

# EMPLEO DE VERMICOMPOST EN LA PRODUCCIÓN DE FRUTOS

## DE MELÓN Y SU CALIDAD NUTRACÉUTICA

Domingo Jairo Sánchez Hernández, Manuel Fortis Hernández, Juan Ramón Esparza Rivera, Juan Carlos Rodríguez Ortiz, Efraín de la Cruz Lazaro, Esteban Sánchez Chávez y Pablo Preciado Rangel

### RESUMEN

La creciente inquietud de la opinión pública acerca de los efectos negativos de las actividades agrícolas sobre el medio ambiente ha orientado la producción de cultivos hacia una manera sustentable. Particularmente preocupante es el manejo de la fertilización; al respecto, el vermicompost es un abono orgánico que ha adquirido creciente importancia como fuente de nutrientes y como componente del sustrato en la horticultura protegida. El objetivo del presente estudio fue determinar la proporción vermicompost/arena capaz de incrementar el rendimiento y la calidad nutraceutica de frutos de melón producidos en invernadero. Se evaluó la fertilización en base

a las siguientes proporciones: 15/85, 30/70, 45/55, y 60/40. En promedio, las mayores proporciones de vermicompost presentaron un adecuado estado nutrimental, así como un incremento en el rendimiento ( $6,21\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ) en relación al uso de menores proporciones ( $4,92\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ) y un incremento del 27% en la calidad nutraceutica de los frutos. El empleo del vermicompost constituye una alternativa ambientalmente amigable en la producción comercial orgánica de melón en invernadero, ya que se disminuye el uso de los insumos inorgánicos. Además, el incremento en el precio de los productos orgánicos mejora la relación costo beneficio.

### Introducción

La producción hortícola en sistemas protegidos es una alternativa a la producción tradicional en campo, especialmente en cultivos altamente redituables (Pardossi *et al.*, 2002). Estos sistemas de producción bajo ambiente protegido han demostrado obtener mayor rendimiento y calidad, haciendo un uso eficiente de los recursos tales como los fertilizantes y el agua (Ojodeagua *et al.*, 2008). Sin embargo, para mantener los altos niveles de producción es necesario la utilización de una gran cantidad de agroquímicos, especialmente de fertilizantes inorgánicos que juegan un papel preponderante en el rendimiento (Rashid y Khan,

2008), aspecto que incrementa los costos de producción y afecta de forma negativa el medio ambiente y la salud humana (Otero *et al.*, 2005).

Ante esta situación, la búsqueda de sistemas de producción sustentables que reduzcan los costos de producción sin disminuir el rendimiento y la calidad ha motivado la adopción de prácticas orgánicas en los cultivos sin suelo (Grigatti *et al.*, 2007). Así, se plantea la reutilización de subproductos de la industria agropecuaria que al ser sometidos a algún tipo de tratamiento pueden ser utilizados como sustratos (Zaller, 2007). Esta práctica es de creciente interés debido a su bajo costo y al impacto favorable en el ambiente; debido a que se

utilizan materiales desechados cuyo manejo en muchos casos resulta problemático y son una fuente potencial de contaminación. Por otro lado, los consumidores ya no solo se interesan en la apariencia de los productos, sino en la manera como fueron cultivados, en su inocuidad y de su contenido nutricional (Wang, 2006), y también si contienen compuestos bioactivos o nutraceuticos capaces de prevenir enfermedades crónico-degenerativas y restaurar funciones fisiológicas para un adecuado funcionamiento del organismo (Llacuna y Mach, 2012).

En este sentido, la producción orgánica en invernadero es una alternativa sustentable para la creciente demanda de

productos de alta calidad, ya que los productos obtenidos presentan mayor contenido de ácido ascórbico, compuestos fenólicos, azúcares y compuestos antioxidantes (Guerrero *et al.*, 2010; Hallmann y Rembiałkowska, 2012). Entre los diferentes materiales de tipo orgánico generados de la industria agropecuaria que se utilizan como sustratos se encuentra el vermicompost, el cual en los últimos años ha adquirido mayor importancia debido a su efecto favorable sobre el crecimiento y rendimiento de diversos cultivos (Tringovska y Dintcheva, 2012). El vermicompost posee propiedades físicas, químicas y biológicas que mejoran el medio de crecimiento y aportan nutrientes (Zaller, 2007). No

### PALABRAS CLAVE / Compuestos Bioactivos / *Cucumis melo* L / Melón / Sustratos Orgánicos / Vermicompost /

Recibido: 12/01/2015. Modificado: 16/02/2016. Aceptado: 17/02/2016.

**Domingo Jairo Sánchez Hernández.** Estudiante de Maestría en Ciencias en Suelos. Instituto Tecnológico de Torreón (ITTorreón), México.

**Manuel Fortis Hernández.** Doctor en Ciencias en Manejo Sustentable de los Recursos Naturales, Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), México. Profesor Investigador, ITTorreón, México.

**Juan Ramón Esparza Rivera.** Ph.D. en Ciencias de los Alimentos y Nutrición Humana. Colorado State University, EEUU. Profesor Investigador, UJED, México.

**Juan Carlos Rodríguez Ortiz.** Doctor en Ciencias en Producción Agrícola. Universidad Autónoma de Nuevo León. Profesor Investigador, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México.

**Efraín de la Cruz Lazaro.** Doctor en Ciencias en Fitomejoramiento, Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Profesor-Investigador, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México.

**Esteban Sánchez Chávez.** Doctor en Ciencias en Fisiología Vegetal, Universidad de Granada, España. Investigador, Centro de Investigación en

Alimentación y Desarrollo. Delicias, México.

**Pablo Preciado Rangel.** Doctor en Ciencias en Edafología, Colegio de Postgraduados, México. Profesor Investigador, ITTorreón, México. Dirección: Carretera Torreón-San Pedro Km 7.5, Ejido Ana, Torreón, Coahuila, C.P. 27170. México. e-mail: ppreciador@yahoo.com.mx.

# USE OF VERMICOMPOST IN THE PRODUCTION OF MELON FRUITS AND THEIR NUTRACEUTICAL QUALITY

Domingo Jairo Sánchez Hernández, Manuel Fortis Hernández, Juan Ramón Esparza Rivera, Juan Carlos Rodríguez Ortiz, Efraín de la Cruz Lazaro, Esteban Sánchez Chávez and Pablo Preciado Rangel

## SUMMARY

The increasing concern of public opinion regarding the negative impact of agricultural practices on the environment has oriented the production of this crop to be established in a sustainable manner. Particular concern exists about the fertilization issue. In this regard, vermicompost is an organic fertilizer that has acquired importance as a nutrient supply as well as a substrate component in protected horticulture. The aim of this study was to determine the vermicompost/sand proportion capable of increasing yield and nutraceutical quality of melon fruits produced under greenhouse conditions. We evaluated the fertiliza-

tion applied using the following vermicompost/sand rates: 15/85, 30/70, 45/55, and 60/40. Overall, the highest vermicompost rates provided an adequate nutrimental status, in addition to a yield increase ( $6,21\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ) when compared to the lowest vermicompost rates ( $4,92\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ), and also caused an increase of 27% in the nutraceutical quality in fruit. The use of vermicompost is an environmentally friendly alternative for commercial organic production of melon under greenhouse conditions since it decreases the use of inorganic fertilizers. Also, the price increase of organic produce improves the cost-benefit rate.

## USO VERMICOMPOSTO NA PRODUÇÃO E QUALIDADE DE NUTRACEUTICAL MELÃO

Domingo Jairo Sánchez Hernández, Manuel Fortis Hernández, Juan Ramón Esparza Rivera, Juan Carlos Rodríguez Ortiz, Efraín de la Cruz Lazaro, Esteban Sánchez Chávez e Pablo Preciado Rangel

## RESUMO

A crescente preocupação da opinião pública sobre o impacto negativo das práticas agrícolas sobre o ambiente tem orientado a produção agrícola a ser estabelecido de forma sustentável. Particularmente em relação a questão é a fertilização, e em relação de vermicompostagem que é um adubo orgânico que tem adquirido importância como um fornecimento de nutrientes, bem como um componente de substrato em horticultura protegida. O objetivo deste estudo foi determinar o vermicomposto: proporção de areia capaz de aumentar a produtividade e qualidade nutracêutica de frutos de melão produzidas em casa de vegetação. Avaliou-se a adubação usando

essas taxas vermicomposto/areia: 15/85, 30/70, 45/55 e 60/40. Em geral, as maiores taxas lombricompost desde o estado nutricional adequado, além de provocar um aumento de rendimento ( $6,21\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ) em comparação com o uso das taxas mais baixas lombricompost ( $4,92\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ), e também causou um aumento de 27% de qualidade nutracêutica na fruta. O uso de vermicomposto é uma alternativa ecológica para a produção biológica comercial de melão em condições de estufa, uma vez que diminui o uso de fertilizantes inorgânicos. Além disso, o aumento do preço dos produtos orgânicos melhora a taxa de custo-benefício.

obstante, los sustratos realizados con materiales orgánicos pueden presentar algunas limitaciones en función de su procedencia, como puede ser la elevada salinidad; por ello es necesario realizar mezclas con materiales inertes que diluyan el contenido de sales en la mezcla final (Illera *et al.*, 2012), modificando así las condiciones de crecimiento de las plantas. Bajo esta perspectiva, el objetivo del presente trabajo fue evaluar diferentes proporciones de vermicompost y arena sobre el rendimiento y la calidad nutracéutica del fruto de melón producido en invernadero.

## Materiales y Métodos

El estudio fue establecido bajo condiciones de invernadero con enfriamiento automático en el Instituto Tecnológico

de Torreón, Coahuila, México, localizado entre las coordenadas  $25^{\circ}36'36,54''\text{N}$  y  $103^{\circ}22'32,28''\text{O}$  y a 1123msnm.

Los tratamientos evaluados fueron mezclas de vermicompost (VC) con el medio inerte, arena de río (A), a diferentes porcentajes: 15/85, 30/70, 45/55 y 60/40 (VC/A, % en volumen). La Tabla I muestra el análisis del vermicompost utilizado. La arena de río se lavó y esterilizo con una solución al 5% de hipoclorito de sodio y se secó al ambiente por tres días.

Como material vegetal se utilizó el híbrido de melón (*Cucumis melo* L) cv Crusier (Harris Moran<sup>®</sup>). La siembra directa se realizó colocando una semilla por maceta consistente en bolsas de polietileno negro calibre 500 tipo vivero de 20kg de capacidad. Las macetas fueron colocada en una fila a doble hilera, en un arreglo a tresbolillo con una densidad de 6 plantas/ $\text{m}^2$ . Los tratamientos tuvieron 15 repeticiones (una maceta por repetición), distribuidas

en un diseño completamente al azar.

Se utilizó un sistema de riego por goteo para aplicar tres riegos diarios con un volumen promedio de 1,5l/día/maceta. Las plantas fueron podadas a un tallo y posteriormente fueron tutorados con rafia de polipropileno, sujetando uno de los extremos en la base del tallo y el otro a un alambre que se aseguró a la estructura metálica del invernadero. La polinización fue realizada por abejas

TABLA I  
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL VERMICOMPOST (PESO SECO) EVALUADO COMO MEDIO DE CRECIMIENTO EN EL CULTIVO DE MELÓN

	pH <sup>‡</sup>	C.E.	M.O.	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
		(dS $\text{m}^{-1}$ )	(%)									
VC	8,20	6,18	8,5	32,1	54,67	461,0	39,85	1,60	1,28	4,36	0,92	1,37

Estos valores están sujetos a variación en función del tipo de residuo orgánico.

que fueron introducidas al invernadero durante el período de aparición de las flores hermafroditas.

Durante la floración, en cuatro hojas sanas y completamente desarrolladas de seis unidades experimentales de cada tratamiento se cuantificaron: la clorofila con un medidor portátil SPAD-502 (Minolta, Japan), la concentración de  $N-NO_3^-$  en el extracto celular de peciolas mediante un ionómetro marca Horiba (Spectrum Technologies) modelo C-141, y el contenido de nitrógeno (NT) por el método de microKjeldahl.

La cosecha se realizó en 10 plantas tomando un fruto de cada planta cuando los frutos se desprendían del pedúnculo. En esos frutos se cuantificaron: peso promedio de fruto, tamaño de fruto (diámetros polar y ecuatorial), espesor de pulpa, índice refractométrico en °Brix con un refractómetro manual de 0 a 32% (Atago® Master 2311). La firmeza de la pulpa se midió utilizando un penetrómetro Extech (FHT200) utilizando un émbolo de 8mm de diámetro, para lo cual se removió una porción de 2cm<sup>2</sup> de cáscara en lados opuestos de la fruta, reportándose el promedio de las dos mediciones en Newton.

La calidad nutracéutica se obtuvo en cuatro frutos seleccionados al azar de cada tratamiento, realizando el siguiente procedimiento:

**Obtención de extractos.** Muestras de 5g de pulpa de melón fresco molida fueron mezcladas en 10ml de metanol en tubos de plástico con tapa de rosca, colocados en agitador rotatorio (ATR Inc) durante 6h a 20rpm a 5°C. Los tubos con la mezcla fueron luego centrifugados a 3000rpm durante 10min, y el sobrenadante extraído para su análisis.

**Contenido de fenólicos totales.** El contenido fenólico total se midió mediante una modificación del método Folin-Ciocalteu (Esparza *et al.*, 2006). Se mezclaron 30µl de muestra con 270µl de agua destilada en un tubo de ensayo

y se agregó 1,5ml de reactivo Folin-Ciocalteu (Sigma-Aldrich) diluido (1:15), agitando en vórtex durante 10s. Después de 5min se añadieron 1,2ml de carbonato de sodio (7,5% p/v) agitándose durante 10s. La solución fue colocada en baño maría a 45°C por 15min y luego se dejó enfriar a temperatura ambiente. La absorbancia de la solución fue leída a 765nm en un espectrofotómetro HACH 4000. El contenido fenólico se calculó mediante una curva patrón usando ácido gálico (Sigma) como estándar, y los resultados se reportaron en mg de ácido gálico equivalente por g de muestra base fresca (mg equiv AG/g BF).

**Capacidad antioxidante equivalente en Trolox (método DPPH<sup>+</sup>).** La capacidad antioxidante se evaluó de acuerdo al método *in vitro* DPPH<sup>+</sup>, empleando una modificación del método publicado por Brand-Williams (1995). Una solución de DPPH<sup>+</sup> (Aldrich) fue preparada en metanol, ajustando la absorbancia a 515nm en 1,100 ±0,010. Para la determinación de la capacidad antioxidante se mezclaron 50µl de muestra y 950µl de solución DPPH<sup>+</sup>, y después de 3min de reacción se leyó la absorbancia de la mezcla a 515nm. Se preparó una curva estándar con Trolox (Aldrich) y los resultados se reportaron como capacidad antioxidante equivalente en µM equivalente en Trolox por g base fresca (µM equiv Trolox/g BF).

**Capacidad antioxidante equivalente en Trolox (método ABTS<sup>+</sup>).** La capacidad

antioxidante equivalente en Trolox se evaluó de acuerdo al método *in vitro* ABTS<sup>+</sup> publicado por Esparza *et al.* (2006). Una solución de ABTS<sup>+</sup> con 40mg de ABTS (Aldrich) y 1,5g de dióxido de manganeso (Fermont) fue preparada en 15ml de agua destilada. La mezcla fue agitada vigorosamente y se dejó reposar cubierta durante 20min. Luego se filtró en papel Whatman 40 (GE Healthcare) y la absorbancia a 734nm se ajustó en 0,700 ±0,010 utilizando solución fosfato buffer 5Mm. Para la determinación de capacidad antioxidante se mezclaron 100µl de muestra y 1ml de solución ABTS<sup>+</sup>, y después de 60 y 90s de reacción se leyó la absorbancia a 734nm. Una curva estándar con Trolox (Aldrich) fue preparada y los resultados se reportaron como capacidad antioxidante equivalente en µM equivalente en Trolox por g base fresca (µM equiv Trolox/g BF).

Los resultados obtenidos fueron analizados mediante análisis de varianza y la comparación de medias mediante la prueba de Tukey (p≤0,05).

## Resultados y Discusión

### Rendimiento de frutos

El peso de los frutos por planta es un importante componente del rendimiento en los cultivos (Casierra *et al.*, 2007). La variación en la proporción vermicompost/arena (VC/A) provocó diferencias significativas (p≤0,05) en el rendimiento, siendo en los tratamientos con las relaciones 45/55 y 60/40 donde se presentaron los

valores más altos (Tabla II). Estos resultados contradicen a lo indicado en algunos estudios que indican un mejor desarrollo y rendimiento del cultivo al utilizar cantidades <30% de vermicompost como componente del sustrato (Moreno *et al.*, 2008). Los rendimientos obtenidos al emplear proporciones >30% podrían ser resultado de mejores propiedades físicas del sustrato (Hernández *et al.*, 2008) y la liberación gradual de nutrientes (Ao *et al.*, 2008), lo que llevó a una buena nutrición del cultivo (Tabla IV), así como a la presencia de hormonas naturales como bioestimuladores y reguladores de crecimiento y ácidos húmicos, generados por microorganismos capaces de producir auxinas, citoquininas y giberelinas (Azarmi *et al.*, 2008; Mahmoud *et al.*, 2009).

Considerando que cada especie cultivada responde de manera diferencial a las dosis de vermicompost, no existe una proporción única (Lazcano *et al.*, 2009), ya que dependiendo de su origen y proporción en el medio de crecimiento, será la capacidad para mejorar las propiedades físicas, químicas y nutrir al cultivo (Chaoui *et al.*, 2003). El peso de los frutos obtenidos en la presente investigación disminuyó 17,76% en comparación con el peso de los frutos obtenidos con soluciones nutritivas convencionales (Melo *et al.*, 2011); no obstante, esta disminución en el rendimiento puede ser compensada por el incremento del 30% que tienen en el precio los productos orgánicos (de Ponti *et al.*, 2012). Con lo anterior se demuestran los

TABLA II  
RENDIMIENTO, PESO DE FRUTO, DIÁMETRO, GROSOR, SOLIDOS SOLUBLES Y FIRMEZA DE FRUTOS DE MELÓN POR EFECTO DE LAS DIFERENTES PROPORCIONES DE VERMICOMPOST/ARENA (VC/A)

Tratamiento	Rendimiento m <sup>2</sup>	Peso de fruto (kg)	Diámetro		Grosor	Solidos solubles (°Brix)	Firmeza N
			polar	ecuatorial	pulpa		
------(cm)-----							
15/85	4,62 b	0,77 b <sup>†</sup>	11,342 b	9,771 b	2,600 b	7,5 b	15,06 b
30/70	5,22 b	0,87 b	12,200 ab	10,328 b	2,785 b	7,5 b	17,47 b
45/55	6,42 a	1,07 a	13,200 a	11,100 a	2,966 ab	8,0 a	18,75 b
60/40	6,00 a	1,00 a	12,820 a	10,640 ab	3,140 a	8,2 a	25,26 a

Valores con letras iguales dentro de cada columna son similares estadísticamente (Tukey p≤0,05).

beneficios de emplear el vermicompost como componente del sustrato, con la ventaja adicional de obtener frutos inocuos y buenos rendimientos, además de que así es posible disminuir el uso de los fertilizantes inorgánicos, los costos de producción y contribuir a la preservación del ambiente.

#### Diagnostico nutrimental

La nutrición es uno de los principales factores que influyen sobre el rendimiento y calidad de los cultivos, por lo tanto es muy importante conocer el estado nutricional de la planta para detectar excesos o déficit de nutrientes y aplicar con ello correctivos. Los diferentes tratamientos mostraron diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) en la concentración de N en las hojas del cultivo de melón (Tabla IV), obteniendo las mayores concentraciones de nitrógeno los tratamientos con proporciones  $>30\%$  de vermicompost. Los valores adecuados de N foliar son de 3,5-4,5% (Hochmuth, 1992) y únicamente la relación 60/40 (VC/A) se ubicó dentro de ese intervalo.

Las lecturas SPAD presentaron un comportamiento similar al del N, es decir, a mayor contenido de vermicompost, mayor contenido de clorofila. Este mayor contenido de clorofila pudiera estar en relación directa con una mayor disponibilidad de nitrógeno en el medio de crecimiento (Colla *et al.*, 2010). Proporciones  $<30\%$  de vermicompost estuvieron acompañadas de lecturas bajas SPAD, concluyéndose que la demanda de N por la planta no fue satisfecha con tales niveles de vermicompost.

La concentración de  $N-NO_3^-$  en el extracto celular refleja la capacidad de suministro de nitrógeno del medio de crecimiento, sin importar el sistema de producción ya sea orgánico o convencional (Altamimi *et al.*, 2013). El análisis del extracto celular de peciolas mostró diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) en cuanto a la

concentración de  $N-NO_3^-$ . La mayor concentración correspondió al tratamiento con la relación de 60/40 (Tabla IV), encontrándose dentro del intervalo indicado como adecuado; mientras que el resto de los tratamientos resultan en el intervalo de deficiencia para el cultivo de melón (Hochmuth, 1994).

#### Calidad comercial y nutracéutica de los frutos

Las características más importantes de un fruto de melón cosechado y enviado al mercado para consumo incluyen el tamaño, los grosores del epicarpo y mesocarpo y la dulzura, ya que estos parámetros determinan la selección final por el consumidor (Mata y Méndez, 2009). Las diferentes proporciones VC/A resultaron en diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) en algunos parámetros de calidad tales como el grosor de pulpa, diámetros polar y ecuatorial, y firmeza (Tabla II). Las mayores proporciones de vermicompost en el medio de crecimiento produjeron frutos de mayor tamaño, espesor de pulpa, sólidos solubles totales y firmeza; la importancia del grosor del mesocarpo radica en que es la parte comestible del fruto, está relacionada con el peso del fruto (Tabla II), proporciona resistencia al transporte e incrementa la vida útil (Coelho *et al.*, 2003).

Los incrementos de vermicompost en el sustrato están acompañados de un aumento de salinidad del medio radical (Illera *et al.*, 2012) y traen consigo un incremento en el espesor y la firmeza de pulpa (Botía *et al.*, 2005), factores que mejoran la aceptación de los frutos de melón por parte del consumidor, ya que estos prefieren pulpas grandes y firmes antes que blandas y acuosas (Ribas *et al.*, 2003). Los valores óptimos de firmeza para melón Cantaloupe son de 23,6N (Silva *et al.*, 2005). Otro indicador de calidad importante de los frutos de melón es el contenido de sólidos solubles, teniendo la mayor

TABLA III  
CONTENIDO FENÓLICO Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE TOTAL DE FRUTOS DE MELÓN PRODUCIDO EN DIFERENTES PROPORCIONES VC/A

Tratamientos	Contenido fenólico <sup>1</sup>	Capacidad antioxidante	
		ABTS <sup>2</sup>	DPPH <sup>2</sup>
15/85	4,64 b	312,7 a	152,2 ab
30/70	3,97 b	219,1 b	119,2 b
45/55	4,86 b	316,7 a	171,1 a
60/40	6,70 a	329,2 a	172,9 a

<sup>1</sup> Datos expresados como mg equivalente en ácido gálico por 100/g BF.

<sup>2</sup> Datos expresados como  $\mu M$  equivalente en Trolox por 100/g BF.

Valores seguidos de diferente letra en una columna son significativamente diferentes (Tukey  $p < 0,05$ ).

aceptación aquellos frutos que presentan entre 8 y 10°Brix (Mata y Méndez, 2009). Los sólidos solubles de la pulpa de melón fueron afectados por el porcentaje de vermicompost en el sustrato, lo cual es atribuido a la mayor salinidad en los sustratos  $>30\%$  de vermicompost, lo que mejoró la calidad del fruto (Gutiérrez-Miceli *et al.*, 2007).

En relación con la calidad nutracéutica, los resultados indicaron que las diferentes relaciones de VC/A evaluadas en el experimento provocaron que las frutas de melón exhibieran diferencias significativas en el contenido fenólico y la capacidad antioxidante (Tukey  $p \leq 0,05$ , Tabla III), obteniendo los valores más altos los frutos producidos en sustratos con proporciones  $>30\%$  de vermicompost, lo que probablemente sea atribuible a la mayor salinidad en el medio radical (Illera *et al.*, 2012).

La salinidad causada por el vermicompost disminuye la absorción de agua y de nutrientes, estrés que afecta al metabolismo de la planta y mejora la calidad nutracéutica de los frutos (Nur *et al.*, 2013). Otro factor que pudo contribuir a las variaciones en la calidad nutracéutica de los frutos fue la baja disponibilidad de nitrógeno en los sustratos con 15 y

30% de vermicompost. Se ha reportado que en los sistemas intensivos de producción regularmente no existen factores estresantes para los cultivos, por lo cual los productos hortícolas presentan menor calidad nutracéutica (Zhao *et al.*, 2009). Por otra parte, en los sistemas orgánicos de producción los cultivos se encuentran bajo algún tipo de estrés, lo que promueve en la planta mecanismos de defensa incluyendo la producción de antioxidantes (Winter y Davis, 2006).

#### Conclusiones

Los resultados obtenidos en el presente estudio permiten concluir que la utilización de vermicompost como complemento del sustrato produjo diferencias significativas en rendimiento y calidad de los frutos de melón, así como en la nutrición del cultivo. Las proporciones 45/55 y 60/40 de vermicompost/arena presentaron el mayor rendimiento y

TABLA IV  
VALORES DE LECTURAS SPAD, CONTENIDO DE NITRATOS EN EL EXTRACTO CELULAR DE PECIOLOS Y NITRÓGENO TOTAL EN HOJAS DE MELÓN, EN FUNCIÓN DE LA PROPORCIÓN VC/A EN EL SUSTRATO

Tratamiento	SPAD	$N-NO_3^-$ ( $mg \cdot l^{-1}$ )	NT (%)
15/85	37,03 b	377,27 c	2,26 c
30/70	40,20 ab	529,54 c	3,18 b
45/55	42,23 ab	934,84 b	3,32 b
60/40	45,33 a	1263,63 a	4,03 a

Valores con letras iguales dentro de cada columna son similares estadísticamente (Tukey  $p \leq 0,05$ ).

calidad comercial y nutracéutica de los frutos de melón; mientras que dosis <30% no logran satisfacer la demanda nutricional del cultivo, por lo que se obtiene menor rendimiento y calidad de frutos. El uso del vermicompost representa una alternativa viable para ser utilizada como fuente de nutrientes y medio de desarrollo para el cultivo de melón en invernadero, contribuyendo a la preservación del medio ambiente al disminuir la dependencia de los fertilizantes inorgánicos.

## REFERENCIAS

- Altamimi ME, Janke RR, Williams KA, Nelson NO, Murray LW (2013) Nitrate-nitrogen sufficiency ranges in leaf petiole sap of *Brassica oleracea* L., pac choy grown with organic and conventional fertilizers. *HortScience* 48: 357-368.
- Ao Y, Sun M, Li Y (2008) Effect of organic substrates on available elemental contents in nutrient solution. *Bioresource Technol.* 99: 5006-5010.
- Azarmi R, Sharifi ZP, Satari M (2008) Effect of vermicompost on growth, yield and nutrient status of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Pak. J. Biol. Sci.* 1: 1797-1802.
- Botía P, Navarro JM, Cerdá A, Martínez V (2005) Yield and fruit quality of two melon cultivars irrigated with saline water at different stages of development. *Eur. J. Agron.* 23: 243-253.
- Casierra PF, Cardozo MC, Cárdenas-Hernández JF (2007) Análisis del crecimiento en frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivados bajo invernadero. *Agron. Col.* 25: 299-305.
- Coelho EL, Fontes PCR, Finger FL (2003) Qualidade do fruto de melão rendilhado em função de doses de nitrogênio. *Bragantia* 62: 173-178.
- Colla G, Suárez CMC, Cardarelli M, Roupael Y (2010) Improving nitrogen use efficiency in melon by grafting. *HortScience* 45: 559-565.
- Chaoui HI, Zibilske LM, Ohno T (2003) Effects of earthworm casts and compost on soil microbial activity and plant nutrient availability. *Soil Biol. Biochem.* 35: 295-302.
- de Ponti T, Rijk B, van-Ittersum MK (2012) The crop yield gap between organic and conventional agriculture. *Agric. Syst.* 108: 1-9.
- Esparza RJR, Stone MB, Stushnoff C, Pilon-Smits E, Kendall PA (2006) Effects of ascorbic acid applied by two hydrocooling methods on physical and chemical properties of green leaf lettuce stored at 5°C. *J. Food Sci.* 71: 270-276.
- Grigatti M, Giorgioni ME, Ciavatta C (2007) Compost-based growing media: Influence on growth and nutrient use of bedding plants. *Bioresource Technol.* 98: 3526-3534.
- Guerrero JC, Ciampi LP, Castilla AC, Medel FS, Schalchli HS, Hormazabal EU, Bensch ET, Alberdi ML (2010) Antioxidant capacity, anthocyanins, and total phenols of wild and cultivated berries in Chile. *Chil. J. Agric. Res.* 70: 537-544.
- Gutiérrez-Miceli FA, Santiago-Borraz J, Montes MJA, Nafate CC, Abud-Archila M, Olivallaven MA, Rincón-Rosales R, Dendooven L (2007) Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Bioresource Technol.* 98: 2781-2786.
- Hallmann E, Rembiałkowska E (2012) Characterisation of antioxidant compounds in sweet bell pepper (*Capsicum annuum* L.) under organic and conventional growing systems. *J. Sci. Food Agric.* 92: 2409-2415.
- Hernández MGI, Salgado GS, Palma LDJ, Lagunes ELC, Castelán EM, Ruiz RO (2008) Vinaza y composta de cachaza como fuente de nutrientes en caña de azúcar en un gleysol mólico de chiapas, México. *Interciencia* 33: 855-860.
- Hochmuth G (1992) Fertilizer management for drip-irrigated vegetables in Florida. *HortTechnology* 2: 27-32.
- Hochmuth G (1994) Efficiency ranges for nitrate-nitrogen and potassium for vegetable petiole sap quick tests. *HortTechnology* 4: 218-222.
- Illera VM, Mosquera ME L, Fabal AL, del Carmen SSM (2012) Acondicionamiento de un compost salino para su uso como sustrato de cultivo. *Recursos Rurais.* 8: 13-19.
- Lazcano C, Arnold J, Tato A, Zaller J, Domínguez J (2009) Compost and vermicompost as nursery pot components: effects on tomato plant growth and morphology. *Sp. J. Agric. Res.* 7: 944-951.
- Llacuna L, Mach N (2012) Papel de los antioxidantes en la prevención del cáncer. *Rev. Esp. Nutr. Humana Dietét.* 16: 16-24.
- Mahmoud E, El-Kader NA, Robin P, Akkal-Corfini N, El-Rahman LA (2009) Effects of different organic and inorganic fertilizers on cucumber yield and some soil properties. *World J. Agric. Sci* 5: 408-414.
- Mata NM, Méndez NJR (2009) Efecto de reguladores de crecimiento sobre el epicarpo, mesocarpo y sólidos solubles totales del fruto de melón (*Cucumis melo* L.) cv. Edisto 47. *UDO Agric.* 9: 295-303.
- Melo DM, Castoldi R, de Oliveira Charlo HC, de Souza Galatti F, Braz LT (2011) Produção e qualidade de melão rendilhado sob diferentes substratos em cultivo protegido. *Caatinga* 25: 58-66.
- Moreno RA, Gómez FL, Cano RP, Martínez CV, Reyes CJL, Puente MJL, Rodríguez ND (2008) Genotipos de tomate en mezclas de vermicompost: arena en invernadero. *Terra Latinoam.* 26: 103-109.
- Nur FO, Siti AH, Umi KY (2013) Comparative evaluation of organic and inorganic fertilizers on total phenolic, total flavonoid, antioxidant activity and cyanogenic glycosides in cassava (*Manihot esculenta*). *Afr. J. Biotechnol.* 12: 2414-2421.
- Ojodeagua AJL, Castellanos RJZ, Muñoz RJJ, Alcantar GG, Tijerian ChL, Vargas TP, Enriquez RS (2008) Eficiencia de suelo y tezontle en sistemas de producción de tomate en invernadero. *Fitotecn. Mex.* 31: 367-374.
- Otero N, Vitoria L, Soler A, Canals A (2005) Fertiliser characterisation: major, trace and rare earth elements. *Appl. Geochem.* 20: 1473-1488.
- Pardossi A, Malorgio F, Incrocci L, Campiotti CA, Tognoni F (2002) A comparison between two methods to control nutrient delivery to greenhouse melons grown in recirculating nutrient solution culture. *Sci. Hort.* 92: 89-95.
- Rashid A, Khan RU (2008) Comparative effect of varieties and fertilizer levels on Barley (*Hordeum vulgare*). *Int. J. Agric. Biol.* 10: 124-126.
- Ribas F, CabelloM, Moreno M, López-Bellido L (2003) Effect of irrigation and potassium application in melon (*Cucumis melo* L.) production. 2: Quality. *Sp. J. Agric. Res.* 1: 79-90.
- Silva ND, Nascimento S, Francismar de Medeiros J, Navarro VM (2005) Calidad post-cosecha de frutos de melón producidos sobre diferentes niveles de salinidad del suelo y manejos de la fertirrigación en invernadero. *Ing. Agua* 12: 117-123.
- Tringovska I, DintchevaT (2012) Vermicompost as substrate amendment for tomato transplant production. *Sustain. Agric. Res.* 1: 115-122.
- Wang SY (2006) Effect of pre-harvest conditions on antioxidant capacity in fruits. *Acta Hort.* 712: 299-306.
- Winter CK, Davis SF (2006) Organic foods. *J. Food Sci.* 71: 117-124.
- Zaller JG (2007) Vermicompost in seedling potting media can affect germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. *Eur. J. Soil Biol.* 43: 332-336.
- Zhao X, Nechols JR, Williams KA, Wang W, Carey EE (2009) Comparison of phenolic acids in organically and conventionally grown pacchói (*Brassica rapa* L. *chinensis*). *J. Sci. Food Agric.* 89: 940-946.