

DESARROLLO DEL CULTIVO DE MELÓN (*Cucumis melo*) CON VERMICOMPOST BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO

Development of muskmelon (*Cucumis melo*) with vermicompost under greenhouse conditions

^{1*}Alejandro Moreno-Reséndez, ¹Lino García-Gutiérrez, ²Pedro Cano-Ríos, ¹Víctor Martínez-Cueto, ³Cándido Márquez-Hernández, ¹Norma Rodríguez-Dimas

¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro UL. Periférico Raúl López Sánchez km 1.5 y Carretera a Santa Fe (s/n). Torreón, Coah. *alejamosa@yahoo.com.mx

²CELALA INIFAP, Carretera Torreón Matamoros, Matamoros, Coah.

³Facultad de Ciencias Biológicas, UJED, Núcleo Universitario, Gómez Palacio, Dgo.

Artículo científico recibido: 6 de noviembre de 2012, **aceptado:** 18 de febrero de 2014

RESUMEN. Se determinó el efecto del vermicompost (VC) sobre el desarrollo del melón en invernadero utilizando como sustratos cuatro tipos de VC mezclados con arena de río (AR), con relaciones 25 : 75, 30 : 70, 35 : 65 y 40 : 60 (% en volumen). Los VC se prepararon a partir de estiércoles de caballo, cabra, conejo y bovino. Los sustratos se colocaron en bolsas de polietileno negro, de 20 kg de capacidad, en donde se sembraron semillas del melón Cantaloupe. Las plantas se condujeron a un solo tallo, tutorando con rafia y la demanda hídrica se cubrió con riego por goteo. Las bolsas, utilizadas como macetas, se colocaron en fila a doble hilera, con arreglo a tresbolillo. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar en arreglo factorial 4 x 4 con cuatro repeticiones. El factor A fueron las mezclas VC : AR y el B los diferentes VC. El análisis de varianza mostró que con 40 % de VC, independientemente del VC usado, se registraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) para rendimiento, peso de fruto, diámetros ecuatorial y polar, espesor de pulpa, cavidad de la placenta y días a cosecha, con 96.386 t ha^{-1} , $1.688 \text{ kg fruto}^{-1}$, 14.55 cm, 16.73 cm, 3.77 cm, 5.57 cm y 89 d respectivamente, sin importar el tipo de estiércol utilizado en las mezclas con VC. El contenido promedio de sólidos solubles en los frutos resultó estadísticamente igual en cualquier nivel y tipo de VC empleado.

Palabras clave: Abonos orgánicos, agricultura protegida, estiércol, *Eisenia fetida*, vermicompostaje

ABSTRACT. The effect of vermicompost (VC) on the development of muskmelon in the greenhouse was determined using four types of VC mixed with river sand (RS) as substrates, at ratios of 25 : 75, 30 : 70, 35 : 65 and 40 : 60 (% by volume). The VC combinations were prepared with horse, goat, rabbit and bovine manure. The substrates were placed in 20 kg black polyethylene bags where Cantaloupe seeds were planted. The plants were trained to one stem using raffia thread, and were watered with a drip irrigation system. The bags, used as pots, were placed in a double line and a tresbolillo arrangement. A randomised block design with a 4 x 4 factorial scheme and four replicates was applied. Factor A was the VC : RS combinations and factor B was the different VCs. A variance analysis showed that with 40 % of VC, independently of the VC used, highly significant differences ($P \leq 0.01$) were recorded for yield, fruit weight, equatorial and polar diameters, pulp thickness, cavity of the placenta and days to harvest, with 96.386 t ha^{-1} , $1.688 \text{ kg fruit}^{-1}$, 14.55 cm, 16.73 cm, 3.77 cm, 5.57 cm and 89 d respectively, notwithstanding the type of manure used in the VC combinations. The average content of soluble solids in the fruit was statistically the same at all levels and types of VC used.

Key words: Compost, protected agriculture, manure, *Eisenia fetida*, vermicomposting

INTRODUCCIÓN

La modernización de la agricultura demanda una gran variedad de insumos con mayor complejidad en su composición química, así como dispositivos y nueva maquinaria, los cuales junto con la intensificación de la mecanización han impactado de forma desfavorable sobre el ambiente y la calidad de los alimentos generados. Ante esta problemática, la fertilización con abonos orgánicos ha vuelto a recibir la atención de los productores y actualmente, sus diversas formas de uso están siendo objeto de investigación (Cruz-Rodriguez *et al.* 2003). Lo anterior cobra relevancia en virtud de que el mayor reto de los actores involucrados en la producción agrícola, consiste en comprender cómo lidiar con la necesidad de elevar la producción de alimentos y paralelamente minimizar los impactos negativos sobre la biodiversidad, los servicios eco sistémicos y la sociedad (Pretty *et al.* 2011).

En este sentido Porter-Humpert (2000) y Chirinos *et al.* (2006) destacan que 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 preserven los recursos naturales y la biodiversidad, permitan hacer un uso eficiente y adecuado tanto de los residuos derivados, directa o indirectamente, del sector agropecuario, como de los desechos originados en una amplia gama de actividades realizadas por el hombre.

En las últimas décadas, el uso de abonos orgánicos ha cobrado importancia por diversas razones: a) desde el punto de vista ecológico, se ha incrementado la preocupación por fomentar las prácticas agrícolas que armonicen con el cuidado del ambiente y b) el uso de abonos orgánicos mejora las condiciones de suelos que han sido deteriorados por el uso excesivo de agroquímicos y por la sobre explotación de los recursos naturales (Nieto-Garibay *et al.*, 2002, Fernandes y Testezlaf 2002, López-Martínez *et al.* 2002, Chirinos *et al.* 2006, Álvarez-Solís *et al.* 2010). Adicionalmente, de acuerdo con Fernández y Testezlaf (2002) y De Gante-Cabrera (2013) se reconoce que debido a la escasez de materias primas para la producción de fertilizantes quími-

cos, ha crecido la tendencia en el reaprovechamiento de los residuos urbanos, industriales y agrícolas, con la intención de limpiar el ambiente y generar productos alternativos para el uso agrícola, como los fertilizantes organominerales.

Por otra parte, debido a la aplicación de disposiciones rigurosas de uso de los residuos orgánicos, en los últimos años ha crecido el interés por utilizar las lombrices por ejemplo *Eisenia fetida* Sav., como un sistema ecológicamente seguro para manejar el estiércol, ya que diversos estudios han demostrado la capacidad de estos organismos de alimentarse de una amplia gama de residuos orgánicos, entre los que destacan: estiércoles, residuos de cultivos, desechos industriales, lodos de aguas negras y residuos sólidos municipales (Atiyeh *et al.* 2000a, Gómez-Brandón *et al.* 2010, De Gante-Cabrera 2013).

Las lombrices durante su alimentación, consumen los residuos, aceleran la descomposición de la materia orgánica, modifican las propiedades físicas y químicas de los materiales consumidos, favoreciéndose el proceso de compostaje de estos residuos, a través del cual la materia orgánica es oxidada y estabilizada (Atiyeh *et al.* 2000a, 2000b). Los procesos físicos o mecánicos incluyen: aireación, mezclado y molienda del sustrato. El proceso bioquímico se realiza por medio de la descomposición microbiana del sustrato en el intestino de las lombrices (Durán-Umaña y Henríquez-Henríquez 2007, Gómez-Brandón *et al.* 2010). Las lombrices fragmentan los residuos orgánicos, estimulando fuertemente la actividad microbiana e incrementando los índices de mineralización, y transforman estos residuos en un material con características muy similares a las del humus, comúnmente denominado vermicompost (VC), el cual posee una estructura más fina que los compost, pero con una actividad microbiana más grande y más diversa (Atiyeh *et al.* 2002, Durán-Umaña y Henríquez-Henríquez 2007).

De acuerdo con Ndegwa y Thompson (2000) los VC, comparados con las materias primas que las generan, tienen 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, ya que se pueden utilizar como sustrato en los almácigos y en macetas donde se promueve el crecimiento de diferentes especies vegetales. En el mismo sentido, Brown *et al.* (2000) y Durán-Umaña y Henríquez-Henríquez (2007) señalan que el VC, por sus características físicas, químicas y biológicas, se ha utilizado como abono orgánico con efectos favorables sobre el desarrollo de diversas especies hortícolas y ornamentales bajo condiciones de invernadero.

A partir del año 2000, en la Universidad Estatal de Ohio, EE.UU., se han desarrollado experimentos para evaluar distintos tipos de VC sobre los procesos de germinación, crecimiento, floración y fructificación de especies hortícolas y ornamentales como: *Cucumis sativus* L., *Solanum lycopersicum* L., *Petunia grandiflora* L., *Calendula officinalis* L. y *Chrysanthemum morifolium* Ramat; y cuyas respuestas más adecuadas se han registrado cuando se sustituye entre 10 y 20 % del medio de crecimiento comercial con los diferentes tipos de VC (Riggle 1998, Subler *et al.* 1998). Por otro lado, se ha establecido que el VC, preparado a partir de estiércol de cerdo, tiene un gran potencial como parte de los sustratos de crecimiento que se utilizan en los invernaderos (Atiyeh *et al.* 2000a, 2000b, 2001).

Los antecedentes establecidos permiten suponer que la producción de diversas especies vegetales, bajo condiciones de invernadero, tradicionalmente supeditada al uso de fertilizantes sintéticos, se puede llevar a cabo con la aplicación de sustratos de origen orgánico, como el VC. En el presente trabajo el objetivo fue determinar el efecto de diferentes sustratos, formulados a partir de las mezclas de cuatro diferentes VC con arena de río, en diversas proporciones, sobre el desarrollo del melón Cantaloupe.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el 2003, en un invernadero del Departamento de Horticultura de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro UL, localizada en Torreón, Coahuila, México. La Universidad se encuentra ubicada en las coordenadas

25° 05' y 26° 54' Norte y 101° 40' y 104° 45' Oeste en la parte sur del Estado de Coahuila, en la región Lagunera. Esta región recibe una precipitación media anual de 235 mm, tiene una altitud de 1 139 msnm y su temperatura media anual es de 18.6 °C (Schmidt 1989).

El invernadero es semicircular, con cubierta de acrílico reforzado con pared húmeda (Celdek[®]), extractores, sistema de riego por goteo y piso de grava; con dimensiones de 8 x 23 x 4.5 m. El invernadero cuenta con ventanas laterales a una altura de 1.20 m, que se cubren con acrílico reforzado que se puede enrollar. Estas ventanas están protegidas permanentemente con malla antiáfidos. Además, la cubierta de acrílico se protege con malla sombra (40 %) durante las estaciones más calurosas del año.

Como material vegetal se utilizó el híbrido de melón (*Cucumis melo* L.) Cantaloupe cv Cruiser (Harris Moran[®]). La siembra directa, se realizó el 14 de marzo del 2003, colocando dos semillas por maceta. Una vez que las plantas germinaron y alcanzaron una altura promedio de 15 cm, se eliminó la planta con menor vigor. Como contenedores de los sustratos se utilizaron bolsas de plástico negro calibre 500, tipo vivero, de 20 kg. Dentro del invernadero las bolsas se colocaron en una fila a doble hilera, con un arreglo topológico en tresbolillo a una distancia de 30 cm entre plantas.

Para los sustratos de crecimiento se utilizaron cuatro tipos de vermicompost, éstos se generaron por la acción de lombrices *E. fetida* (Atiyeh *et al.* 2000a, Ndegwa *et al.* 2000, Gunadi y Edwards 2003) sobre los estiércoles de: caballo, cabra, conejo y bovino, por un período de 90 d, durante el cual la humedad de los sustratos se mantuvo aproximadamente al 80 %, aplicando riegos ligeros todos los días, con agua potable, en cada uno de los sustratos (Bansal y Kapoor 2000, Gunadi y Edwards 2003). Las características químicas de los VC se presentan en la Tabla 1, para estas determinaciones se usaron los siguientes métodos: Walkley Black, (MO); Kjeldahl, (Nt); Olsen modificado, (P); Cu, Fe, Zn y Mn, se extrajeron con DTPA y determinados por Absorción atómica, (Perkín Elmer 2380), Ca, Mg y Na, fue por extracto de suelo a saturación y determinado por Absorción atómica, (Perkín Elmer 2380).

Los diferentes VC fueron mezclados en diferentes proporciones con arena de río (AR), en base a porcentaje en volumen, durante el desarrollo del cultivo. Previo al mezclado con los VC, la AR se esterilizó por insolación durante un período de 72 h. También se incluyó un testigo con bolsas rellenas de AR al 100 %, el cual se fertilizó con la aplicación de una solución nutritiva (Tabla 2). Los fertilizantes utilizados para preparar esta solución nutritiva fueron diluidos en 20 L de agua. En total se evaluaron nueve tratamientos (Tabla 3).

El cultivo se condujo a un solo tallo, tutorado con hilo de rafia de nylon, el cual se sujetó a la base de la maceta y se sujetó verticalmente a la estructura del invernadero, de manera similar los frutos se colocaron en bolsas de malla de plástico y se ataron a la estructura para evitar su desprendimiento. Las necesidades hídricas del melón se cubrieron aplicando el agua a través de un sistema automatizado de riego por goteo, de tipo espagueti, con un suministro de $1.65 \text{ L d}^{-1} \text{ maceta}^{-1}$. El agua de riego utilizada se clasificó como C1S1 (bajo en riesgo de salinización y alcalinización) y con una Relación de Absorción de Sodio (RAS) de 2.18, un pH de 8.75 y una CE de 1.05 mS cm^{-1} (Ayers y Westcot 1994).

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial 4×4 con cuatro repeticiones, al factor A le correspondieron las mezclas de VC : AR y al factor B los cuatro tipos de VC. Para determinar el efecto que inducen los tratamientos sobre el desarrollo del melón, se evaluaron las variables: rendimiento, calidad del fruto ([peso (utilizando una báscula digital (Cubis, Sartorius®), contenido de sólidos solubles (determinado en °Brix, con un refractómetro manual (Master-T, ATAGO®), espesor de pulpa, cavidad de la placenta, diámetro polar y ecuatorial, (para estas últimas cuatro variables se utilizó un vernier TRUPER®)] y días a cosecha. Los datos registrados para cada variable se sometieron al análisis de varianza y a la comparación múltiple de medias con la prueba DMS ($p \leq 0.05$), a través del paquete de Diseños Experimentales de Olivares-Sáenz (1993).

RESULTADOS

Del análisis de varianza y de las pruebas de comparación de medias se determinó que los tratamientos evaluados generaron efectos diferenciados sobre las variables evaluadas. Estas diferencias resultaron significativas ($P \leq 0.05$) para los días a cosecha, los diámetros ecuatorial y polar, espesor de la pulpa, peso del fruto y rendimiento. Mientras que para la cavidad de la placenta y el contenido de sólidos solubles no se registraron diferencias significativas (Tabla 4). En la Tabla 4 se aprecia que, en la mayoría de los casos, a mayor contenido de VC, tratamientos T9 a T12 y T13 a T16 (con 35 y 40 % en volumen de VC, respectivamente), dentro del sustrato de crecimiento, los valores registrados en las variables evaluadas superaron, en porcentajes que oscilaron del 1.13 al 41.14 %, a los valores obtenidos en el tratamiento testigo. Lo anterior, independientemente de las materias primas con las que se prepararon los diferentes tipos de VC.

A favor de los resultados obtenidos, es posible resaltar que los valores de los coeficientes de variación (Tabla 4) reflejan un manejo confiable tanto para las metodologías empleadas, como para los procedimientos de evaluación aplicados durante el desarrollo del experimento, ya que el máximo valor del CV se presentó para la variable rendimiento con un valor de 25.96 % y los valores restantes fueron inferiores al 17.41 %.

Debido al comportamiento señalado, con respecto a que las respuestas de las variables evaluadas resultaron similares, independientemente de las materias primas con las que se prepararon los VC, empleados como parte de los sustratos de crecimiento, se determinó repetir, tanto los análisis de varianza como las pruebas de comparación de medias, agrupando los valores registrados en cada una de las variables por nivel de VC. Los resultados de estos análisis se presentan en la Tabla 5, además en esta tabla se aprecia que la mezcla con 40 : 60 de VC : AR generó los valores promedio más elevados para las variables rendimiento de fruto, peso de fruto, diámetros ecuatorial y polar, espesor de la pulpa, cavidad de la placenta, contenido de sólidos solubles y días a cosecha; siendo los siguientes

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

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

VC	Componentes y concentración									
	MO (%)	Nt	P	Cu	Fe	Zn	Mn	Ca	Mg	Na
VCECa	24.74	0.948	2 229.72	1.82	26	12.0	21.2	14.67	0.84	8.43
VCECp	17.28	0.696	963.55	1.64	45	12.2	20.4	14.02	0.77	5.74
VCECo	15.25	0.828	945.73	1.42	15	7.8	24.4	11.17	1.24	25.78
VCEBo	8.61	0.808	673.03	2.26	58	13.8	23.2	16.46	0.72	6.52

VC = vermicompost; ECa = estiércol de caballo; ECp = estiércol de caprino; ECo = estiércol de conejo; EBo = estiércol de bovino.

Tabla 2. Materiales y cantidades utilizados para la preparación de solución nutritiva aplicada al tratamiento testigo, de acuerdo a la etapa de crecimiento del cultivo de melón en condiciones de invernadero.

Table 2. Materials and quantities used to prepare the nutrient solution applied to the control treatment, according to the stage of growth of the muskmelon crops under greenhouse conditions.

Fertilizante	Etapas			
	Establecimiento	Inicio de floración	Floración a cuajado	Cosecha
Nitrato de calcio [Ca(NO ₃) ₂ ; 15.5-0-0 19]	60	420	405	606
Nitrato de Magnesio [Mg(NO ₃) ₂ ; 11-0-0-0-9.6]	20	140	216	312
Nitrato de potasio [KNO ₃ ; 13-0-46]	55	385	495	543
Maxiquel multi [®] FeZnMnB 570 EDDHA	8	28	36	30
Ácido fosfórico [H ₃ PO ₄ ; 85 %; (mL)]	86	240	169	86

VC = vermicompost; ECa = estiércol de caballo; ECp = estiércol de caprino; ECo = estiércol de conejo; EBo = estiércol de bovino.

96.386 t ha⁻¹, 1.688 kg fruto⁻¹, 14.55 cm, 16.73 cm, 3.77 cm, 5.57 cm y 89 d, respectivamente. Mientras que la mezcla 35 : 65 (VC : AR) fue la que favoreció el mayor contenido de sólidos solubles en los frutos de melón con 8.2 °Brix.

DISCUSIÓN

Los efectos diferenciados registrados en las variables evaluadas para todos los tratamientos, se asociaron directamente con los tipos de estiércoles utilizados para la elaboración de los VC, lo cual, de acuerdo con Pérez *et al.* (2008) provoca una gran variabilidad en el contenido de elementos nutritivos (Tabla 1). En este sentido, el hecho de que los valores registrados en las variables evaluadas para el melón superaran a los valores obtenidos en el tratamiento testigo, que recibió la solución nutritiva para cubrir sus requerimientos nutricionales, con-

firma lo establecido por Cruz-Crespo *et al.* (2010) quienes destacan que el VC es un material que se ha convertido en una opción como sustrato para el desarrollo de diversas especies vegetales, gracias a las características que éste confiere al medio de crecimiento y por el aporte de elementos nutritivos, además de que su utilización favorece la disminución del deterioro del ambiente al incrementarse el aprovechamiento de diversos desechos agropecuarios.

Por otro lado, con respecto a los resultados obtenidos cuando se evaluaron los efectos de los niveles de VC aplicados, independientemente de los materiales empleados para su elaboración, se determinó que los valores promedio registrados para las variables en estudio del presente trabajo, se obtuvieron con la mezcla 40 : 60 (VC : AR) la cual duplica a la máxima dosis de VC utilizada en pepino, tomate, petunias, maravillas y crisantemos (Rigle

Tabla 3. Tratamientos evaluados durante el desarrollo del cultivo de melón bajo condiciones de invernadero.

Table 3. Treatments evaluated during the development of muskmelons under greenhouse conditions.

Tratamiento	Tipo de VC	Composición de la mezcla VC - AR (% : % en volumen)	
		VC	AR
T0	-	0	100
T1	VCECa	25	75
T2	VCECp	25	75
T3	VCECo	25	75
T4	VCEBo	25	75
T5	VCECa	30	70
T6	VCECp	30	70
T7	VCECo	30	70
T8	VCEBo	30	70
T9	VCECa	35	65
T10	VCECp	35	65
T11	VCECo	35	65
T12	VCEBo	35	65
T13	VCECa	40	60
T14	VCECp	40	60
T15	VCECo	40	60
T16	VCEBo	40	60

VC = vermicompost; ECa = estiércol de caballo; ECp = estiércol de caprino; ECo = estiércol de conejo; EBo = estiércol de bovino.

1998, Subler *et al.* 1998, Atiyeh *et al.* 2000a, 2000b, 2001), esto probablemente debido a que el melón es una especie vegetal con mayor demanda nutritiva.

El rendimiento promedio de 96.4 t ha⁻¹ de melón, registrado en las plantas que se desarrollaron en la mezcla 40 : 60 (VC : AR), duplicó al rendimiento obtenido por Nava-Camberos y Cano-Ríos (2000) con la misma variedad de melón Crusier. También se superó en un 52.8 % al rendimiento de 45.5 t ha⁻¹, reportado por Fernandes y Testezlaf (2002), bajo condiciones de invernadero con fertirrigación de biofertilizantes organominerales, preparados a partir del enriquecimiento de los abonos orgánicos con fertilizantes minerales, ésta marcada diferencia en el rendimiento, debida al efecto de los VC, probablemente se pueda deber a que estos materiales se utilizaron como componentes de los sustratos de crecimiento y debido a su composición y características químicas lograron satisfacer la demanda nutritiva del melón en desarrollo, lo cual ha sido destacado por diversos autores (Riggie 1998,

Subler *et al.* 1998, Atiyeh *et al.* 2000a, 2000b, 2001).

Sin embargo, las características del fruto, peso, diámetro polar y ecuatorial, espesor de pulpa y sólidos solubles, reportadas por Nava-Camberos y Cano-Ríos (2000) superaron en 35, 5.7, 9.3, 4.75 y 3.6 %, respectivamente, a los valores promedio obtenidos para estas variables en el presente trabajo. Por otra parte, en la Tabla 6 se presentan las diferencias porcentuales entre los valores promedio registrados para el melón en el presente experimento y bajo condiciones de campo, estudio desarrollado por Cano-Ríos *et al.* (2004), determinándose que los valores promedio de peso del fruto, diámetro ecuatorial y cavidad de la placenta fueron superiores en el invernadero, mientras que diámetro polar, espesor de pulpa y sólidos solubles presentaron un comportamiento inverso. El que se hayan presentado estas diferencias refleja que los VC empleados pueden satisfacer la demanda nutritiva del cultivo de melón en desarrollo, pues los sustratos que contenían estos materiales no recibieron aportaciones de fertilizantes

Table 4. Valores promedio, coeficiente de variación, significancia estadística y prueba DMS (5 %) de las variables evaluadas en el cultivo del melón desarrollado en invernadero, en los diferentes tratamientos.

Table 4. Average values, variation coefficient, statistical significance and LSD test (5 %) of the variables evaluated in the muskmelon crops under greenhouse conditions, for the different treatments.

Tratamiento	Rend (t ha ⁻¹)	PF (kg fruto ⁻¹)	DE (cm)	DP (cm)	EP (cm)	CP (cm)	SS (°Brix)	DCo
T0	61.575 ^{cd}	1.496 ^{abcd}	13.78 ^{abc}	15.80 ^{abc}	3.60 ^{bcde}	5.72 ^a	7.4 ^a	89 ^{ab}
T1	58.147 ^d	1.171 ^{de}	12.13 ^{de}	14.26 ^{cdefg}	3.16 ^{cde}	4.8 ^a	8.0 ^a	94 ^{cde}
T2	62.078 ^{cd}	1.036 ^e	11.95 ^e	13.41 ^{efg}	3.09 ^{de}	4.8 ^a	7.9 ^a	103 ^g
T3	62.294 ^{cd}	1.061 ^e	12.12 ^{de}	13.04 ^{fg}	3.11 ^{cde}	4.84 ^a	7.8 ^a	100 ^{fg}
T4	58.528 ^{cd}	1.422 ^{bcd}	13.39 ^{cd}	15.59 ^{abc}	3.34 ^{bcde}	5.14 ^a	8.3 ^a	104 ^g
T5	74.634 ^{bcd}	1.243 ^{de}	13.04 ^{cde}	14.32 ^{cdef}	3.25 ^{bcde}	5.06 ^a	7.1 ^a	95 ^{def}
T6	67.162 ^{cd}	0.933 ^e	11.96 ^e	12.73 ^g	3.03 ^e	4.81 ^a	7.1 ^a	97 ^{efg}
T7	57.776 ^d	1.172 ^{de}	12.83 ^{cde}	13.41 ^{efg}	3.05 ^e	5.05 ^a	8.2 ^a	97 ^{efg}
T8	62.521 ^{cd}	1.236 ^{de}	13.12 ^{cde}	13.69 ^{defg}	3.22 ^{bcde}	5.02 ^a	9.3 ^a	96 ^{def}
T9	69.252 ^{cd}	1.452 ^{abcd}	13.93 ^{abc}	15.20 ^{bcd}	3.68 ^{abc}	4.91 ^a	8.1 ^a	96 ^{def}
T10	83.293 ^{abcd}	1.276 ^{cde}	13.26 ^{cde}	14.95 ^{cde}	3.64 ^{abcde}	5.21 ^a	7.5 ^a	93 ^{bcde}
T11	80.274 ^{abcd}	1.413 ^{bcd}	13.71 ^{bc}	14.92 ^{cde}	3.43 ^{bcde}	5.13 ^a	8.7 ^a	91 ^{bcd}
T12	70.816 ^{bcd}	1.181 ^{de}	12.98 ^{cde}	14.36 ^{cdef}	3.68 ^{abcd}	4.79 ^a	8.6 ^a	90 ^{abc}
T13	104.610 ^a	1.636 ^{ab}	14.09 ^{abc}	16.65 ^{ab}	3.42 ^{bcde}	5.17 ^a	8.6 ^a	90 ^{abc}
T14	97.350 ^{ab}	1.777 ^a	15.14 ^a	16.71 ^{ab}	3.76 ^{ab}	5.65 ^a	8.5 ^a	89 ^{ab}
T15	96.888 ^{ab}	1.734 ^{ab}	14.97 ^{ab}	16.73 ^{ab}	4.25 ^a	5.78 ^a	8.5 ^a	88 ^a
T16	86.697 ^{abc}	1.604 ^{abc}	614.00 ^{abc}	616.82 ^a	3.64 ^{bcde}	5.68 ^a	6.9 ^a	90 ^{abc}
Media	73.759	1.344	13.32	14.86	3.43	5.15	8.03	94.24
CV (%)	25.96	17.41	7.42	7.33	12.05	10.32	13.08	3.34

Rend = rendimiento; PF = peso de fruto; DE = diámetro ecuatorial; DP = diámetro polar; EP = espesor de pulpa; CP = cavidad de la placenta; DCo = días a Cosecha. Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de DMS (5 %).

Table 5. Valores promedio, coeficiente de variación, significancia estadística y prueba DMS (5 %) de las variables evaluadas en el cultivo del melón desarrollado en invernadero, en los diferentes tratamientos.

Table 5. Average values, variation coefficient, statistical significance and LSD test (5 %) of the variables evaluated in the muskmelon crops under greenhouse conditions, for the different treatments.

Tratamiento	Rend (t ha ⁻¹)	PF (kg fruto ⁻¹)	DE (cm)	DP (cm)	EP (cm)	CP (cm)	SS (°Brix)	DCo
25:75	60.262 ^c	1.173 ^c	12.40 ^c	14.08 ^c	3.18 ^b	4.90 ^b	8.0 ^b	100 ^d
30:70	65.523 ^{bc}	1.146 ^c	12.74 ^c	13.54 ^{cd}	3.14 ^b	4.99 ^b	7.9 ^{bc}	96 ^c
35:65	75.909 ^b	1.331 ^b	13.47 ^b	14.86 ^b	3.61 ^a	5.01 ^b	8.2 ^a	93 ^b
40:60	96.386 ^a	1.688 ^a	14.55 ^a	16.73 ^a	3.77 ^a	5.57 ^a	8.1 ^{ab}	89 ^a
Media	74.52	1.3345	13.29	14.8025	3.425	5.1175	8.05	94.5
CV (%)	25.91	16.43	7.09	6.91	11.81	10.72	13.11	2.86

Rend = rendimiento; PF = peso de fruto; DE = diámetro ecuatorial; DP = diámetro polar; EP = espesor de pulpa; CP = cavidad de la placenta; DCo = días a Cosecha. Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de DMS (5 %).

Table 6. Diferencia porcentual de los valores promedio de las características del fruto del melón cv Cruisier.

Table 6. Percentage difference of the average values of the characteristics of the muskmelon cv Cruisier.

Variable	Invernadero	Condiciones de Campo*	Diferencia
Peso de fruto (kg)	1.688	1.339	20.68 ↑
Diámetro ecuatorial (cm)	16.72	13.1	21.65 ↑
Diámetro polar (cm)	14.54	15.1	3.85 ↓
Espesor de pulpa (cm)	3.76	3.94	4.79 ↓
Cavidad de la placenta (cm)	5.61	5.0	10.88 ↑
Sólidos solubles (°Brix)	8.2	11.0	32.5 ↓

VC = vermicompost; ECa = estiércol de caballo; ECp = estiércol de caprino; ECo = estiércol de conejo; EBo = estiércol de bovino.

sintéticos adicionales.

Por otro lado, el nivel de 40 % de VC, independientemente del tipo de estiércol que se utilizó en su preparación, no provocó reducción en la productividad de la planta, a diferencia de lo establecido por Atiyeh *et al.* (2000a, 2000b), quienes reportaron que al sustituir el medio de crecimiento comercial Metro-Mix 360[®] con más del 20 % de VC, preparado de estiércol de cerdo, se redujo la producción de tomate en invernadero, lo cual probablemente pueda deberse a las diferencias fisiológicas y a la demanda nutritiva que presentan ambos cultivos.

Con respecto al contenido de sólidos solubles en los frutos de melón, se registró un promedio de 8.2 °Brix, con la mezcla 35 : 65 (VC : AR), este valor resultó ser ligeramente inferior a los 9 °Brix que se recomienda para los melones clasificados como de buena calidad interna de acuerdo a los indicadores básicos del manejo postcosecha de melón Cantaloupe establecido por Suslow *et al.* (2004). Bajo condiciones de invernadero, los diferentes niveles de las mezclas VC : AR y los diferentes tipos de VC incidieron de forma favorable en el desarrollo del melón, con lo cual se corrobora lo establecido por Atiyeh *et al.* (2000a, 2000b, 2001) quienes señalaron que los VC favorecen el desarrollo de las especies vegetales. Un ejemplo del efecto favorable del VC se presentó sobre la precocidad del cultivo, ya que los frutos de melón obtenidos en la mezclas 40 : 60 y 35 : 65 (VC : AR), independientemente del tipo de VC utilizado, fueron cosechados en promedio a los 91 d después de la siembra (dds), 5 y 9 d,

respectivamente, antes que los frutos desarrollados en las mezclas con los niveles de VC más pequeños 30 - 70 y 25 - 75, respectivamente.

Debido a que bajo condiciones de invernadero se logró realizar la cosecha del melón a los 91 dds, se incrementa la posibilidad de que en estos sistemas de producción se pueda generar un mayor número de cosechas a través del año y fuera de la época normal de producción, igualmente estos sistemas permiten la posibilidad de una mayor eficiencia en el control de plagas y enfermedades, una reducción significativa en las pérdidas de elementos nutritivos por lixiviación y del estrés fisiológico de las especies vegetales, así como un mayor incremento de la productividad y mayor calidad de los productos obtenidos (Vida *et al.* 2004).

CONCLUSIONES

El no haber utilizado fertilizantes sintéticos durante el desarrollo del cultivo y el hecho de que el cultivo del melón lograra completar su ciclo vegetativo, bajo las condiciones de manejo del presente trabajo, permite suponer que los diferentes tipos de VC, debido a sus características físicas, químicas y biológicas, lograron satisfacer la demanda nutritiva de esta especie y por lo tanto se fortalece la idea de que los VC tienen potencial para soportar el desarrollo de las especies vegetales, cuando se emplean como parte de los sustratos de crecimiento. El mayor rendimiento se registró con el VC preparado a partir de estiércol de caballo mientras que la relación 40 : 60 (VC : AR) resultó más adecuada para el

desarrollo del melón, independientemente del tipo de estiércol utilizado para la elaboración del VC.

AGRADECIMIENTO

El proyecto Producción de hortalizas en invernadero con vermicompost disminuyendo el consumo de agua con clave: 02-03-1502-2905, de donde

se derivó el presente trabajo fue financiado por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Un agradecimiento muy especial al Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología (COECYT) del estado de Coahuila de Zaragoza por haber aceptado el presente proyecto dentro del Programa Beca Tesis de Licenciatura.

LITERATURA CITADA

- Álvarez-Solís JD, Gómez-Velasco DA, León-Martínez NS, Gutiérrez-Miceli FA (2010) Manejo integrado de fertilizantes y abonos orgánicos en el cultivo de maíz. *Agrociencia* 44(5): 575-586.
- Atiyeh RM, Arancon N, Edwards CA, Metzger JD (2000a) Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. *Bioresource Technology* 75: 175-180.
- Atiyeh RM, Subler S, Edwards CA, Bachman G, Metzger JD, Shuster W (2000b) Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiologia* 44: 579-590.
- Atiyeh RM, Edwards CA, Subler S, Metzger JD (2001) Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. *Bioresource Technology* 78:11-20.
- Atiyeh RM, Lee S, Edwards CA, Arancon NQ, Metzger JD (2002) The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresource Technology* 84: 7-14
- Ayers RS, Westcot DW (1994) Water quality for agriculture. FAO Irrigation and drainage paper 29 Rev. 1. FAO. Rome. 174 p.
- Bansal S, Kapoor KK (2000) Vermicomposting of crop residues and cattle dung with *Eisenia foetida*. *Bioresource Technology* 73: 95-98.
- Brown GG, Barois I, Lavelle P (2000) Regulation of soil organic matter dynamics and microbial activity in the drilosphere and the role of interactions with other edaphic functional domains. *European Journal of Soil Biology*. 36:177-198.
- Cano-Ríos P, Theran-Kruger KE, Esparza-Martínez JH (2004) Calidad de fruta de híbridos de melón reticulado (*Cucumis melo* L.) bajo condiciones de La Comarca Lagunera. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas* 3(2): 123-130
- Chirinos J, Leal Á, Montilla J (2006) Uso de Insumos Biológicos como Alternativa para la Agricultura Sostenible en la Zona Sur del Estado Anzoátegui *Revista Digital CENIAP HOY* (11): 1-7. http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/ceniaphoy/articulos/n11/pdf/chirinos_j.pdf. Fecha de consulta 5 de agosto de 2007.
- Cruz-Crespo E, Sandoval-Villa M, Volke-Haller V, Ordaz-Chaparro V, Tirado-Torres JL, Sánchez-Escudero J (2010) Generación de mezclas de sustratos mediante un programa de optimización utilizando variables físicas y químicas *Terra Latinoamericana* 28(3): 219-229.
- Cruz-Rodrigues V, De Almeida-Theodoro VC, De Andrade IF, Neto AI, Do Nascimento-Rodrigues V, Villa-Alves F (2003) Produção de minhocas e composição mineral do vermicomposto e das fezes procedentes de bubalinos e bovinos. *Ciência e Agrotecnologia, Lavras* 27: 1409-1418.

- De Gante-Cabrera VH (2013) La lombricultura: alternativa a la disposición final de residuos domiciliarios. Elementos 89: 43-46.
- Durán-Umaña L, Henríquez-Henríquez C (2007) Caracterización química, física y microbiológica de vermicompostes producidos a partir de cinco sustratos orgánicos. Agronomía Costarricense 31(1): 41-51.
- Fernandes ALT, Testezlaf R (2002) Fertirrigação na cultura do melão em ambiente protegido, utilizando fertilizantes organominerais e químicos. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 6: 45-50
- Gómez-Brandón M, Lazcano C, Lores M, Domínguez J (2010) Papel de las lombrices de tierra en la degradación del bagazo de uva: efectos sobre las características químicas y la microflora en las primeras etapas del proceso. Acta Zoológica Mexicana 2 (Número Especial): 397-408.
- Gunadi B, Edwards CA (2003) The effects of multiple applications of different organic wastes on the growth, fecundity and survival of *Eisenia fetida* (Savigny) (Lumbricidae). Pedobiologia 47(4): 321-330.
- López-Martínez JD, Gallegos-Robles M, Serrato-C JS, Valdez-Cepeda RD, Martínez-Rubin E (2002) Producción de algodónero transgénico fertilizado con abonos orgánicos y control de plagas. Terra 20: 321-327.
- Nava-Camberos U, Cano-Ríos P (2000) Umbral económico para la mosquita blanca de la hoja plateada en melón en La Comarca Lagunera, México. Agrociencia 34(2): 227-234.
- Ndegwa PM, Thompson SA, Das KE (2000) Effects of stocking density and feeding rate on vermicomposting of biosolids. Bioresource Technology 71: 5-12.
- Ndegwa PM, Thompson SA (2000) Effects of C-to-N ratio on vermicomposting of biosolids. Bioresource Technology 75: 7-12.
- 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 de Chile (*Capsicum annuum* L.) en zonas áridas. Interciencia 27: 417-421.
- Olivares-Sáenz E (1993) Paquete de Diseños experimentales FAUANL. Versión 2.4. Facultad de Agronomía UANL. Marín, N. L. México.
- Pérez A, Céspedes C, Núñez P (2008) Physical, chemical and biological characterization of applied organic amendments in crop production in Dominican Republic. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 8 (4): 10-29.
- Porter-Humpert C (2000) New trends in sustainable farming build compost use. BioCycle 41: 30-35.
- Pretty J, Sutherland WJ, Ashby J, Auburn J, Baulcombe D, Bell M, et al. (2011) Las cien preguntas más importantes para el futuro de la agricultura global. International Journal of Agricultural Sustainability 9(1): 1-20.
- Riggle D (1998) Vermicomposting research and education. BioCycle 39: 54-56.
- Schmidt Jr RH (1989) The arid zones of Mexico: climatic extremes and conceptualization of the Sonoran Desert. Journal of Arid Environments 16: 241-256.
- Subler S, Edwards CA, Metzger JD (1998) Comparing vermicomposts and composts. BioCycle 39: 63-66.
- Suslow TV, Cantwell M, Mitchell J (2004) Melón Cantaloupe: (Chino o de Red) Recomendaciones para Mantener la Calidad Postcosecha. Postharvest Technology Research Information Center. 4 p. <http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/ProduceFacts/Espanol/MelonCantaloupe.shtml>. Fecha de consulta 8 de febrero de 2007.

Vida JB, Zambolim L, Tessmann DJ, Brandão-Filho JUT, Verzignassi JR, Caixeta MP (2004) Manejo de doenças de plantas em cultivo protegido. *Fitopatologia Brasileira* 29: 355-372.