

# EVALUACIÓN DE SOLUCIONES NUTRITIVAS ORGÁNICAS EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATE EN INVERNADERO

Pablo Preciado Rangel, Manuel Fortis Hernández, José Luis García-Hernández, Edgar Rueda Puente, Juan Ramón Esparza Rivera, Alfredo Lara Herrera, Miguel Ángel Segura Castruita y Jorge Orozco Vidal

## RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar la factibilidad del uso de algunas soluciones orgánicas como fuente de nutrientes para tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) producido en invernadero, y el rendimiento y calidad de los frutos. Se compararon cuatro tratamientos: solución nutritiva inorgánica (Steiner), té de compost, té de vermicompost y lixiviado de vermicompost. Las variables evaluadas fueron: a) rendimiento, b) calidad del fruto (diámetro polar, ecuatorial y sólidos solubles), c) contenido de nitrógeno foliar y en el extracto celular de peciolo, y d) contenido relativo de clorofila. Los resultados mostraron diferencias significativas en todas las variables evaluadas. Con la

fertilización inorgánica se obtuvieron los mayores contenidos de N foliar y  $N-NO_3^-$  en el extracto celular de peciolo, contenido de clorofila, así como un mayor rendimiento de frutos de tomate; sin embargo, se presentaron menores valores de sólidos solubles, con respecto a los obtenidos con los tratamientos de fertilización orgánica. Dentro de los tratamientos de fertilización orgánica, el té de vermicompost sobresalió con un mayor rendimiento de fruto. Los resultados sugieren que el té de vermicompost puede representar una alternativa ambientalmente amigable respecto al uso de soluciones nutritivas convencionales en la producción de tomate en invernadero.

## Introducción

La producción de cultivos hortícolas en condiciones protegidas y el uso de sistemas hidropónicos han permitido incrementos en rendimientos y calidad de frutos, al propiciar un ambiente poco restrictivo facilitando el crecimiento y desarrollo de especies hortícolas. En estos sistemas de producción intensiva la fertilización se realiza por medio de una solución nutritiva que se elabora con fertilizantes de alta solubilidad, generalmente importados, lo que incrementa significativamente los costos

de producción (Muñoz, 2004). En general, el tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), recibe altas dosis de fertilizantes, especialmente nitrogenados (Armenta *et al.*, 2001), los cuales han probado afectar negativamente al medio ambiente (Gallardo *et al.*, 2009). Estos problemas han impulsado la búsqueda de alternativas de fertilización sustentables que, además de suplir los requerimientos nutrimentales de los cultivos, no afecten significativamente el rendimiento y la calidad de los frutos (Nieto *et al.*, 2002). Una alternativa para satisfacer la demanda

nutricional de los cultivos, además de disminuir los costos y la dependencia de los fertilizantes sintéticos, es la utilización de algunos materiales orgánicos líquidos como extracto líquido de estiércol (Capulín *et al.*, 2005; 2007), lixiviado de compost o vermicompost (Jarecki y Voroney, 2005; García *et al.*, 2008), té de compost (Hargreaves *et al.*, 2008; 2009; Ochoa *et al.*, 2009) y té de vermicompost (Pant *et al.*, 2009). Estas soluciones pueden ser aplicadas en sistemas de riego presurizado, lo cual las hace utilizables en sistemas de produc-

ción a gran escala, además de que se promueve el reciclaje de residuos orgánicos (Rippy *et al.*, 2004). Bajo esta perspectiva, el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de soluciones nutritivas orgánicas sobre el rendimiento y la calidad de tomate producido en invernadero.

## Materiales y Métodos

El estudio fue establecido bajo condiciones de invernadero con enfriamiento automático, en el Instituto Tecnológico de Torreón, México, localizado entre 24°30' y 27°N, y entre

## PALABRAS CLAVE / Fertilización Orgánica / *Lycopersicon esculentum* / Nutrición Vegetal /

Recibido: 07/07/2011. Modificado: 31/08/2011. Aceptado: 01/09/2011.

**Pablo Preciado Rangel.** Ingeniero Agrónomo y M.Cs. en Suelos, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), México. Doctor en Ciencias en Edafología, Colegio de Postgraduados (COLPOS), México. Profesor Investigador, Instituto Tecnológico de Torreón (ITT), México. Dirección: Carretera Torreón- San Pedro Km 7.5, Ejido Ana. Torreón Coahuila, México. C.P. 27170. e-mail: ppreciador@yahoo.com.mx.

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

**José Luis García-Hernández.** Doctor en Ciencias en el Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), México. Profesor Investigador, UJED, México.

**Edgar Omar Rueda Puente.** Doctor en Ciencias en el Uso, Manejo y Preservación de los Recursos Naturales, CIBNOR, México. Profesor Investigador, Universidad de Sonora, México.

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

**Alfredo Lara Herrera.** Doctor en Ciencias en Edafología, COLPOS, México. Profesor Investigador, Universidad Autónoma de Zacatecas, México.

**Miguel Ángel Segura Castruita.** Doctor en Ciencias en Edafología, COLPOS, México. Profesor Investigador, ITT, México.

**Jorge Arnaldo Orozco Vidal.** Doctor en Ciencias en Producción Agronómica, UAAAN, México. Profesor Investigador, ITT, México.

## EVALUATION OF ORGANIC NUTRIENT SOLUTIONS FOR GREENHOUSE TOMATO PRODUCTION

Pablo Preciado Rangel, Manuel Fortis Hernández, José Luis García-Hernández, Edgar Rueda Puente, Juan Ramón Esparza Rivera, Alfredo Lara Herrera, Miguel Ángel Segura Castruita and Jorge Orozco Vidal

### SUMMARY

The aim of this study was to evaluate the feasibility of using some organic solutions as a plant nutrient source for tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) grown under greenhouse conditions, and the yield and quality of the fruits. Four nutrient sources were compared (Steiner nutrient solution, compost tea, vermicompost tea and vermicompost leachate). The evaluated variables were: a) yield, b) fruit quality, c) foliar nitrogen and sap petiole nitrogen, and d) chlorophyll relative content. The results showed significant differences in all variables.

The highest leaf N total contents and  $N-NO_3^-$  in sap petioles, chlorophyll content and increased performance, was obtained with inorganic fertilizer. However, there were lower values of soluble solids compared to those obtained with organic fertilization treatments. Within the organic fertilization treatments, vermicompost tea stood out with better performance. The results suggest that vermicompost tea can be an environmentally friendly alternative compared to conventional use of nutrient solutions in greenhouse production.

## AVALIAÇÃO DE SOLUÇÕES NUTRITIVAS ORGÂNICAS NA PRODUÇÃO DE TOMATE EM ESTUFA

Pablo Preciado Rangel, Manuel Fortis Hernández, José Luis García-Hernández, Edgar Rueda Puente, Juan Ramón Esparza Rivera, Alfredo Lara Herrera, Miguel Ángel Segura Castruita e Jorge Orozco Vidal

### RESUMO

O objetivo do presente estudo foi avaliar a factibilidade do uso de algumas soluções orgânicas como fonte de nutrientes para tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) produzido em estufa, e o rendimento e qualidade dos frutos. Compararam-se quatro tratamentos: solução nutritiva inorgânica (Steiner), chá de compostagem, chá de vermicompostagem e lixiviado de vermicomposto. As variáveis avaliadas foram: a) rendimento, b) qualidade da fruta (diâmetro polar, equatoriais e sólidos solúveis), c) conteúdo de nitrogênio foliar e no extrato celular de pecíolos, e d) conteúdo relativo de clorofila. Os resultados mostraram diferenças significativas em todas as variáveis avaliadas. Com a fertilização inor-

gânica se obtiveram os maiores conteúdos de N foliar e  $N-NO_3^-$  no extrato celular de pecíolos, conteúdo de clorofila, assim como um maior rendimento de frutos de tomate; no entanto, se apresentaram menores valores de sólidos solúveis em relação aos obtidos com os tratamentos de fertilização orgânica. Dentro dos tratamentos de fertilização orgânica, o chá de vermicompostagem destacou com um maior rendimento de fruto. Os resultados sugerem que o chá de vermicompostagem pode representar uma alternativa ambientalmente amigável em relação ao uso de soluções nutritivas convencionais na produção de tomate em estufa.

102°00' y 104°40'O, a una altitud de 1120msnm. Los tratamientos consistieron en la aplicación de cuatro diferentes fuentes de fertilización a plantas de tomate en macetas. Cada tratamiento tuvo quince repeticiones, distribuidos en un diseño completamente al azar de tal manera que se tuvieron 60 unidades experimentales. El genotipo de tomate el Cid del tipo saladette fue sembrado en contenedores de poliestireno con 200 alvéolos de 25ml con Peat Moss Premier Promix PGX, utilizando una semilla por cavidad, cubriéndolas con plástico negro hasta que germinaron las primeras semillas. Se aplicó riego por aspersión en forma manual, dos o tres veces al día cuidando de mantener húmedo el sustrato. El trasplante se efectuó cuando las plántulas tenían una altura de 15-20cm de altura y con tres o cuatro hojas verdaderas.

Bolsas de plástico negro de 20 litros de capacidad, se utilizaron como macetas, y como sustrato arena de río lavada y esterilizada con una solución de hipoclorito de sodio al 5%. Las bolsas fueron acomodadas en doble hilera, con arreglo en tresbolillo y una separación entre hileras de 1,6m, haciendo una densidad de 4,2 plantas/m<sup>2</sup>, con una planta por bolsa.

Los tratamientos de fertilización consistieron en 1) fertilización inorgánica con solución nutritiva (Steiner, 1984), 2) té de compost, 3) té de vermicompost, y 4) lixiviado de vermicompost. Para la preparación de la solución nutritiva se utilizaron fertilizantes comerciales de alta solubilidad disponibles en el mercado regional. Los tés de compost y vermicompost se elaboraron de acuerdo al método propuesto por Ingham (2005). Las solu-

TABLA I  
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS TRATAMIENTOS CON SOLUCIÓN NUTRITIVA EVALUADOS EN LA PRODUCCIÓN DE TOMATE EN INVERNADERO

	Solución Steiner	Té de vermicompost	Té de compost	Lixiviado de vermicompost
	(mg·l <sup>-1</sup> )			
N	168	101	21	15
P	31	15	13	7
K	273	357,6	255,4	245,7
Ca	180	178	14,8	12,6
Mg	48	59	16,8	6,84
Na	36 †	3736,6	4081,3	2312,42
S	336	831	599	305,2
Cl	199 †	589,3	713,5	607

† Presentes en el agua utilizada

ciones resultantes, incluyendo el lixiviado, fueron ajustadas a una conductividad eléctrica (CE) de 2,0dS·m<sup>-1</sup> mediante dilución con agua natural, a fin de evitar problemas de fitotoxicidad (Carballo *et al.*, 2009; Olivia-Llaven *et al.*, 2010) y el pH fue ajustado a 5,5 con ácido cítrico (Capulín

*et al.*, 2007). La composición nutricional de los tratamientos utilizados se muestra en la Tabla I.

Se utilizó un sistema de riego por goteo para aplicar tres riegos diarios, cuyo volumen por día fue de 0,750l por maceta desde el trasplante a inicio e floración y 2,5l por planta de la

floración a la cosecha. Las plantas de tomate fueron guiadas a un tallo y para sostenerlas se utilizó hilo de rafia sujeta de la parte superior del invernadero. La polinización se realizó diariamente desde el inicio de la floración y hasta el amarre de frutos entre las 12:00 y 14:00, con un cepillo dental eléctrico. Los frutos de diez plantas por repetición de cada tratamiento fueron cosechados del primero al quinto racimo. La calidad del fruto se evaluó en tres frutos tomados al azar de cada racimo correspondientes a cada repetición de los tratamientos, midiéndose el peso promedio de fruto, el diámetro polar y el ecuatorial, mientras que el contenido de sólidos solubles se determinó con un refractómetro ATAGO (Master 2311). El contenido de clorofila se determinó de manera indirecta con equipo SPAD-501 al inicio de la floración en hojas jóvenes completamente expandidas correspondientes a cinco plantas por tratamiento; en cada hoja se realizaron tres mediciones y con el mismo equipo se registró el promedio generado. Las mismas hojas fueron utilizadas para la cuantificación del nitrógeno total por el método de Kjeldahl (Jones, 2001). Al inicio del crecimiento del fruto se determinó la concentración de  $N-NO_3^-$  en el extracto celular de pecíolos, siendo muestreados los pecíolos de cinco plantas por repetición de cada tratamiento, ubicados en la tercera y cuarta hojas debajo del punto de crecimiento. Este análisis se efectuó *in situ* mediante el ionómetro específico portátil Cardy-Horiba® (Leyva *et al.*, 2005). Los resultados obtenidos fueron analizados mediante un análisis de varianza con el programa SAS (1999) y comparación de medias (Tukey,  $P \leq 0,05$ ).

## Resultados y Discusión

### Rendimiento

Las diferentes soluciones nutritivas utilizadas en el experimento provocaron que las

TABLA II  
RENDIMIENTO, DIÁMETRO DE FRUTO Y SÓLIDOS SOLUBLES POR EFECTO DE CUATRO FUENTES DE NUTRIENTES EN EL CULTIVO DE TOMATE

Tratamiento	Rendimiento (kg/planta)	Diámetro		Sólidos solubles (°Brix)
		Polar (mm)	Ecuatorial (mm)	
Solución Steiner	3,05 a	61,6	59,0 a	4,1 b
Té de compost	1,45 c	58,72	53,9 ab	4,5 a
Té de vermicompost	2,42 b	61,0	55,2 ab	4,4 a
Lixiviado	1,30 c	58,7	50,9 b	4,6 a

† Letras distintas dentro de cada columna indican diferencia estadística significativa (Tukey  $P \leq 0,05$ ).

plantas de tomate mostraron diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ , Tabla II). El mayor rendimiento de frutos se obtuvo al emplear la fertilización con la solución nutritiva inorgánica, seguido por la fertilización con té de vermicompost. Las plantas fertilizadas con lixiviado de vermicompost produjeron la menor cantidad de frutos de todos los tratamientos (42% respecto a la solución nutritiva Steiner). Resultados similares fueron reportados por Ochoa *et al.* (2009) al obtener mayor rendimiento en el cultivo de tomate hidropónico con fertilización inorgánica que con fuentes orgánicas de fertilización. Al respecto, García *et al.* (2008) indican que las soluciones nutritivas preparadas con fuentes orgánicas de fertilización se deben diluir para disminuir la CE; sin embargo, esto provocó una disminución en la concentración de nutrientes (Tabla I), y hace necesario un aporte externo de los mismos, especialmente de nitrógeno, ya que el suministro adecuado de este

elemento se asocia con niveles adecuados de clorofila, crecimiento vegetativo vigoroso, alta actividad fotosintética y con la síntesis de carbohidratos, de lo cual depende el rendimiento (Castro *et al.*, 2004). Los resultados anteriores se deben a que las plantas obtienen los nutrientes más eficientemente cuando se emplea una solución balanceada y en las formas iónicas que ellas pueden aprovechar (Ikeda *et al.*, 2002; Ramos *et al.*, 2002). Por ello, es necesario encontrar fertilizantes orgánicos donde, además de aportar los nutrientes necesarios para los cultivos (Arancon *et al.*, 2004), éstos se encuentren en una forma iónica y equilibrada en la solución aplicada. A pesar de la superioridad en rendimiento de frutos del tratamiento con la solución nutritiva Steiner (20,6%), con relación al obtenido por el té de vermicompost, éste podría ser compensado por el sobrepeso que tiene el tomate producido orgánicamente respecto al obtenido con la nutrición tra-

TABLA III  
VALORES DE LECTURAS SPAD, CONTENIDO DE NITRATOS EN EL EXTRACTO CELULAR DE PECÍOLOS Y NITRÓGENO TOTAL EN HOJAS DE TOMATE, EN FUNCIÓN DE LA FUENTE DE NUTRIENTES

Tratamiento	SPAD	$N-NO_3^-$ ( $mg \cdot l^{-1}$ )	NT (%)
Solución Steiner	54,02 a	618,20 a	5,1 a
Té de compost	46,84 bc	310,56 c	3,9 b
Té de vermicompost	51,49 ab	454,64 b	5,0 a
Lixiviado	40,90 cd	218,20 d	3,7 b

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

dicional (Cruz *et al.*, 2009) y el bajo costo que representa la fertilización orgánica.

### Calidad del fruto

En relación con el tamaño y la concentración de sólidos solubles totales (°Brix) del fruto de tomate, existieron diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) entre las fuentes de nutrientes (Tabla II). La fertilización con la solución nutritiva presentó el mayor tamaño de frutos; en cambio, las soluciones nutritivas orgánicas presentaron mayor contenido de sólidos solubles. La mayor acumulación de sólidos solubles en el fruto pudiera deberse, por una parte, a una menor absorción y acumulación de agua por los frutos, y para superar este problema los frutos acumulan solutos orgánicos como azúcares simples (glucosa, fructosa y sacarosa), con lo que se logra disminuir el potencial osmótico, facilitando así la absorción de agua en los frutos (Plaut *et al.*, 2004; Goykovic y Saavedra, 2007), y por otra parte a la alta concentración de sales particularmente de Na y Cl en la solución aplicada (Cornisch, 1992; Satti *et al.*, 1994; Wu y Kubota, 2008). Santiago *et al.* (1998) señalaron que el tomate para consumo en fresco debe de contener un mínimo de 4,0°Brix, mientras que Diez (2001) mencionó que el tomate para el procesamiento industrial debe contar con un contenido de 4,5-5,5°Brix. En el presente estudio, todos los tratamientos evaluados alcanzaron los valores de referencia para el consumo en fresco, mientras que para la industria los tratamientos orgánicos alcanzaron estos valores.

### Contenido relativo de clorofila

Los resultados mostraron diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) respecto al contenido relativo de clorofila (Tabla III). El tratamiento con solución nutritiva Steiner mostró los valores más altos de unidades SPAD, con 54,2; segui-

do por el tratamiento con té de vermicompost con 51,49. Estos valores han sido correlacionados directamente con el contenido y actividad de la clorofila (Ruiz *et al.*, 2010) y con el contenido de nitrógeno en plantas de tomate (Rezende y de Arango, 2006; Mercado *et al.*, 2010). La Tabla III muestra que los té de compost y vermicompost tuvieron concentraciones relativas de clorofila estadísticamente similares. Dado que este valor está directamente relacionado con la actividad fotosintética, el resultado señala que estos dos tratamientos orgánicos representan una opción viable para ser utilizados como fuentes de nutrientes para tomate en invernadero cuando se busca disminuir el uso de fertilizantes convencionales. Al respecto, existen actualmente numerosos reportes que señalan la necesidad de disminuir el uso de los fertilizantes químicos, principalmente por los efectos contaminantes de éstos últimos (Thompson *et al.*, 2007; Gallardo *et al.*, 2009).

#### Concentración de nitratos en peciolas

El análisis estadístico mostró diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ) en la concentración de nitratos en el extracto celular de peciolas de hojas recientemente maduras, al inicio de la fructificación (Tabla III). La mayor concentración de  $N-NO_3^-$  correspondió al tratamiento con la solución nutritiva Steiner, seguido por el té de vermicompost. Los valores de ambos tratamientos se encuentran dentro del rango indicado como adecuado para el cultivo de tomate en invernadero (Castellanos, 2004). La concentración de  $N-NO_3^-$  en el extracto celular de peciolas es un indicador que refleja el estado nutrimental de la planta como respuesta a diferentes condiciones del medio de crecimiento, y en este caso en particular es un reflejo de la concentración de nitratos de la solución nutri-

tiva aplicada (Taber, 2001; Villarreal *et al.*, 2009), lo que se confirma al observar los valores de la Tabla I.

#### Nitrógeno total en hojas

La concentración de N total en las hojas del cultivo de tomate, fue estadísticamente similar ( $P \leq 0,05$ ) para la solución nutritiva y el té de vermicompost (Tabla III); los valores obtenidos se encuentran dentro de los valores considerados como óptimos para la etapa de desarrollo del cultivo indicada, los cuales fluctúan entre 4-5,5% (Rippy *et al.*, 2004). El resto de los tratamientos estuvieron por debajo de estos intervalos debido al bajo aporte de N de la solución nutritiva utilizada. En cambio, con el uso de la solución nutritiva Steiner, además de proporcionarse N en la cantidad aplicada durante todo el experimento, se guarda un balance entre aniones y cationes. Al respecto, se han realizado estudios que señalan que el mayor problema de no tener la cantidad óptima de N disponible para una planta se da no solo en la falta del mismo, sino en el desbalance con respecto a los demás nutrientes (Khiari *et al.*, 2001).

#### Conclusiones

La fuente de nutrientes influyó significativamente en el rendimiento y calidad del fruto de tomate, así como en el contenido de nitrógeno, unidades SPAD y nitratos en el extracto celular de peciolas. La solución nutritiva Steiner mostró mayor rendimiento y tamaño de frutos, aunque las más altas concentraciones de sólidos solubles totales correspondieron a los tratamientos con solución nutritiva de origen orgánico. A pesar del mayor rendimiento obtenido por la solución nutritiva inorgánica, el uso del té de vermicompost es una opción viable para ser utilizada como fuente de nutrientes en la producción de tomate en invernadero, con la

finalidad de disminuir el uso de los fertilizantes convencionales.

#### REFERENCIAS

- Arancon NQ, Edwards CA, Atiyeh R, Metzger JD (2004) Effects of vermicomposts produced from food waste on the growth and yields of greenhouse peppers. *Bioresour. Technol.* 93: 139-144.
- Armenta BD, Baca CG, Alcántara GG, Kohashi SJ, Valenzuela UG, Martínez GA (2001) Relaciones de nitratos y potasio en fertirriego sobre la producción, calidad y absorción nutrimental de tomate. *Rev. Chapingo Ser. Hort.* 7: 61-75.
- Capulín GJ, Núñez ER, Sánchez JP, Martínez GA, Soto HM (2005) Producción de jitomate con estiércol líquido de bovino acidulado con ácidos orgánicos e inorgánicos. *Terra Latinoam.* 23: 241-247.
- Capulín GJ, Núñez ER, Aguilar AJL, Estrada BM, Sánchez JP, Mateo SJL (2007) Uso de estiércol líquido de bovino acidulado en la producción de pimiento morrón. *Rev. Chapingo Ser. Hort.* 13: 5-11.
- Carballo T, Gil MV, Calvo LF, Morán A (2009) The influence of aeration system, temperature and compost origin on the phytotoxicity of compost tea. *Compost Sci. Utiliz.* 17: 127-139.
- Castellanos JZ (2004) Manejo de la fertirrigación en suelo. En Castellanos JZ (Ed) *Manual de Producción Hortícola en Invernadero*. 2ª ed. INTAGRI. México. pp 103-123.
- Castro BR, Galvis SA, Sánchez JP, Peña LA, Sandoval VM, Alcántara GG (2004) Demanda de nitrógeno en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot). *Rev. Chapingo Ser. Hort.* 10: 147-152.
- Cornish PS (1992) Use of high electrical conductivity of nutrient solution to improve the quality of salad tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) grown in hydroponic culture. *Aust. J. Exp. Agric.* 32: 513-520.
- Cruz LE, Osorio OR, Martínez ME, Lozano RAJ, Gómez VA, Sánchez HR (2009) Uso de compostas y vermicompostas para la producción de tomate orgánico en invernadero. *Interciencia* 35: 363-368.
- Diez NM (2001) Tipos varietales. En Nuez F (Ed.) *El Cultivo de Tomate*. Mundiprensa. Madrid, España. pp. 93-129.
- Gallardo M, Thompson RB, Rodríguez JS, Rodríguez F, Fernández MD, Sánchez JA, Magán JJ (2009) Simulation of transpiration, drainage, N uptake, nitrate leaching, and N uptake concentration in tomato grown in open substrate. *Agric. Water Manag.* 96: 1773-1784.
- García GR, Dendooven L, Gutiérrez MFA (2008) Vermicomposting lechate (worm tea) as liquid fertilizer for maize (*Zea mays* L.) forage production. *Asian J. Plant Sci.* 7: 360-367.
- Goykovic VC, Saavedra del R (2007) Algunos aspectos de la salinidad en el cultivo de tomate y prácticas agronómicas de su manejo. *IDESIA* 25: 47-58.
- Hargreaves J, Adla MS, Warman PR, Rupasinghe HPV (2008) The effects of organic amendments on mineral element uptake and fruit quality of raspberries. *Plant Soil* 308: 213-226.
- Hargreaves JC, Adla MS, Warman PR (2009) Are compost teas an effective nutrient amendment in the cultivation of strawberries? Soil and plant tissue effects. *J. Sci. Food Agric* 89: 390-397.
- Ikeda H, Koohakan P, Jaenaksorn T (2002) Problems and countermeasures in the re-use of the nutrient solution in soil-less production. *Acta Hort.* 578: 213-219.
- Ingham RE (2005) *The Compost Tea Brewing Manual*. 5ª ed. Soil Foodweb Inc. Corvallis, OR, EEUU. 79 pp.
- Jarecki MK, Voroney RP (2005) Evaluation of compost leachates for plant growth on hydroponic culture. *J. Plant Nutr.* 28: 651-667.
- Jones JB (2001) Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis. CRC. Nueva York. 382 pp.
- Khiari L, Parent LE, Tremblay N (2001) Selecting the high-yield subpopulation for diagnosing nutrient imbalance in crops. *Agron. J.* 93: 802-808.
- Leyva RG, Sánchez GP, Alcántara GG, Valenzuela UJG, Gavi RF, Martínez GA (2005) Contenido de nitratos en extractos celulares de peciolas y frutos de tomate. *Rev. Fitotec. Mex.* 28: 145-150.
- Mercado A, Rico G, Lara A, Soto G, Ocampo R, Herrera G, Torres I (2010) Nitrogen determination on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) seedlings by color image analysis (RGB). *Afr. J. Biotechnol.* 9: 5326-5332.
- Muñoz RJJ (2004) Formulación de la solución nutritiva. En Castellanos JZ (Ed.) *Manual de*

- Producción Hortícola en Invernadero*. 2<sup>da</sup> ed. Intagri. Celaya, México. pp: 151-180.
- Nieto A, Murillo B, Troyo E, Larrinaga J, García HJL (2002) El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible del chile (*Capsicum annuum* L.) en zonas áridas. *Interciencia* 27: 417-421.
- Ochoa ME, Figueroa VU, Cano RP, Preciado RP, Moreno RA, Rodríguez DN (2009) Té de composta como fertilizante orgánico en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero. *Rev. Chapingo Ser. Hort.* 15: 245-250.
- Oliva-Llaven MA, Rodríguez HL, Mendoza NP, Ruiz SB, Álvarez SJD, Dendooven L (2010) Optimization of worm-bed leachate for culturing of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) inoculated with *Glomus fasciculatum* and *Pseudomonas fluorescens*. *Electron. J. Biotechnol.* 13: 1-8.
- Pant AP, Radovich TJK, Hue NV, Talcott ST, Krenk KA (2009) Vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients, phytonutrients and antioxidant activity in pak choy (*Brassica rapa* cv. Bonsai, Chinensis group) grown under vermicompost and chemical fertilizer. *J. Sci. Food Agric.* 89: 2383-2392.
- Plaut Z, Grava A, Yehezkel Ch, Matán E (2004) How do salinity and water stress affect transport of water assimilates and ions to tomato fruits? *Physiol. Plant.* 122: 429-442.
- Ramos LC, Alcántara GG, Galvis SA, Peña LA, Martínez GA (2002) Eficiencia de uso del nitrógeno en tomate de cáscara en Fertirriego. *Terra Latinoam.* 20: 465-469.
- Rezende PC, de Arango Ch (2006) Use of chlorophyll meter and plant visual aspect for nitrogen management in tomato fertigation. *J. Appl. Hort.* 8: 8-11.
- Rippy JFM, Peet MM, Louis FJ, Nelson PV (2004) Plant development and harvest yield of greenhouse tomatoes in six organic growing systems. *Hortscience* 39: 223-229.
- Ruiz EFH, Murillo AB, García HJL, Fenech LL, Rueda PEO, Troyo DE, Kaya C, Beltrán MA (2010) Field evaluation of the relationship between chlorophyll content in basil leaves and a portable chlorophyll meter (SPAD-502) readings. *J. Plant Nutr.* 33: 423-438.
- SAS (1999) *User's Guide: Statistics*. Ver. 8. SAS Institute, Inc. Cary, NC, EEUU.
- Santiago J, Mendoza M, Borrego F (1998) Evaluación de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) en invernadero: criterios fenológicos y fisiológicos. *Agron. Mesoam.* 9: 59-65.
- Satti SME, López M, Al-Said FA (1994) Salinity induced changes in vegetative and reproductive growth in tomato. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 25: 501-510.
- Steiner AA (1984) The universal nutrient solution. *Proc. 6<sup>th</sup> Int. Cong. on Soilless Culture*. ISOSC. Lunteren, Holanda. pp. 633-649.
- Taber HG (2001) Petioles SAP nitrate sufficiency values for fresh market tomato production. *J. Plant Nutr.* 24: 945-959.
- Thompson RB, Martínez GC, Gallardo M, Giménez C, Fernández MD (2007) Identification of irrigation and N management practices that contribute to nitrate leaching loss from an intensive vegetable production system by use of a comprehensive survey. *Agric. Water Manag.* 89: 261-274.
- Villarreal RM, Parra TS, Sánchez PP, Hernández VS, Osuna ET, Corrales M JL, Armenta BAD (2009) Fertirrigación con diferentes formas de nitrógeno en el cultivo. *Interciencia* 34: 135-139.
- Wu M, Kubota Ch (2008) Effects of high electrical conductivity of nutrient solution and its application timing on lycopene, chlorophyll and sugar concentrations of hydroponic tomatoes during ripening. *Sci. Hort.* 116: 122-129.