentes proporções de esterco bovino e palha de carnaúba". *CAATINGA* 18: 112-116.
- MANJARREZ, M. M. J.; FERRERA, C. R.; GONZÁLEZ, CH. M. C. 1999. Efecto de la vermicomposta y la micorriza arbuscular en el desarrollo y tasa fotosintética de chile serrano. *Terra* 17: 9-15.
- MARSCHNER, H.; KIRKBY, E. A.; CAKMAK, I. 1996. Effect of mineral nutritional status on shoot-root partitioning of photo-assimilates and cycling of mineral nutrients. *J. Exp. Botany* 47: 1255-1263.
- MÁRQUEZ, H. C.; CANO, R. P. 2005a. Producción orgánica de tomate cherry bajo invernadero. *Actas Portuguesas de Horticultura* 5: 219-224.
- MÁRQUEZ, H. C.; CANO, R. P.; MARTÍNEZ, C. V. 2005b. Fertilización orgánica para la producción de tomate bajo invernadero. *In: 3ero. Simp. Internal. Prod. Cultivos en Invernadero*. LEAL, C. C.; GARZA, G. J. A. 20-21 de mayo 2004, Monterrey, N. L. Fundación UANL y Facultad de Agronomía de UANL. pp. 1-11.
- MAYNARD, D. N.; HOCHMUTH, G. J. 1997. *Knotts' Handbook for Vegetable Growers*, 4th ed. Wiley Interscience, J. Wiley and Sons, N.Y.
- MORENO, R. A.; ZÁRATE, T.; VALDÉS, P. M. T. L. 2005. Desarrollo de tomate en sustrato de vermicomposta/arena bajo condiciones de invernadero. *Agric. Téc. (Chile)* 65:27-34.
- NDEGWA, P. M.; THOMPSON, S. A.; DASS, K. C. 2000. Effects of stocking density and feeding rate on vermicomposting of biosolids. *Biores. Technol.* 71: 5-12
- NIETO, G. A.; MURILLO, A. B.; TROYO, D. E.; LARRINAGA, M. L., J. A.; GARCÍA, H. J. L. 2002. El uso de compostas como

- alternativa ecológica para la producción sostenible de Chile (*Capsicum annuum* L.) en zonas áridas. *Interciencia* 27(8): 417-421.
- OLSEN, S. R.; DEAN, L. A. 1965. Phosphorus. pp. 1035-1049. *In*: BLACK, C.A. Methods of soil analysis. Part 2. Agronomy 9. American Society of Agronomy.
- OROZCO, F. H.; CEGARRA, J.; TRUJILLO, L. ROIG, A. M. 1996. Vermicomposting of coffee pulp using the earthworm *Eisenia foetida*: effects on C and N contents and the availability of nutrients. *Biology and Fertility of Soils* 22:162-166.
- OZORES, H. M.; SCHAFFER, B.; BRYAN, H. H. 1994. Nutrient concentrations, growth, and yield of tomato and squash in municipal solid-waste-amended soil. *Hortscience* 29(7): 785-788.
- 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.
- RIPPY, F. M. J.; PEET, M. M.; LOUWS, F. J.; NELSON, P. V.; ORR, D. B.; SORENSEN, K. A. 2004. Plant development and harvest yield of greenhouse tomatoes in six organic growing systems. *HortScience* 39(2): 223-229.
- RODRÍGUEZ, M. M. N.; ALCÁNTAR, G. G.; AGUILAR, S. A.; ETCHEVERS, B. J. D.; SANTIZÓ, R. J. A. 1998. Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. *Terra* 16(2): 8135-141
- SANTAMARÍA, R. S.; FERRERA, C. R.; ALMARAZ, S. J. J.; GALVIS, S. A.; BAROIS, B. I. 2001. "Dinámica y relaciones de microorganismos, C-orgánico y N-total durante el composteo y vermicomposteo". *Agrociencia*. 35: 377-384.
- SAS Institute 1998. Statistical Analysis System (SAS) version 6.12. Cary N. C. USA.
- STACEY, S. P. 2004. Is Organic Farming Sustainable? 13 p. Disponible en: <http://www.sustainablefarming.info/organic.pdf>. Fecha de recuperación: 9 de diciembre de 2006.
- TÜZEL, Y., ÖZTEKIN, G. B., ONGUN, A. R., GÜMÜŞ, M., TÜZEL, I. H., ELTEZ, R. Z., 2004. Organic Tomato Production in the Greenhouse. *Acta Horticulturae*. 659: 729-736.
- URRESTARAZU, M.; SALAS, C. M.; PADILLA, I. M.; MORENO, J. ; ELORRIETA, A. M.; CARRASCO, G. A. 2001) Evaluation of different composts from horticultural crop residues and their uses in greenhouse soils cropping. *Acta Hort*. 549: 147-152.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). 2004. National Organic Program. U.S.A. 554p.
- VIDA, J. B.; ZAMBOLIM, L.; TESSMANN, D. J.; BRANDÃO-FILHO, J. U. T.; VERZIGNASSI, J. R.; CAIXETA, M. P. 2004. Manejo de doenças de plantas em cultivo protegido. *Fitopatologia Bras.*, 29(4): 355-372.
- ZAIDAN, O. 1997. El cultivo de tomate de mesa en terreno abierto. 18 p. *In*: Curso Internacional. Producción de Hortalizas en Diferentes Condiciones Ambientales. Recopilación de artículos sobre: producción de tomate. ZAIDAN, O.; NATAN, R. (eds). MASHAV(Ministerio de Relaciones Exteriores) y CINDACO (Centro de Cooperación Internacional). Shefayim, Israel.