

# EFFECTO DE SOLUCIONES NUTRITIVAS SOBRE EL DESARROLLO DE PLÁNTULAS DE TOMATE DE CÁSCARA (*Physalis ixocarpa* Brot.)

J. J. Magdaleno-Villar<sup>1†</sup>; A. Peña-Lomelí<sup>1</sup>; R. Castro-Brindis<sup>1</sup>;  
A. M. Castillo-González<sup>1</sup>; A. Galvis-Spinola<sup>2</sup>; F. Ramírez-Pérez<sup>2</sup>;  
B. Hernández-Hernández<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Horticultura, Departamento de Fitotecnía, Universidad Autónoma Chapingo.  
Km 38.5 Carr. México-Texcoco. Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO.  
Correo-e: j\_magdaleno\_v @yahoo.com.mx. (<sup>†</sup>Autor responsable).

<sup>2</sup>Instituto de Recursos Naturales. Colegio de Postgraduados. Km. 36.5 Carretera México-Texcoco.  
Montecillo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO.

<sup>3</sup>Programa de Protección Vegetal. Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo.  
Km. 38.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo, Estado de México. C. P. 56230. MÉXICO.

## RESUMEN

El manejo de la nutrición mineral en la producción de plántulas de tomate de cáscara en México, frecuentemente no se práctica, o bien se realiza en forma empírica, sin planeación alguna. Esto puede traducirse en producción de plántulas de baja calidad (heterogéneas, altas y delgadas, con floración precoz, entre otros) que tienen problemas de establecimiento, lo que disminuye la capacidad de expresar el potencial de rendimiento del cultivo. El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto del riego de la solución nutritiva Universal Steiner en concentraciones de 25, 50, 75 y 100 %, así como un tratamiento adicional en el que se varió semanalmente la concentración de la solución (25, 50 y 75 %) y una solución de fertilizante Triple 18 ultrasoluble en concentración de 100 % y otra variando semanalmente la concentración (25, 50 y 75 %) sobre el desarrollo de plántulas de tomate de cáscara producidas en contenedores y condiciones de invernadero en Chapingo, México. Se realizaron tres determinaciones sobre altura, número de hojas, peso fresco y seco de plántula, efectuadas 15, 22 y 29 días después de siembra (dds), y una determinación del diámetro de tallo y contenido nutrimental a los 29 dds. Las soluciones nutritivas evaluadas afectaron el desarrollo de plántulas a los 22 y 29 dds. Con excepción del fósforo, el contenido de macronutrientes y el de micronutrientes, Fe, Mn y B, obtenidos con el empleo de la solución Steiner superó a los obtenidos con la solución Triple 18. Las plántulas con mejores características para transplante se obtuvieron con la solución Steiner, en la cual fue más conveniente emplear 50 % de la concentración o esa solución cuya concentración se varió semanalmente para ahorrar recursos, aunque la solución de Triple 18 puede ser una alternativa viable.

**PALABRAS CLAVE ADICIONALES:** plántulas, soluciones nutritivas, concentraciones, contenido nutrimental.

## EFFECT OF NUTRITIVE SOLUTIONS ON DEVELOPMENT OF TOMATILLO (*Physalis ixocarpa* Brot.) SEEDLINGS

## ABSTRACT

Management of mineral nutrition for production of tomatillo seedlings in Mexico is seldom practiced, or it is carried out empirically, without any planning. This may result in low quality seedlings (heterogeneous, tall and thin, and early blooming, among others) that have problems for getting established in the field; thus, diminishing the ability of the crop to express its yield potential. The objective of the present study was to determine the effect of irrigating Universal Steiner nutritive solution at concentrations of 25, 50, 75, and 100 %; including also additional treatments consisting of such solution at a weekly-varying concentration (25, 50, and 75 %) and a fertilizing solution of ultra soluble 18-18-18 NPK at a concentration of 100 % that also was applied at a weekly-varying concentration (25, 50, and 75 %); on the development of tomatillo seedlings produced in containers under greenhouse conditions in Chapingo, Mexico. We determined seedling height, leaf number, and fresh and dry weight three times at 15, 22, and 29 days after seeding (dds); stem diameter and nutrient content were determined only at 29 dds. The evaluated nutritive solutions affected seedling development at 22 and 29 dds. Except for phosphorous, macronutrient and micronutrient (Fe, Mn, and B) content, obtained from employment of the

Steiner solution, was higher than the content of these nutrients from the NPK 18-18-18 solution. Plants with best transplantation characteristics were obtained using the Steiner solution at a 50 % concentration, varying weekly concentrations of the same solution may result in resource savings; however, the NPK 18-18-18 solution may also be a viable alternative.

**ADDITIONAL KEY WORDS:** seedlings, nutritive solutions, concentrations, nutrient content.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los aspectos de mayor importancia en la producción de hortalizas es la nutrición que deben recibir éstas durante su ciclo de cultivo. La mayoría de los cultivos hortícolas demandan cantidades importantes de nutrimentos en periodos relativamente cortos, lo cual puede deberse a sus altas tasas de crecimiento (Widders y Lorenz, 1982). El empleo de la nutrición mineral en etapas fenológicas tempranas puede ser una estrategia para facilitar el crecimiento de las raíces, minimizar el estrés en las plántulas al ser transplantadas e incrementar la supervivencia de éstas (Leskovar y Stoffella, 1995). Existen numerosos estudios en los que la condición nutricional en pretransplante produce efectos significativos benéficos en las características morfológicas y fisiológicas de las plántulas (Melton y Dufault, 1991; Karchi y Cantliffe, 1992; Basoccu y Nicola, 1992; Nicola y Basoccu, 1994); en algunos se menciona que la nutrición adecuada en esta etapa garantiza un rendimiento aceptable de los cultivos, al incrementar la proporción de frutos comercializables y/o la precocidad de la cosecha, pero lo que siempre se logra es un crecimiento uniforme de la plántula, mayor tasa de crecimiento en el semillero, mayor calidad de las plántulas y menor porcentaje de mortalidad después del transplante (Garton y Widders, 1990; Dufault, 1998).

El tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) es una especie nativa de México y con frecuencia se le considera rústica (Peña y Santiaguillo, 1999); es decir, puede desarrollarse normalmente aunque no reciba las condiciones nutrimentales o de manejo propicias durante su cultivo. Con base en esta consideración, por lo común no se realiza una nutrición adecuada en sus etapas iniciales y aún durante el resto del ciclo de cultivo, lo cual impide el crecimiento y desarrollo óptimos, que son una de las causas por las cuales la productividad es baja y el rendimiento a nivel nacional sea de 12.3 t·ha<sup>-1</sup> (SAGARPA, 2002), cuando el potencial en variedades mejoradas puede llegar hasta 40 t·ha<sup>-1</sup> en condiciones experimentales (Peña *et al.*, 1998).

La producción de plántulas de tomate de cáscara en México se realiza en contenedores en los que se emplean sustratos orgánicos que, por lo general, contienen cantidades insuficientes de nutrientes y materia orgánica, necesarios para el desarrollo de la plántula; a pesar de ello, es común que durante el desarrollo de las mismas no sean suministrados elementos minerales complementarios, o cuando son aplicados, no se realiza un control adecuado de las cantidades empleadas de acuerdo con los requerimientos de la planta. Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue evaluar diferentes concentraciones

de la solución universal Steiner y una solución preparada con el fertilizante Triple 18 ultrasoluble y determinar su efecto en el desarrollo y contenido nutrimental de plántulas de tomate de cáscara.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en dos etapas; del 26 de junio al 25 de julio de 2004 bajo condiciones de invernadero, y durante los meses de agosto y septiembre del mismo año en laboratorio. La variedad CHF1-Chapingo de tomate de cáscara fue sembrada en charolas de poliestireno expandido de 80 cm de largo por 25 cm de ancho y ocho cm de profundidad con 200 cavidades; se empleó 1.050 kg de turba en cada charola. Las características del sustrato, determinadas antes de su uso, fueron: pH (6.4); materia orgánica (59.4 %); densidad aparente (0.18 g·cm<sup>-3</sup>); CIC (24.56 Cmol·kg<sup>-1</sup>); nitrógeno inorgánico (593.6 mg·kg<sup>-1</sup>); 2.79, 2.43, 3.26, 6.45 y 9.65 meq·litro<sup>-1</sup> de fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S), respectivamente.

Se evaluaron las soluciones nutritivas: universal Steiner al 25, 50, 75 y 100 % de concentración; además de un tratamiento en que semanalmente se varió la concentración aplicada: 25 % de siete a 13 días después de siembra (DDS), 50 % de 14 a 20 DDS y 75 % de 21 a 28 DDS; así como una solución preparada con el fertilizante comercial Triple 18 ultrasoluble al 100 % de concentración (equivalente a 1.0 g de fertilizante por litro de agua) y otro tratamiento donde semanalmente se varió la concentración de Triple 18 de forma similar al tratamiento adicional con la solución de Steiner arriba descrito (Cuadro 1); además se incluyó un testigo sin solución nutritiva en el que sólo se aplicó agua. Los ocho tratamientos fueron evaluados bajo un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental consistió en una charola, con una planta por cavidad.

Durante los primeros seis DDS se aplicó un riego diario con agua simple hasta saturar el sustrato y a partir de los siete DDS, cuando se alcanzó más del 80 % de emergencia, se inició la aplicación de tratamientos.

En tres oportunidades (15, 22 y 29 DDS) se evaluaron los caracteres: altura de plántula (AP, cm), medida de la base del tallo al ápice de la plántula; el número de hojas (NH), considerando sólo aquellas completamente formadas; peso fresco de la planta completa (PF, g), cuantificado inmediatamente después de extraer las plántulas de la charola y eliminar el residuo de sustrato por medio de lavado con agua simple; peso seco de la planta completa (PS, g),

**CUADRO 1. Fuentes de elementos minerales y concentraciones en las soluciones nutritivas empleadas. Chapingo, México 2004.**

Solución nutritiva	Nutrimiento	Fuente (s)	g·100 litros <sup>-1</sup> de agua	Concentración (mg·litro <sup>-1</sup> )
Steiner (100 %)	N	KNO <sub>3</sub> , Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	75, 260	550
	P	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	10 ml	27
	K	KNO <sub>3</sub> , K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	75, 100	514
	Ca	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	260	634
	Mg	MgSO <sub>4</sub> 7 H <sub>2</sub> O	125	122
	Fe	FeSO <sub>4</sub> 7 H <sub>2</sub> O	5	10
	Cu	CuSO <sub>4</sub> 5 H <sub>2</sub> O	0.2	0.5
	Zn	ZnSO <sub>4</sub> 7 H <sub>2</sub> O	0.2	0.45
	Mn	MnSO <sub>4</sub> 4 H <sub>2</sub> O	0.5	1.23
	B	Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> 10 H <sub>2</sub> O	1	0.29
Triple 18 (100 %)	N	18-18-18	100	180
	P	18-18-18	100	73.4
	K	18-18-18	100	149.4
	Ca	18-18-18	100	12
	Mg	18-18-18	100	5

determinado después de secar artificialmente las plantas en una estufa a  $65 \pm 5$  °C hasta obtener peso constante. En el último muestreo, 29 DDS, se obtuvo el peso seco de hoja (PSH, g), tallo (PST, g) y raíz (PSR, g), y el diámetro de tallo (DT, mm), que fue determinado en la parte media entre los cotiledones y la base del tallo. También se evaluó el contenido nutrimental de la materia seca vegetal de la parte aérea de la plántula, cuantificando el contenido de macronutrientes (%): nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg), y micronutrientes (mg·litro<sup>-1</sup>): hierro (Fe), cobre (Cu), zinc (Zn), manganeso (Mn) y boro (B). Los contenidos nutrimentales fueron determinados por técnicas estándares empleadas por el Laboratorio Central Universitario de la Universidad Autónoma Chapingo. En el caso del N fue extraído con cloruro de potasio 2 N y determinado por arrastre de vapor; el P mediante el método de Bray P-1; el K, Ca y Mg fueron extraídos con acetato de amonio 1.0 N, pH 7.0, relación 1:20 y determinados, en el caso de K, por espectrofotometría de emisión de flama, y Ca y Mg, por espectrofotometría de absorción atómica; el Fe, Cu, Mn y Zn fueron extraídos con DTPA relación 1:4 y determinados por espectrofotometría de absorción atómica; el B fue extraído con cloruro de calcio 1.0 M y determinado por fotocolorimetría de azometina-H.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con el análisis de varianza no se detectaron diferencias significativas en los caracteres evaluados en la primera determinación (15 DDS); sin embargo, se observaron efectos sobre estos en las dos siguientes evaluaciones (22 y 29 DDS), con excepción de peso seco a los 29 DDS. La información obtenida puede considerarse confiable debido a que los coeficientes de variación fueron menores o iguales

que 26 % con excepción de PF en 15 DDS y PS en 15 y 29 DDS (Cuadro 2).

En la etapa inicial del desarrollo de las plántulas (15 DDS), no hubo efecto de los tratamientos debido a la disponibilidad de nutrientes y materia orgánica en el sustrato orgánico empleado que les permitieron desarrollarse en forma uniforme; sin embargo, una vez que la demanda de nutrientes aumentó y las cantidades de los minerales en el sustrato disminuyeron, se observaron diferencias entre los tratamientos con solución nutritiva y el testigo, lo cual puede ser atribuido a que los sustratos orgánicos no poseen capacidad de intercambio aniónico, por lo que la disponibilidad de nutrientes de forma aniónica (nitratos y fosfatos, principalmente) disminuye debido a que éstos se pueden perder fácilmente en los lixiviados, ya que forman compuestos insolubles con otros elementos; dichas pérdidas afectan a los elementos de forma aniónica, aunque el sustrato tenga cierta capacidad de intercambio catiónico (Ansorena, 1994).

Durante la segunda etapa de desarrollo (22 DDS), el testigo sin solución nutritiva tuvo los valores promedio más bajos y fue superado, al menos por un tratamiento en el que se usó solución nutritiva. La solución de Triple 18 al 100 % superó en 60 % al testigo en la altura de plántula y el peso fresco. La mayoría de los tratamientos, con excepción de dos tuvieron, en promedio, una hoja más que el testigo; con respecto al peso seco, la solución Steiner en concentraciones variadas cada semana superó al testigo en 55 % (Cuadro 3).

A los 29 DDS, los tratamientos con nutrición tuvieron mayor desarrollo de plántulas con respecto al testigo

**CUADRO 2. Cuadrados medios del análisis de varianza de caracteres evaluados a los 15, 22 y 29 días después de siembra (DDS) en plántulas de tomate de cáscara, bajo tratamientos de soluciones nutritivas. Chapingo, México 2004.**

Fuente de Variación	15 DDS					22 DDS				29 DDS				
	GL	AP	NH	PF	PS	AP	NH	PF	PS	AP	NH	PF	PS	DT
Tratamiento	7	0.08	0.04	5.14	0.008	10.39*	0.59*	224.20*	0.53*	99.20*	0.91*	1,353.1*	1.62	3.05*
Error	24	0.08	0.09	3.53	0.009	1.86	0.14	51.92	0.14	13.16	0.12	139.2	1.02	0.15
C.V. (%)		13.16	20.47	31.82	28.21	22.21	13.13	26.81	26.30	18.08	7.77	18.3	33.55	10.18
Media		2.21	1.43	5.90	0.33	6.15	2.80	26.88	1.45	20.06	4.52	64.6	3.01	3.85

\*Significancia con una  $P \leq 0.05$ .

GL: Grados de libertad; AP: Altura de planta (cm); NH: Número de hojas; PF: Peso fresco (g); PS: Peso seco (g); DT: Diámetro de tallo (mm); C.V.: Coeficiente de variación.

**CUADRO 3. Comparación de medias de caracteres evaluados a los 22 y 29 días después de siembra (DDS) en plántulas de tomate de cáscara bajo tratamientos de soluciones nutritivas. Chapingo, México 2004.**

Tratamiento	22 DDS				29 DDS				
	AP	NH	PF	PS	AP	NH	PF	PS	DT
Testigo	3.2 c <sup>a</sup>	1.9 b	14.0 c	0.8 b	9.2 b	3.38 b	24.3 b	1.67 a	1.92 c
SS 25 %	7.3 ab	2.9 ab	31.0 ab	1.7 a	21.6 a	4.63 a	69.8 a	3.14 a	4.00 ab
SS 50 %	7.3 ab	3.1 a	30.3 abc	1.7 a	22.9 a	4.92 a	81.0 a	3.68 a	4.59 a
SS 75 %	5.9 abc	2.9 ab	26.0 abc	1.5 ab	19.8 a	4.53 a	68.3 a	3.05 a	4.32 a
SS 100 %	4.4 ab	2.7 ab	17.8 bc	1.1 ab	17.5 ab	4.52 a	62.5 a	2.57 a	4.10 ab
SS variada	6.4 abc	3.0 a	33.5 ab	1.8 a	25.6 a	4.78 a	83.3 a	3.56 a	4.51 a
ST 100 %	8.1 a	3.2 a	35.3 a	1.7 a	22.5 a	4.68 a	70.3 a	3.28 a	4.04 ab
ST variada	6.4 ab	2.8 ab	27.3 abc	1.4 ab	21.3 a	4.68 a	57.8 a	3.14 a	3.32 b
DMS	3.20	0.86	11.09	0.89	08.50	0.82	27.63	2.37	0.92

Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo con la Prueba de Tukey,  $P \leq 0.05$ .

DMS: diferencia mínima significativa. SS: Solución Steiner; ST: Solución Triple 18; AP: Altura de planta (cm); NH: Número de hojas; PF: Peso fresco (g); PS: Peso seco (g); DT: Diámetro de tallo (mm).

( $P \leq 0.05$ ) en altura de plántula, número de hojas y peso fresco, sin observar diferencias entre las soluciones nutritivas empleadas (Cuadro 3). Comportamiento similar ocurrió en el peso seco de hoja y del tallo, ya que el testigo fue superado por el resto de los tratamientos con nutrición, excepto por la solución de Triple 18 en concentración variada y las soluciones Steiner en concentraciones de 25 y 100 % en peso seco de hoja y tallo, respectivamente, sin observarse diferencias entre soluciones y concentraciones (Cuadro 4). En contradicción con los resultados obtenidos, en diversos estudios con especies olerícolas, el crecimiento de las raíces se estimula al incrementar los niveles de nutrimentos como el N, P y Ca (Leskovar y Stoffella, 1995). En jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) el peso seco de raíz aumenta al elevar la concentración de la solución nutritiva, debido a la menor disponibilidad de agua y la raíz tiende a desarrollarse más (Ismail y Ahmad, 1997); sin embargo, otras investigaciones indican que las raíces generalmente responden al exceso de minerales mediante el engrosamiento y desarrollo más lento (Zobel, 1995), lo cual explica el porque las soluciones Steiner con mayores concentraciones (75 y 100 %) tuvieron el menor desarrollo radicular.

La menor altura final de plántula final (29 DDS) se obtuvo con la solución Steiner al 100 % (Cuadro 3), debido, probablemente, a que las concentraciones nutritivas elevadas

tienden a elevar la conductividad eléctrica de la solución, lo cual reduce la capacidad de absorción de agua y nutrientes (Asher y Edwards, 1983; Ehret y Ho, 1986; Lara, 2000), y con ello se reduce el crecimiento general de las plantas (Ismail y Ahmad, 1997). En tomate de cáscara la altura recomendable para el transplante es de 15 a 18 cm; alturas superiores, aunadas a tallos delgados, originan problemas de establecimiento después del transplante en campo. Las plántulas que tienen alturas de 15 a 20 cm son más apreciadas para el transplante, ya que se encuentran en menor exposición a constricciones de haces vasculares a causa del viento que pueden ocasionarles la muerte (Araiza y Sánchez, 1990), así, la solución Steiner al 100 % fue la que promovió el desarrollo de plántulas que más se aproximó a la altura ideal; sin embargo, los tratamientos con nutrición incrementaron la tasa de crecimiento en altura de plántula, de tal forma que ésta fue adecuada para el transplante entre 24 y 26 DDS.

El número de hojas no resultó de gran utilidad, ya que éste depende de la edad de la planta, por lo cual a los 29 DDS la mayoría de los tratamientos se comportaron de manera similar, con excepción del testigo cuyo desarrollo fue menor debido a que el sustrato dejó de proporcionar nutrientes, lo que retrasó el desarrollo de la plántula.

Con respecto al diámetro de tallo, el menor desarrollo



**CUADRO 4. Comparación de medias de los tratamientos sobre el peso seco de hoja (PSH), peso seco de tallo (PST) y peso seco de raíz (PSR) a los 29 días después de siembra. Chapingo, México, 2004.**

Tratamiento	PSH	PST	PSR
	(g)		
Testigo sin solución	0.64 b <sup>z</sup>	0.29 b	0.79 a
Solución Steiner a 25 %	1.27 ab	1.31 a	0.90 a
Solución Steiner a 50 %	1.72 a	1.49 a	0.81 a
Solución Steiner a 75 %	1.53 a	1.17 a	0.58 a
Solución Steiner a 100 %	1.36 a	0.89 ab	0.51 a
Solución Steiner variada	1.71 a	1.37 a	0.72 a
Solución Triple 18 a 100 %	1.49 a	1.22 a	0.88 a
Solución Triple 18 variada	1.25 ab	1.00 ab	1.09 a
DMS	0.66	0.81	0.69

<sup>z</sup>Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo con la Prueba de Tukey, a una  $P \leq 0.05$ .

DMS: Diferencia mínima significativa.

se tuvo en el testigo que resultó inferior a los tratamientos con nutrición ( $P \leq 0.05$ ), en tanto el mayor diámetro de tallo se tuvo en las soluciones Steiner al 50, 75 % y Steiner en concentración variada (Cuadro 3). Este carácter es importante e indicativo de la calidad de una plántula en tomate de cáscara, debido a que un mayor grosor del tallo presenta menor probabilidad de que la planta se doble al momento del trasplante, logrando mayor porcentaje de establecimiento. Los resultados concuerdan con los reportados en plántulas de jitomate donde hubo diferencias estadísticas en el diámetro de tallo al aumentar la concentración de N y P en la solución nutritiva (Melton y Dufault, 1991).

De acuerdo con los análisis de varianza, el contenido

de macronutrientes en tejido vegetal a los 29 DDS mostró diferencias estadísticas entre las soluciones nutritivas empleadas (Cuadro 5). Así mismo, en la prueba de contrastes entre las soluciones nutritivas y el testigo determinó que la solución Steiner superó ( $P \leq 0.05$ ) a la de Triple 18 y al testigo en N, K, Ca, y Mg; en tanto que, el contenido de P en tejido vegetal, la solución de Triple 18 fue superior a la solución Steiner y al testigo (Cuadro 6).

La comparación de medias entre tratamientos para contenido de N indicó que las soluciones Steiner al 75 y 100 % tuvieron los valores más altos y superaron a la solución Steiner al 25 %, a las dos soluciones de Triple 18 y al testigo ( $P \leq 0.05$ ). Con respecto al contenido de P, las dos soluciones de Triple 18 superaron a las soluciones Steiner y al testigo; en K la solución Steiner de concentración variada semanalmente superó a la Triple 18 de concentración variada y al testigo; en Ca y Mg las soluciones Steiner fueron superiores a las de Triple 18 y al testigo, excepto al 25 % de concentración para Ca y 100 % para Mg (Cuadro 7). En general, la solución Steiner promovió mayor contenido nutrimental en tejido vegetal que la solución de Triple 18, excepto en P. Lo anterior puede atribuirse a que la solución Steiner presenta un balance adecuado de aniones y cationes, que permite una absorción adecuada de todos los nutrientes por las plantas (Lara, 2000), en tanto que la solución de Triple 18 sólo contiene N, P, K, S y Mg (Cuadro 1); es decir, es una solución desbalanceada, pues la proporción de aniones ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  y  $\text{SO}_4^{2-}$ ) y cationes (K, Ca y Mg) debe ser 60:5:25 y 35:45:20, respectivamente (Steiner, 1973), además de no contener micronutrientes.

Con relación al comportamiento del P, aunque los niveles estuvieron dentro del rango de suficiencia para jitomate, está entre 0.25 y 0.75 % (Jones *et al.*, 1991), la

**CUADRO 5. Cuadrados medios del análisis de varianza del contenido nutrimental a los 29 días después de siembra en plántulas de tomate de cáscara bajo tratamientos de soluciones nutritivas. Chapingo, México, 2004.**

Fuente de variación	GL	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	B
Tratamiento	7	8.70*	0.022*	17.64*	0.51*	0.14*	469.71	11.29*	226.14	273.64*	316.42*
Error	24	0.12	0.001	2.79	0.04	0.01	201.14	4.77	125.51	28.43	136.36
C.V. (%)		6.79	10.82	21.71	14.91	13.58	20.36	8.78	32.33	20.83	26.19
Media		5.05	0.30	7.70	1.46	0.81	69.66	24.88	34.66	25.59	44.59

\*Significancia con una  $P \leq 0.05$ .

GL: Grados de libertad; N: nitrógeno; P: fósforo; K: potasio; Ca: calcio; Mg: magnesio; Fe: hierro; Cu: cobre; Zn: zinc; Mn: manganeso; B: boro; C.V.: Coeficiente de variación.

**CUADRO 6. Contrastes del contenido nutrimental a los 29 días después de siembra entre soluciones nutritivas y el testigo en plántulas de tomate de cáscara. Chapingo, México, 2004.**

Solución	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	B
	(%)					(mg·litro <sup>-1</sup> )				
Steiner	5.81 a <sup>z</sup>	0.25 c	8.94 a	1.71 a	0.95 a	76.40 a	25.80 a	35.10 a	48.10 a	48.00 a
Triple 18	4.70 b	0.42 a	6.58 b	1.06 b	0.62 b	58.88 b	23.25 a	36.88 a	19.25 b	40.75 b
Testigo	1.97 c	0.33 b	3.75 c	1.03 b	0.57 b	57.50 b	23.50 a	28.00 a	16.25 b	32.25 b

<sup>z</sup>Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales.

N: nitrógeno; P: fósforo; K: potasio; Ca: calcio; Mg: magnesio; Fe: hierro; Cu: cobre; Zn: zinc; Mn: manganeso; B: boro.

**CUADRO 7. Comparación de medias del contenido de macronutrientes en plántulas de tomate de cáscara irrigadas con soluciones nutritivas. Chapingo, México, 2004.**

Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg
	(%)				
Testigo sin solución	1.97 e <sup>z</sup>	0.33 b	3.75 c	1.03 c	0.57 c
Sol. Steiner al 25 %	4.61 cd	0.27 bc	8.76 ab	1.53 ab	0.93 a
Sol. Steiner al 50 %	6.03 ab	0.27 bc	9.14 ab	1.65 a	0.90 a
Sol. Steiner al 75 %	6.17 a	0.25 c	8.47 ab	1.68 a	0.95 a
Sol. Steiner al 100 %	6.16 a	0.25 c	8.21 ab	1.90 a	0.88 ab
Sol. Steiner variada	6.10 ab	0.24 c	10.11 a	1.77 a	1.07 a
Sol. Triple 18 al 100 %	5.30 bc	0.41 a	7.78 ab	1.01 c	0.64 bc
Sol. Triple 18 variada	4.09 d	0.43 a	5.37 bc	1.11 bc	0.59 c
DMS	0.803	0.077	3.914	0.491	0.248

<sup>z</sup>Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales de acuerdo con la Prueba de Tukey, a una  $P \leq 0.05$ .

DMS: Diferencia mínima significativa.

menor absorción ocurrió con la solución Steiner, lo cual puede deberse a la baja concentración de la fuente empleada (27 mg·litro<sup>-1</sup>), ácido fosfórico (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>), que además, tiene la característica de precipitarse fácilmente y, probablemente, no fue retenido por el sustrato y se perdió con los lixiviados, contrario a la solución Triple 18 cuya concentración de P fue mayor (73.4 mg·litro<sup>-1</sup>) y se aproxima a la reportada en soluciones nutritivas empleadas en la hidroponía (60 mg·litro<sup>-1</sup>) (Sánchez y Escalante, 1988), además de ser una fuente con mejor solubilidad.

De acuerdo con los análisis de varianza (Cuadro 5) hubo diferencias estadísticas entre tratamientos en el contenido de micronutrientes para Cu, Mn y B. En la prueba de contrastes se encontró que la solución Steiner superó a la de Triple 18 y al testigo en estos elementos y en Fe (Cuadro 6). La comparación de medias por tratamiento indicó que la solución Steiner al 100 % tuvo valores superiores a la solución de Triple 18 al 100 % de concentración en contenido de Cu, al resto de tratamientos en contenido de Mn, y al testigo en concentración de B. Por otro lado, los valores más bajos se obtuvieron en la solución Triple 18 de concentración variada semanalmente en contenido de Fe; en la solución de Triple 18 al 100 % en contenido de Cu; y en el testigo en el contenido de Zn, Mn y B (Cuadro 8). Lo anterior resulta lógico por la disponibilidad de estos elementos puesto que la solución de Triple 18 empleada no contenía micronutrientes y el testigo fue regado sólo con agua.

Los coeficientes de variación resultaron de normales a bajos en el contenido nutrimental, excepto para el Zn en el que resultó elevado. En general, los coeficientes son más altos en micronutrientes que en macronutrientes, lo cual se puede explicar porque la solución nutritiva Triple 18 no contiene estos elementos y los valores fueron más variables.

**CUADRO 8. Comparación de medias del contenido de micronutrientes en plántulas de tomate de cáscara irrigadas con soluciones nutritivas. Chapingo, México, 2004.**

Tratamiento	Fe	Cu	Zn	Mn	B
	(mg·litro <sup>-1</sup> )				
Testigo sin solución	57.5 a <sup>z</sup>	23.5 ab	28.0 a	16.3 c	32.3 b
Sol. Steiner al 25 %	68.5 a	24.0 ab	29.5 a	23.8 bc	45.3 ab
Sol. Steiner al 50 %	73.0 a	25.5 ab	29.5 a	26.8 bc	40.8 b
Sol. Steiner al 75 %	74.0 a	25.8 ab	30.0 a	27.3 bc	45.3 ab
Sol. Steiner al 100 %	86.3 a	27.8 a	48.3 a	42.5 a	63.0 a
Sol. Steiner variada	80.3 a	26.0 ab	38.3 a	29.8 b	48.8 ab
Sol. Triple 18 al 100 %	62.3 a	22.5 b	31.0 a	19.8 bc	41.0 b
Sol. Triple 18 variada	55.5 a	24.0 ab	42.8 a	18.8 bc	40.5 b
DMS	33.21	5.11	26.24	12.49	27.35

<sup>z</sup>Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales, de acuerdo con la Prueba de Tukey, a una  $P \leq 0.05$ .

DMS: Diferencia mínima significativa.

Al no existir un comportamiento similar en la absorción de nutrientes, en diferentes especies, debido a que es un proceso influenciado por el tipo de iones presentes en la solución (Preciado *et al.*, 2000), los resultados obtenidos en la presente investigación pueden representar valores de referencia para tomate de cáscara, especie en la que, a la fecha, no se habían determinado los niveles de macro y microelementos en la etapa de plántula.

## CONCLUSIONES

Plántulas de mejor calidad se obtuvieron al ser irrigadas con la solución nutritiva Steiner, por lo que es más conveniente emplear la concentración de 50 % o variar la concentración semanalmente.

La solución Steiner favoreció la extracción de N, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn y B, más eficientemente que la de Triple 18.

La solución nutritiva Triple 18, aunque es desbalanceada al no contener una proporción adecuada de aniones y cationes, lo que afecta la absorción nutrimental, permitió un comportamiento aceptable en los caracteres de crecimiento evaluados, y puede ser empleada en la producción de plántula de tomate de cáscara en zonas donde sea difícil conseguir fertilizantes para preparar soluciones nutritivas completas.

## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y al Programa Universitario de Investigación en Olericultura por el apoyo económico brindado para realizar esta investigación.

## LITERATURA CITADA

- ARAIZAC, J.; SÁNCHEZ L., A. 1990. Horticultura Doméstica. 1ª edición. Editorial Trillas. México. 85 p.
- ASHER, C. J.; EDWARDS, D. G. 1983. Modern solution culture techniques. pp. 94-119. *In: Encyclopedia of Plant Physiology*. Vol. 15-A. PIRSON, A.; ZIMMERMAN, M. H. (eds.) Springer Verlag, Berlin, Germany.
- BASOCCU, L.; NICOLA, S. 1992. Effect of nutrition and substrate water content on growth under protection of pepper seedlings and fruit production in the field. *Acta Horticulturae* 323: 121-127.
- DUFAULT, R. J. 1998. Vegetable transplant nutrition. *HortTechnology* 8(4): 515-523.
- EHRET, D. L.; HO, L. C. 1986. Translocation of calcium in relation to tomato fruit growth. *Ann. Bot.* 58: 679-688.
- GARTON, R. W.; WIDDERS, I. E. 1990. Nitrogen and phosphorus preconditioning of small-plug seedlings influence processing tomato productivity. *HortScience* 25: 655-657.
- ISMAIL, M. R.; AHMAD, R. 1997. Differential growth and yield responses of tomato plants grown in different solution concentration using nutrient film technique and sand culture. *Acta Horticulturae* 450: 449-455.
- JONES Jr, B.; WOLF, J. B.; MILLIS, A. H. 1991. Plant Analysis Hand Book. Micro-Macro Publishing, Inc. U.S.A. 535 p.
- KARCHI, Z.; CANTLIFFE, D. J. 1992. Growth of containerized lettuce transplants supplemented with varying concentrations of nitrogen and phosphorus. *Acta Horticulturae* 319: 365-370.
- LARA H., A. 2000. Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. *Revista Terra* 17(3): 221-229.
- LESKOVAR, D. I.; STOFFELLA, P. J. 1995. Vegetable seedling root systems: morphology, development, and importance. *HortScience* 30(6): 1153-1159.
- MELTON, R. R.; DUFAULT, R. J. 1991. Tomato seedling growth, earliness, yield, and quality following pretransplant nutritional conditioning and low temperatures. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116(3): 421-425.
- NICOLA, S.; BASOCCU, L. 1994. Pretransplant nutritional conditioning affects pepper seedling growth and yield. *Acta Horticulturae* 361: 519-526.
- PEÑA L., A.; MOLINA G., J. D.; CERVANTES S., T.; MARQUEZ S., F.; SAHAGUN C., J.; ORTIZ C., J. 1998. Heterosis intervarietal en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 4(1): 31-37.
- PEÑA L., A.; SANTIAGUILLO H., J. F. 1999. Variabilidad genética del tomate de cáscara en México. *Boletín Técnico* Núm. 3. Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 26 p.
- PRECIADO R., P.; BACA G., A.; TORRES J., L. T.; SHIBATA K., J. 2000. Nitrógeno y potasio en la producción de plántulas de melón. *Revista Terra* 20(3): 267-276.
- SAGARPA. 2002. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Tomo I. D. F., México. 1476 p.
- SÁNCHEZ DEL C., F.; ESCALANTE R., E. R. 1988. Hidroponía. Un sistema de producción de plantas. Principios y métodos de cultivo. 3ª Edición. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 194 p.
- STEINER, A. A. 1973. The selective capacity of tomato plants for ions in a nutrient solution, pp. 43-53. *In: Proceedings 3rd International Congress on Soils Culture*. Wageningen, The Netherlands.
- WIDDERS, I. E.; LORENZ, O. A. 1982. Potassium nutrition during tomato plant development. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 118: 960-964.
- ZOBEL, R.W. 1995. Genetic and environmental aspects of roots and seedling stress. *HortScience* 30(6): 1189-1192.