

DESARROLLO DE TOMATE EN SUSTRATOS DE VERMICOMPOST/ ARENA BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO

Development of tomatoes in substrates of vermicompost/ sand under greenhouse conditions

Alejandro Moreno Reséndez^{1*}, María Teresa Valdés Perezgasga² y Tito Zarate López¹

ABSTRACT

The development of tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv. Flora-Dade, was evaluated under greenhouse conditions, using different mixtures of vermicompost/sand, at Comarca Lagunera (101°40' W long, 25°05' N lat), in northern México. Four types of vermicomposts were studied, generated by the decomposing action of earthworms (*Eisenia foetida* Sav.) on the following materials: a) horse manure; b) horse manure + goat manure with alfalfa (*Medicago sativa* L.) straw (1:1, v:v); c) goat manure with alfalfa straw; and d) goat manure with alfalfa straw + garden residues (mainly grass and leaves) (1:1 v:v)). The composition of mixtures of vermicompost/sand evaluated, based on a weight of 15 kg, was 25:75, 50:50, 75:25 and 100:0 (%). A total of 17 treatments were evaluated (four vermicomposts x four levels each plus a control) with four replicates each. A completely randomized design was used and averages were compared by the LSD test (5%). It was established that three of the variables evaluated in tomatoes had significant differences: soluble solids (°Brix), number of clusters ($P \leq 0.01$) and number of fruit per plant ($P \leq 0.05$), for treatments with mixtures of vermicompost/sand 25:75 and 50:50 (%), while fruit diameter, plant height and yield did not show any statistical differences between treatments evaluated.

Key words: vermicompost, earthworms, tomato, decomposition, *Eisenia foetida* (Sav.), *Lycopersicon esculentum* (Mill.).

RESUMEN

Se evaluó el desarrollo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) var. Flora-Dade, bajo condiciones de invernadero, utilizando diferentes mezclas de vermicompost/arena, en la Comarca Lagunera (101°40' long. Oeste, 25°05' lat. Norte), al norte de México. Se estudiaron cuatro tipos de vermicompost, generados por la acción de descomposición de las lombrices de tierra (*Eisenia foetida* Sav.) sobre los siguientes materiales: a) estiércol de caballo; b) estiércol de caballo + estiércol de cabra con paja de alfalfa (*Medicago sativa* L.) (1:1, v:v); c) estiércol de cabra con paja de alfalfa; y d) estiércol de cabra con paja de alfalfa + residuos de jardín (principalmente pasto y hojas) (1:1, v:v). La composición de las mezclas de vermicompost/arena evaluadas, tomando como base un peso de 15 kg, fue de 25:75, 50:50, 75:25 y 100:0 (% en peso). En total se evaluaron 17 tratamientos (cuatro tipos de vermicompost x cuatro niveles cada uno más un testigo) con cuatro repeticiones cada uno. Se utilizó un diseño completamente al azar y para la comparación de medias se utilizó la prueba Diferencia Mínima Significativa (DMS, 5%). Se estableció que tres de las variables evaluadas en el tomate presentaron diferencia significativa; sólidos solubles (°Brix), número de racimos ($P \leq 0,01$) y número de frutos ($P \leq 0,05$), en los tratamientos con las mezclas de vermicompost/arena 25:75 y 50:50 (%), mientras que las variables diámetro de fruto, altura de planta y rendimiento no presentaron diferencia significativa entre los tratamientos evaluados.

Palabras clave: vermicompost, lombriz de tierra, tomate, descomposición, *Eisenia foetida* (Sav.), *Lycopersicon esculentum* (Mill.).

¹ Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – Unidad Laguna, Periférico y Carretera a Santa Fe s/n. Torreón, Coahuila, Apdo. Postal 940 CP 27059, México.

E-mail: alejamosa@hotmail.com *Autor para correspondencia.

² Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Parasitología. Unidad Laguna. Periférico y Carretera a Santa Fe s/n. Torreón, Coahuila, Apdo. Postal 940. CP 27059, México.

Recibido: 15 de octubre 2003. Aceptado: 10 de mayo de 2004.

INTRODUCCIÓN

Para atender la creciente demanda de alimentos, se ha establecido como alternativa el manejo de sistemas de producción sustentables, que, además de promover prácticas que preservan los recursos naturales y la biodiversidad (Porter Humpert, 2000), permitan hacer un uso eficiente y adecuado de los residuos que se derivan directa o indirectamente del sector agropecuario, así como de los desechos que se originan de diversas actividades realizadas por el hombre. En el mismo sentido, la gran cantidad de residuos que se generan a nivel mundial, y ante la demanda de un mundo sano, debido a los altos índices de contaminación que se reflejan sobre diversas regiones (Atiyeh *et al.*, 2000b; Alvarez *et al.*, 2001), existe la necesidad de buscar alternativas que beneficien directamente a los sistemas de producción a partir de los materiales biodegradables.

En la actualidad, muchos productores, grandes y pequeños, quienes tradicionalmente han utilizado la aplicación de fertilizantes sintéticos para promover el desarrollo de sus cultivos, están modificando esta práctica por diversas razones, entre las cuales se incluyen la restricción en el uso de pesticidas, la demanda de alimentos de alta calidad, la creciente preocupación por la degradación del recurso suelo, las presiones del público sobre los aspectos ambientales, el ahorro y el incremento de las ganancias (Porter Humpert, 2000). Por otra parte, y debido a que las reglamentaciones para la aplicación y disposición del estiércol se han vuelto cada vez más rigurosas, en los últimos años ha crecido el interés por utilizar las lombrices de tierra (*Eisenia foetida* Sav.) como un sistema ecológicamente seguro para manejar el estiércol, ya que diversos estudios han demostrado la capacidad de algunas lombrices para utilizar una amplia gama de residuos orgánicos, e.g., estiércol, residuos de cultivos, desechos industriales, aguas negras, etc. (Atiyeh *et al.*, 2000a, 2000b, 2001; Bansal y Kapoor, 2000).

Durante el proceso de alimentación, las lombrices consumen los residuos, aceleran la descomposición de la materia orgánica, modifican las

propiedades físicas y químicas de los residuos consumidos, produciendo el compostaje, a través del cual la materia orgánica inestable es oxidada y estabilizada (Atiyeh *et al.*, 2000a, 2000b). La acción de las lombrices en el proceso de compostaje es de tipo físico/mecánico y bioquímico. Los procesos físicos o mecánicos incluyen: aireación, mezclado, y la molienda del sustrato. El proceso bioquímico es realizado por la descomposición microbiana del sustrato en el intestino de las lombrices. El vermicomposteo provoca la bioconversión de los desechos en dos productos de utilidad: la biomasa de la lombriz y el vermicompost (Ndegwa *et al.*, 2000).

Los residuos orgánicos procesados por la lombriz de tierra, frecuentemente denominados vermicompost, son de tamaño fino, como los materiales tipo "peat moss", con alta porosidad y por ende aireación y drenaje y, a su vez, una alta capacidad de retención de agua. El vermicompost, comparado con la materia prima que lo genera, tiene reducidas cantidades de sales solubles, mayor capacidad de intercambio catiónico, y un elevado contenido de ácidos húmicos totales. Debido a estas características, los residuos orgánicos procesados con lombrices tienen un potencial comercial muy grande en la industria hortícola como medio de crecimiento para los almácigos y las plantas (Ndegwa y Thompson, 2000). El vermicompost, por sus características físicas, químicas y biológicas, se ha utilizado como fertilizante orgánico con efectos favorables sobre el desarrollo de los cultivos hortícolas y las plantas ornamentales en invernaderos (Brown *et al.*, 2000).

En apoyo a los sistemas de producción sustentables, resulta de vital importancia aprovechar la capacidad de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida* Sav.) para adaptarse y reproducirse fuera de su hábitat natural (Paoletti, 1999), así como para descomponer diversos residuos orgánicos y convertirlos en vermicompost (Bansal y Kapoor, 2000), el cual posee un alto contenido de elementos nutritivos fácilmente asimilables por las plantas, tales como N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, etc., además contiene sustancias biológicamente activas tales como re-

guladores de crecimiento vegetal (Buck *et al.*, 1999; Ghosh *et al.*, 1999; Whalen *et al.*, 1999; Atiyeh *et al.*, 2000a, 2000b; Bansal y Kapoor, 2000; Gajalakshmi *et al.*, 2001).

Los elementos nutritivos que contiene el vermicompost provienen del proceso de fragmentación y descomposición de la materia orgánica por lombrices, bacterias y hongos microscópicos. Estos organismos digieren los complejos orgánicos reduciéndolos a formas simples, de tal manera que pueden ser asimilados por las plantas (Sherman-Huntoon, 1997; Atiyeh *et al.*, 2000b; Bansal y Kapoor, 2000). En estudios realizados por Irisson *et al.* (1998) sobre vermicompost originado a partir de pulpa de café (*Coffea arabica* L.), se determinó un incremento en la concentración de minerales (N, Ca, Mg, Na, K, y P) y una disminución en el contenido de materia orgánica, lo que favorece la transformación de N orgánico a N mineral facilitando así su asimilación por las plantas.

Por otra parte, se ha señalado que el vermicompost afecta favorablemente la germinación de las semillas y el desarrollo de las plantas. Además, aumenta notablemente la altura de las especies vegetales en comparación con otros ejemplares de la misma edad. Así mismo, durante el trasplante previene enfermedades y lesiones por cambios bruscos de temperatura y humedad; este material se puede usar sin inconvenientes en estado puro y se encuentra libre de nemátodos. Su pH neutro lo hace sumamente confiable para ser aplicado a especies sensibles (Atiyeh *et al.*, 2000b; Brown *et al.*, 2000).

A partir del año 2000, en la Universidad Estatal de Ohio, EE.UU., se implementó un programa de investigación sobre vermicompost, en el cual se han desarrollado experimentos para evaluar el efecto de diferentes tipos de vermicompost sobre la germinación, crecimiento, floración y fructificación de varias especies hortícolas y ornamentales (e.g., pepino (*Cucumis sativus* L.), tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), petunias (*Petunia grandiflora* L.), maravillas (*Calendula officinalis* L.), crisantemos (*Chrysanthemum sinense* L.)) concluyéndose que las mejores res-

puestas de estas especies se presentan cuando se sustituye del 10 al 20% del volumen total del medio de crecimiento comercial con los diferentes tipos de vermicompost (Riggle, 1998; Subler *et al.*, 1998).

Se ha establecido que el vermicompost a partir de estiércol de cerdo tiene un gran potencial como un componente de los sustratos de crecimiento que se utilizan en los invernaderos (Atiyeh *et al.*, 2000a, 2000b; 2001). Este material se utilizó para incrementar la producción de tomate en invernadero cuando se incorpora en concentraciones relativamente pequeñas (20% del volumen) mezcladas con un medio de crecimiento comercial (Metro-Mix 360), sin embargo, con mayores proporciones de vermicompost (> 20%) en el medio de crecimiento disminuyó la productividad de la planta (Atiyeh *et al.*, 2000a, 2000b).

Los antecedentes establecidos permiten suponer que la producción de diversas especies vegetales, bajo condiciones de invernadero, tradicionalmente supeditada al uso de fertilizantes sintéticos aplicados a través de soluciones nutritivas, se puede llevar a cabo con la aplicación de sustratos de origen orgánico, como el vermicompost, pudiéndose reducir el uso de los fertilizantes sintéticos. En el presente trabajo se evaluó el efecto de cuatro tipos de vermicompost, mezclados con arena, en cuatro diferentes niveles, y se compararon con un tratamiento testigo (sustrato de arena y fertilizado con solución nutritiva) sobre el desarrollo del cultivo de tomate.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el invernadero de la Unidad Laguna, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, localizada en Periférico y Carretera a Santa Fe, Torreón, Coahuila, México (101°40' y 104°45' long. Oeste, y 25°05' y 26°54' lat. Norte): esta región recibe una precipitación media anual de 235 mm, tiene una altitud 1.139 m.s.n.m. y su temperatura media anual es de 18,6°C (Schmidt, 1989).

La siembra de las semillas de tomate se realizó el 4 de septiembre de 2000, en una bandeja de

poliestireno de 200 celdillas (Atiyeh *et al.*, 2000a), utilizando como medio de crecimiento un sustrato comercial a base de cáscara de coco (*Cocos nucifera* L.) molida (Germinaza Plus ®) humedecido. La bandeja se colocó dentro del invernadero y se aplicó un riego cada tres días hasta el trasplante. El trasplante se realizó 30 días después de la siembra (dds), colocándose una plántula por maceta. Como macetas se utilizaron bolsas de polietileno negro, calibre 500, con una capacidad de 15 kg. El invernadero utilizado fue de los denominados de tipo frío o pasivo (durante el desarrollo del cultivo ni la pared húmeda ni los extractores funcionaron) y contaba con cubierta y paredes de plástico transparente reforzadas, ventanas laterales y piso de grava.

En este trabajo se evaluaron cuatro tipos de vermicompost, generados por la acción de descomposición de las lombrices *Eisenia foetida*, durante un período de 90 días (Bansal y Kapoor, 2000; Ndegwa *et al.*, 2000; Ndegwa y Thompson, 2000), sobre los siguientes residuos orgánicos: a) estiércol de caballo (EC); b) estiércol de caballo + estiércol de cabra con paja de alfalfa (*Medicago sativa* L.) (1:1, v:v) (ECPA); c) estiércol de cabra con paja de alfalfa; y d) estiércol de cabra con paja de alfalfa + residuos de jardín (RJ) (principalmente pasto y hojas; 1:1, v:v). Después de que estos materiales se transformaron en vermicompost (V) se identificaron como VEC, VEC+ECPA, VECPA y VECPA+RJ, respectivamente. La composición química de los cuatro tipos de vermicompost utilizados se presenta en el Cuadro 1.

Las mezclas de vermicompost/arena utilizadas para evaluar el desarrollo del tomate, var. *Flora-Dade*, de crecimiento indeterminado, presentaron las siguientes composiciones 25:75, 50:50, 75:25 y 100:0 (%:% en peso). Con las mezclas de vermicompost/arena se generaron 16 tratamientos (cuatro tipos de vermicompost x cuatro niveles de cada vermicompost) que se compararon con un tratamiento testigo (Cuadro 2). Para el tratamiento testigo se utilizó como sustrato de crecimiento arena de río y la demanda nutritiva del tomate se cubrió utilizando una solución nutritiva madre (SNM) (Cuadro 3). En total se evaluaron 17 tratamientos cada uno con cuatro repeticiones.

De acuerdo al objetivo de evaluar el efecto de los cuatro tipos de vermicompost mezclados con arena a diferentes niveles, a las plantas de tomate que se desarrollaron en las macetas con las mezclas de vermicompost/arena (T1 – T16) no se les aplicó solución nutritiva, por lo tanto, sus necesidades nutricionales se cubrieron con los diferentes tipos de vermicompost. Por otra parte, para satisfacer los requerimientos nutricionales del tratamiento testigo (T17), se aplicó la fertilización por medio de la SNM (Atiyeh *et al.*, 2000a) tomando como base la solución nutritiva universal de Hoagland y Arnon (1938). El pH de la SNM fue neutralizado con H₂SO₄ concentrado. Para preparar la SNM se utilizaron sales, de alta solubilidad y grados técnicos, empleadas usualmente en los sistemas con fertirrigación y disponibles en el mercado regional (Cuadro 3).

Cuadro 1. Características químicas de los cuatro tipos de vermicompost (peso seco).

Table 1. Chemical characteristics of four vermicompost types (dry weight).

Vermicompost	Componentes y concentración*									
	MO (%)	Nt (%)	P	Cu	Fe mg L ⁻¹	Zn	Mn	Ca	Mg (meq L ⁻¹)	Na
VEC	24,74	0,948	2.229,72	1,82	26	12	21,2	14,67	0,84	8,43
VEC+ECPA	17,28	0,696	963,55	1,64	45	12,2	20,4	14,02	0,77	5,74
VECPA	15,25	0,828	945,73	1,42	15	7,8	24,4	11,17	1,24	25,78
VECPA+RJ	8,61	0,808	673,03	2,26	58	13,8	23,2	16,46	0,72	6,52

* MO: Materia orgánica (Walkley Black), Nt (Kjeldahl), P (Olsen modificado), Cu, Fe, Zn y Mn (extracción con DTPA y determinación por Absorción atómica, Perkín – Elmer 2380), Ca, Mg y Na (extracto de suelo a saturación y determinación por Absorción atómica, Perkín – Elmer 2380).

V = vermicompost; EC = estiércol de caballo; ECPA = estiércol de cabra + paja de alfalfa; RJ = residuo de jardín.

Cuadro 2. Composición de los tratamientos evaluados para el desarrollo de tomate en mezclas de vermicompost/arena, bajo condiciones de invernadero.

Table 2. Composition of treatments evaluated for tomato development in mixtures of vermicompost/sand, under greenhouse conditions.

T	Tratamientos y mezclas										
	VEC (%)	Arena (%)	T	VEC+ECPA (%)	Arena (%)	T	VECPA (%)	Arena (%)	T	VECPA+RJ (%)	Arena (%)
T1	25	75	T5	25	75	T9	25	75	T13	25	75
T2	50	50	T6	50	50	T10	50	50	T14	50	50
T3	75	25	T7	75	25	T11	75	25	T15	75	25
T4	100	0	T8	100	0	T12	100	0	T16	100	0
T17	0	100	Tratamiento testigo								

T = tratamiento; V = vermicompost; EC = estiércol de caballo; ECPA = estiércol de cabra + paja de alfalfa; RJ = residuo de jardín.

Cuadro 3. Materiales utilizados y concentración final de los elementos de la solución nutritiva madre para el desarrollo de tomate en el tratamiento testigo.

Table 3. Materials used and final concentration of the elements of the nutrient solution for the development of tomatoes in the control treatment.

Compuesto	Fórmula	Concentración (g L ⁻¹)	Elemento	Concentración final (mg kg ⁻¹)
Nitrato de potasio	KNO ₃	101,1	K	235
Nitrato de calcio	Ca(NO ₃) ₂ •4H ₂ O	236,6	N	224
Fosfato diácido de amonio	NH ₄ H ₂ PO ₄	115,08	Ca	160
Sulfato de magnesio	MgSO ₄ •7H ₂ O	246,49	P	62
Cloruro de potasio	KCl	3,728	S	32
Ácido bórico	H ₃ BO ₃	1,546	Mg	24
Sulfato de manganeso	MnSO ₄ •H ₂ O	0,338	Cl	1,77
Sulfato de zinc	ZnSO ₄ •7H ₂ O	0,575	Fe	1,12
Sulfato de cobre	CuSO ₄ •5H ₂ O	0,125	B	0,27
Ácido molíbdico	H ₂ MoO ₄	0,081	Mn	0,11
Fe-Quelato		6,922	Zn	0,131
			Cu	0,032
			Mo	0,05

Para regar las macetas con las mezclas de vermicompost/arena (T1 – T16) se utilizó agua potable aplicando un volumen de 0,5 L maceta⁻¹ d⁻¹. Por su parte, para satisfacer las necesidades nutritivas del tratamiento testigo (T17), se consideraron tres etapas de desarrollo del cultivo de tomate: a) antes de la floración, b) floración, y c) producción. En cada una de estas etapas la SNM se diluyó con agua potable (AP), de acuerdo a las siguientes relaciones: 1/3, 2/3 y 3/3 (SNM/AP) e igualmente se aplicó un volumen de 0,5 L maceta⁻¹ d⁻¹ de cada disolución durante la etapa respectiva.

Dentro del invernadero se colocaron tres filas de macetas a doble hilera, dando un total de 68 macetas por toda el área experimental. Los parámetros estudiados durante el desarrollo del experimento fueron: altura, número de racimos y frutos por planta, tamaño de fruto, rendimiento y sólidos solubles (°Brix). Para evaluar el efecto de los tratamientos se utilizó un diseño completamente al azar; cada tratamiento se repitió cuatro veces. Los datos de cada uno de los parámetros evaluados se analizaron estadísticamente por un ANDEVA y para la comparación de medias se utilizó la prueba de diferencia mínima significativa (DMS, 5%) (SAS, 1996).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos con las mezclas de vermicompost/arena concuerdan con lo establecido por Atiyeh *et al.* (2000b), quienes destacaron que los vermicomposts favorecen el desarrollo de los cultivos en invernaderos, cuando éstos se utilizan como sustratos de crecimiento, y que las diferencias detectadas en las variables evaluadas se deben a su contenido de elementos nutritivos y a la naturaleza de sus comunidades microbianas. El contenido de elementos nutritivos de los vermicompost utilizados se presenta en el Cuadro 1, y por los resultados obtenidos se puede suponer que las necesidades nutritivas del tomate fueron satisfechas con los diferentes porcentajes de vermicompost que se emplearon en el presente ensayo.

Derivado del análisis estadístico (Cuadro 4) se estableció que tres variables presentaron diferencia significativa; sólidos solubles, número de racimos ($P \leq 0,01$) y número de frutos ($P \leq 0,05$), mientras que el diámetro de fruto, la altura de planta y el rendimiento no presentaron diferencias significativas. La respuesta favorable determinada en algunos casos se debió a los tratamientos que incluían diferentes niveles de la mezcla de vermicompost/arena, como se puede apreciar en el Cuadro 5. Los resultados obtenidos con las mezclas de vermicompost/arena utilizadas en el presente ensayo, fueron similares a los reporta-

dos por Atiyeh *et al.* (2000a) y Atiyeh *et al.* (2001), quienes utilizaron mezclas de un medio de crecimiento comercial (Metro-Mix 360) con vermicompost, preparado a partir de estiércol de cerdo, para evaluar el comportamiento del cultivo de tomate.

De la prueba de comparación de medias (Cuadro 5) se determinó que los tratamientos T14 y T17 presentaron el valor promedio mayor para la variable sólidos solubles (6 y 5,9 °Brix, respectivamente). Mientras que los tratamientos T5 y T13 (con 5,7 y 5,74 °Brix) resultaron estadísticamente iguales que el tratamiento testigo (T17). Por su parte, los tratamientos T17, T6 y T9 generaron el mayor número de frutos promedio (27,5; 17,75 y 16,75 respectivamente). Además, los tratamientos T17, T9, T13 y T10 presentaron el mayor número de racimos por planta promedio (4,00; 3,25; 3,00; y 2,75 respectivamente). Para cada una de estas tres variables los tratamientos señalados resultaron estadísticamente iguales que el tratamiento testigo al que se aplicó la SNM.

Los tratamientos de las mezclas de vermicompost/arena T5, T6, T9, T10, T13 y T14 que presentaron diferencias significativas para las variables número de frutos, racimos y sólidos solubles, subrayadas en el Cuadro 5, resultaron estadísticamente iguales que el tratamiento testigo (T17). El contenido de vermicompost en estos tratamientos corresponde a los niveles que

Cuadro 4. Análisis de varianza, significancia estadística y coeficiente de variación (CV) para las variables evaluadas en el cultivo de tomate bajo condiciones de invernadero. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – Unidad Laguna, 2001.

Table 4. Analysis of variance, statistical significance and variation coefficient (CV) for the variables evaluated in the tomato crop under greenhouse conditions. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – Unidad Laguna, 2001.

FV	gl	Cuadrados medios					
		SS	R	NF	Rend.	DF	AP
Tratamiento	16	0,236**	2,795**	102,68*	640.100,41 ns	0,155 ns	131,68 ns
Error	51	0,027	0,867	59,02	435.827,27	0,3142	134,91
CV (%)		2,96	46,91	64,89	70,70	11,23	14,94

FV = fuente de variación; gl = grados de libertad; SS = sólidos solubles; R = racimos; NF = número de frutos; Rend. = rendimiento; DF = diámetro de fruto; AP = altura de planta.

*,** = significativo al 5 y al 1%, respectivamente; ns = no significativo.

oscilan de 25 a 50% para tres de los cuatro tipos de vermicompost utilizados (VEC+ECPA, VECPA y VECPA+RJ). Los niveles de 25 y 50% de vermicompost concuerdan con los niveles utilizados por Atiyeh *et al.* (2001), quienes aplicaron vermicompost originado a partir de estiércol de cerdo, y determinaron que el efecto del vermicompost sobre el desarrollo del tomate probablemente se debe al mejoramiento de las condiciones físicas de los medios de crecimiento y a los niveles nutricionales que contiene este material.

Por otro lado, los niveles de vermicompost de 25 a 50%, que generaron la respuesta favorable en los tratamientos (T5, T6, T9, T10, T13 y T14) para las variables señaladas, fueron superiores a los niveles de 10 a 20% de vermicompost, generada a partir de estiércol de cerdo, utilizados por Subler *et al.* (1998); esta respuesta se puede atribuir al tipo de materia prima que se utilizó para elaborar el vermicompost, lo cual posiblemente afecta el contenido de elementos químicos disponibles para las plantas cuando este material se

utiliza como medio de crecimiento. La diferencia en la disponibilidad de los elementos se refleja en los resultados del análisis químico reportado en el Cuadro 1, por lo que es necesario que en futuros estudios se evalúe el contenido nutricional del follaje de las especies que se desarrollan en este tipo de medios de crecimiento.

Como se puede observar en el Cuadro 5, en ningún caso los diferentes tipos de vermicompost al 100% (T4, T8, T12 y T16) impactaron sobre los resultados obtenidos. La nula respuesta del cultivo de tomate a la aplicación de los cuatro tipos de vermicompost (VEC, VEC+ECPA, VECPA y VECPA+RJ) al 100% probablemente podría deberse a la elevada capacidad de retención de humedad que presentan los cuatro tipos de vermicompost utilizados, condición que provoca una reducción significativa de la aireación y porosidad del medio de crecimiento, así como una alta concentración de sales solubles en los diferentes tipos de vermicompost utilizados (Atiyeh *et al.*, 2000a, 2001).

Cuadro 5. Comparación de medias de tratamiento con la prueba DMS (5%), para las variables sólidos solubles, racimos por planta y número de frutos de tomate en los tratamientos evaluados. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – Unidad Laguna, 2001.

Table 5. Comparison of treatment means with the LSD test (5%), for the variables soluble solids, clusters per plant and number of tomato fruit in the treatments evaluated. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – Unidad Laguna, 2001.

Tratamiento	Valores promedio de los parámetros evaluados		
	Sólidos solubles	Racimos	Número de frutos
T1	5,66 cd	2,00 bcde	11,00 bc
T2	5,49 defg	2,00 bcde	9,50 bc
T3	5,49 defg	1,75 cde	11,00 bc
T4	5,37 hij	2,00 bcde	12,50 bc
T5	5,70 bcd	2,00 bcde	12,50 bc
T6	5,62 cdef	1,75 cde	17,75 ab
T7	5,66 cd	1,00 e	8,25 bc
T8	5,23 hij	1,75 cde	6,75 bc
T9	5,16 ij	3,25 ab	16,75 ab
T10	5,41 fgh	2,75 abcd	10,50 bc
T11	5,64 cde	1,75 cde	10,25 bc
T12	5,12*j	1,50 de	11,75 bc
T13	5,74 bc	3,00 abc	7,50 bc
T14	6,00 a	1,00 e	6,50 bc
T15	5,41 efgh	1,00 e	12,25 bc
T16	5,59 cdefg	1,25 e	9,00 bc
T17	5,91 ab	4,00 a	27,5 a

Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de DMS (5%).

Además, de acuerdo con Atiyeh *et al.* (2000b), los resultados permiten suponer que los vermicompost poseen el potencial para mejorar el crecimiento de la planta cuando se aplica a los medios de crecimiento en invernaderos. Sin embargo, los resultados parecen tener marcadas diferencias entre vermicompost específicas en términos de su contenido de elementos nutritivos, la naturaleza de sus comunidades microbianas, y sus efectos sobre el crecimiento del tomate.

Por otra parte, con respecto a las variables rendimiento, diámetro de fruto y altura de planta, que resultaron no significativas, es posible suponer que las diferentes mezclas vermicompost/arena, independientemente de la materia prima de la cual se generaron los diferentes tipos de vermicompost, lograron satisfacer las necesidades nutricionales del cultivo de tomate, necesidades que igualmente fueron satisfechas con la solución nutritiva que se utilizó en el tratamiento testigo, bajo las condiciones en las que se desarrolló el presente trabajo. Esta suposición se basa en que las plantas de tomate en los diferentes tratamientos completaron su ciclo fenológico sin presentar deficiencias nutritivas. Con respecto a los rendimientos obtenidos, se puede puntualizar que, el máximo rendimiento de tomate se obtuvo en el tratamiento testigo, con un valor de $12,42 \pm 2,3 \text{ kg m}^{-2}$, y los rendimientos para los tratamientos con las mezclas de vermicompost/arena fueron ligeramente inferiores a este valor.

CONCLUSIONES

Los medios de crecimiento comerciales que tradicionalmente se utilizan en los invernaderos para el desarrollo de especies vegetales, pueden llegar a ser sustituidos por mezclas que incluyan diversos niveles de vermicompostaje y arena. Además, los resultados igualmente permiten considerar que las soluciones nutritivas, preparadas con sales inorgánicas de alta solubilidad, y que tradicionalmente se utilizan en los sistemas de producción hidropónica, pueden ser reemplazadas por productos como el vermicompost, cuyo contenido de elementos nutritivos puede satisfacer las necesidades de las especies vegetales en desarrollo. Estas evidencias fortalecen el enfoque de la producción orgánica, pues se promueve el reciclado de los residuos orgánicos, a través del proceso de vermicomposteo, y potencialmente se reduce el empleo de recursos naturales no renovables, utilizados para la preparación de los fertilizantes sintéticos.

En las condiciones en las que se desarrolló el presente trabajo, las mezclas de vermicompost/arena con los niveles 25:75 y 50:50 (% en peso), correspondientes a los vermicompost preparados a partir de: a) estiércol de caballo; b) estiércol de caballo + estiércol de cabra con paja de alfalfa (1:1, v:v); c) estiércol de cabra con paja de alfalfa; y d) estiércol de cabra con paja de alfalfa + residuos de jardín (principalmente pasto y hojas), lograron satisfacer la demanda nutritiva del cultivo de tomate.

RECONOCIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro; clave del proyecto 02-03-1502-2867.

LITERATURA CITADA

- Alvarez, J., A. Del Campo, and F. Sancho. 2001. Research and technologic development of composting processes and its application in the agriculture and forestry sectors. *Bioprocessing of Solid Waste & Sludge* 1:1-7. Available at <http://www.orbit-online.net/journal/archiv/index.html>. Accessed 28 september 2001.
- Atiyeh, R.M., N. Arancon, C.A. Edwards, and J.D. Metzger. 2000a. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Bioresour. Technol.* 75:175-180.
- Atiyeh, R.M., C.A. Edwards, S. Subler, and J.D. Metzger. 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. *Bioresour. Technol.* 78:11-20.
- Atiyeh, R.M., S. Subler, C.A. Edwards, G. Bachman, J.D. Metzger, and W. Shuster. 2000b. Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiologia* 44:579-590.
- Bansal, S., and K.K. Kapoor. 2000. Vermicomposting of crop residues and cattle dung with *Eisenia foetida*. *Bioresour. Technol.* 73:95-98.
- Brown, G.G., I. Barois, and P. Lavelle. 2000. Regulation of soil organic matter dynamics and microbial activity in the drilosphere and the role of interactions with other edaphic functional domains. *Eur. J. Soil Biol.* 36:177-198.
- Buck, C., M. Langmaack, and S. Schrader. 1999. Nutrient content of earthworm casts influenced by different mulch types. *Eur. J. Soil Biol.* 35:23-30.
- Gajalakshmi, S., E.V. Ramasamy, and S.A. Abbasi. 2001. Potential of two epigeic and two anecic earthworm species in vermicomposting of water hyacinth. *Bioresour. Technol.* 76:177-181.
- Ghosh, M., G.N. Chattopadhyay, and K. Baral. 1999. Transformation of phosphorus during vermicomposting. *Bioresour. Technol.* 69:149-154.
- Hoagland, D.R., and D.I. Arnon. 1938. The water-culture method for growing plants without soil. *Circ.* 347. Univ. California, College of Agric., Berkeley, California, USA.
- Irisson, S., I. Barois, y E. Aranda. 1998. Caracterización química y bacteriológica de la pulpa de café al inicio del lombricomposteo y el abono al final del proceso. Proyecto "Utilización de lombrices en la transformación de la pulpa de café en abono orgánico" CONACYT:045 – N9108. Available at <http://www.inrase.csic.es/depart/sostenibilidad/proyecoste98.html>. Accessed 30 Nov. 2001.
- Ndegwa, P.M., and S.A. Thompson. 2000. Effects of C-to-N ratio on vermicomposting of biosolids. *Bioresour. Technol.* 75:7-12.
- Ndegwa, P. M., S.A. Thompson, and K.E. Das. 2000. Effects of stocking density and feeding rate on vermicomposting of biosolids. *Bioresour. Technol.* 71:5-12.
- Paoletti, M.G. 1999. The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators. *Agric. Ecosyst. Environ.* 74:137-155.
- Porter Humpert, C. 2000. New trends in sustainable farming build compost use. *BioCycle.* 41:30-35.
- Riggle, D. 1998. Vermicomposting research and education. *BioCycle* 39:54-56. Available at <http://gnv.fdt.net/~windle/reference/may98.htm>. Accessed 13 June 2000.
- SAS. 1996. SAS for Windows NT V 6.12. Statistical Analysis Systems. SAS Institute Inc. Cary, North Carolina, USA.
- Schmidt, R.H., Jr. 1989. The arid zones of Mexico: climatic extremes and conceptualization of the Sonoran Desert. *J. Arid Environ.* 16:241-256.
- Sherman-Huntoon, R. 1997. Earthworm castings as plant growth media. p. 1-3. *In* Clive Edwards and Edward Neusher (eds.). *Earthworms in waste and environmental management*. Available at <http://www.bae.ncsu.edu/people/faculty/sherman/vermiculite/castings.htm>. Accessed 15 June 2001.
- Subler, S., C.A. Edwards, and J.D. Metzger. 1998. Comparing vermicomposts and composts. *BioCycle* 39:63-66. Available at <http://gnv.fdt.net/~windle/refrence/july98.htm>. Accessed 15 June 2001.
- Whalen, J.K., R.W. Parmelee, D.A. McCartney, and J.L. Vanarsdale. 1999. Movement of N from decomposing earthworm tissue to soil, microbial and plant N pools. *Soil Biol. Biochem.* 31:487-492.