

Plántulas de dos tipos de tomate (*Solanum lycopersicum*) cultivadas con tres soluciones nutritivas diferentes

Seedlings of two types of tomato (*Solanum lycopersicum*) grown with three different nutritive solutions

CRUZ-CRESPO, Elia*†, CAN-CHULIM, Álvaro, LUNA-ESQUIVEL, Gregorio y RAMÍREZ-GUERRERO, Leobarda Guadalupe

Universidad Autónoma de Nayarit, Unidad Académica de Agricultura, Km 9 Carr. Tepic-Compostela. 63780, Xalisco, Nayarit. Tel. 311 211 01 28.

ID 1^{er} Autor: Elia, Cruz-Crespo / ORC ID: 0000-0001-6777-4316, Researcher ID Thomson: S-7930-2018, CVU CONACYT ID: 101487

ID 1^{er} Coautor: Álvaro, Can-Chulim / ORC ID: 0000-0002-4063-7597, Researcher ID Thomson: S-7962-2018, CVU CONACYT ID: 161661

ID 2^{do} Coautor: Gregorio, Luna-Esquivel / ORC ID: 0000-0003-4716-0805, Researcher ID Thomson: S-9258-2018, CVU CONACYT ID: 39586

ID 3^{er} Coautor: Leobarda Guadalupe, Ramírez-Guerrero / ORC ID: 0000-0003-1764-477X, Researcher ID Thomson: S-7947-2018, CVU CONACYT ID: 211448

Recibido Abril 15, 2018, Aceptado Junio 30, 2018

Resumen

El objetivo fue analizar el crecimiento de plántulas de dos tipos de tomate, bola y saladette, cultivadas con las soluciones de Steiner, Hoagland, con y sin micronutrientes (SCM, SSM, HCM, HSM) y una fórmula comercial (T). Se utilizó un invernadero, y un diseño completamente al azar con arreglo factorial 5x2, con 10 repeticiones. Se evaluó altura de plántula, diámetro de tallo, biomasa fresca y seca aérea, biomasa seca de la raíz, y concentración de N, P y K. La altura y el contenido de N, P y K en plántulas de tomate saladette se debió a la interacción entre el tipo de tomate y la solución nutritiva. Mas la solución nutritiva y el tipo de tomate, factores principales, también tuvieron efecto, donde SCM resultó con los valores más altos en las variables, aunque el mayor contenido nutrimental fue para la solución T. Las plántulas de tomate bola tuvieron el mayor valor de las variables evaluadas a excepción de la altura y del contenido de N, P y K que fueron menores en el tomate saladette. Los microelementos favorecieron el crecimiento.

Steiner, Hoagland, micronutrientes

Abstract

The objective was to analyze the growth of seedlings of two types of tomato, ball and saladette, cultivate with the solutions of Steiner, Hoagland, with and without micronutrients (SCM, SSM, HCM, HSM) and a commercial formula (T). A greenhouse was used, and completely randomized design with a 5x2 factorial arrangement, with 10 repetitions. Seedling height, stem diameter, fresh and dry biomass of the aerial part, dry biomass of the root, and concentration of N, P and K were evaluated. The height and content of N, P and K in seedlings of saladette tomato was due to the interaction between the type of tomato and the nutritive solution. But the nutritive solution and the type of tomato, main factors, also had an effect, where SCM resulted with the highest values in the variables, although the highest nutritional content was for solution T. The ball tomato seedlings had the highest value of the variables evaluated except for the height and content of N, P and K that were lower in the saladette tomato. The microelements favored the growth

Steiner, Hoagland, micronutrientes

Citación: CRUZ-CRESPO, Elia, CAN-CHULIM, Álvaro, LUNA-ESQUIVEL, Gregorio y RAMÍREZ-GUERRERO, Leobarda Guadalupe. Plántulas de dos tipos de tomate (*Solanum lycopersicum*) cultivadas con tres soluciones nutritivas diferentes. Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales. 2018, 4-12: 19-27.

*Correspondencia al Autor (Correo electrónico: ccruz2006@yahoo.com.mx)

† Investigador contribuyendo como primer Autor.

Introducción

En México, el tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.) es una de las especies hortícolas de mayor demanda, cuya exportación genera la mayor aportación de divisas a la balanza agropecuaria además de la mayor cantidad de empleos durante la cadena de producción y comercialización (FIRA, 2016; Magaña, 2011; Moreno *et al.*, 2011). Por lo tanto, existe la necesidad de cubrir la demanda de plántula de calidad. Las plántulas sanas y vigorosas provienen de un almácigo donde encuentran las condiciones físicas, químicas y nutrientes necesarios para su buen crecimiento, que garantiza la obtención de una producción significativa y con calidad que permita disminuir la pérdida de plántulas después del trasplante (Ortega-Martínez *et al.*, 2010).

En relación a la nutrición, se han buscado diversas formas de suministro como el uso de materiales compostados o lombricompostados en tomate y chile (*Capsicum annuum* L.) y el uso de soluciones nutritivas (Zaller, 2007; Bachman y Metzger, 2008; Rodríguez-Canche *et al.*, 2010); no obstante, solo existen algunos estudios relacionados al estudio de diferentes formulaciones de soluciones nutritivas en la producción de plántula (Juárez-Hernández *et al.*, 2012). La formulación de la solución nutritiva cobra gran relevancia, ya que según Cadahia (1998) la nutrición mineral consiste en el suministro de los seis macroelementos esenciales en forma de cationes (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) y aniones (NO_3^- , $H_2PO_4^-$, SO_4^{2-}) y en ocasiones amonio (NH_4^+). No obstante, esto depende de factores diversos tal como variedad, clima, edad de la planta.

En la costa del estado de Nayarit, es importante la superficie con producción de diferentes tipos de chile, además del tomate y pepino (*Cucumis sativus* L.) (INEGI, 2007). En la región, existen productores de plántula, quienes fertilizan aplicando sólo el N, P y K, mediante la fórmula comercial 12-43-12, ya que se desconocen otros elementos nutritivos esenciales, así como otras formulaciones más completas como lo son la solución nutritiva de Steiner o la solución nutritiva de Hoagland (Juárez-Hernández *et al.*, 2012).

Por lo anterior, el objetivo de la investigación fue analizar las variables del crecimiento de plántulas de dos tipos de tomate, bola y saladette, cultivadas con las soluciones nutritivas de Steiner, Hoagland, con y sin micronutrientes, y un producto comercial (12-43-12), y la posible interacción entre la nutrición y el tipo de tomate.

Material y Método

El experimento se llevó a cabo en un invernadero de la Universidad Autónoma de Nayarit, cuyas dimensiones fueron 35 x 10 m, con cubierta de plástico y paredes de malla antiáfidos. Las temperaturas mínima y máxima promedios fueron de 23 y 42 °C, respectivamente, con humedad relativa promedio de 75 % y una radiación promedio de 490 $\mu\text{mol fotón m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Se utilizó semilla de tomate tipo bola 'Zyanya' y semillas de tomate tipo saladette 'Soberano' de la casa comercial Zeraim Gedera. Se sembró el 12 de mayo del 2015 en charolas de unicel con 200 cavidades, que contenían el sustrato comercial Peat moss Sunshine® número tres, se colocó una semilla por cavidad. Después se regaron con la solución nutritiva respectiva (Steiner o Hoagland, con o sin micros, y con fórmula comercial) conformando así 10 tratamientos. El número de riegos varió de 1 a 3 por día, en función del crecimiento de la planta y de las condiciones ambientales, con un gasto de 1 L de solución nutritiva por charola. Se sembró una charola por tratamiento.

En la preparación de las soluciones nutritivas se consideró el análisis de agua: 0.70 Ca^{+2} , 0.60 Mg^{+2} , 0.15 K^+ , 0.11 SO_4^- , 0.40 Cl^- meq L^{-1} . La composición de la solución de Steiner (Steiner, 1984) (en meq L^{-1}) fue de 3 NO_3^- , 0.25 $H_2PO_4^-$, 1.75 SO_4^- , 1.75 K^+ , 2.25 Ca^{2+} y 1 Mg^{2+} ; la composición de la solución de Hoagland (Hoagland y Arnon, 1950) fue de 3.5 NO_3^- , 0.25 $H_2PO_4^-$, 1 SO_4^- , 1.5 K^+ , 2 Ca^{2+} , 1 Mg^{2+} y 0.25 NH_4^+ . La concentración de micronutrientes fue ($mg \cdot Kg^{-1}$): 0.75 Fe, 0.37 Mn, 0.07 B, 0.06 Zn, 0.03 Cu y 0.02 Mo. Los fertilizantes utilizados fueron $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$, KNO_3 , $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, K_2SO_4 y KH_2PO_4 , incluyendo NH_4NO_3 sólo para la solución de Hoagland. La composición de solución con el producto comercial 12-43-12 fue (%): 12 N, 43 P_2O_5 , 12 K_2O , 0.1 Fe, 0.05 Mn, 0.02 B, 0.015 Zn, 0.011 Cu, 0.007 Mo.

Las variables evaluadas fueron: altura de plántula, se midió a partir de la base del tallo hasta la yema apical (cm); el diámetro de tallo, se midió 1.5 cm arriba del nivel del sustrato con un vernier digital® (6"/150 mm), ambas variables se registraron a los 0, 5, 10, 15 y 20 ddg; biomasa fresca y seca de la parte aérea, la plántula se cortó a nivel de sustrato y se pesó inmediatamente en una balanza analítica 0.0001 g de precisión, después se secaron en una estufa con circulación de aire a 60°C, ambas variables se midieron a los 15 y 25 ddg; biomasa seca de raíz, la raíz fresca se seco y se pesó en una balanza analítica con 0.0001 g de precisión.

Se determinó la concentración nutrimental en las hojas de las plántulas. Las hojas secas y pulverizadas se sometieron a digestión húmeda por triplicado, y en el extracto se determinó N total por el método micro Kjeldahl (Alcántar-González y Sandoval-Villa, 1999). P se midió con el método de amarillo vanadato molibdato mediante un espectrofotómetro UV-Visible Thermo Fisher Scientific modelo Genesys™ 20® (Wisconsin, USA. K se determinó en un flamómetro Sherwood modelo 410® (Cambridge, U.K.).

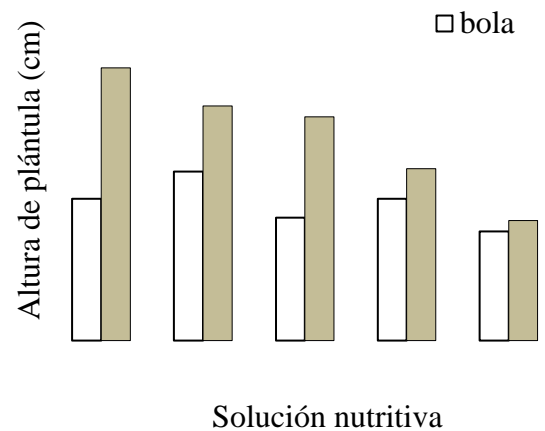
Los datos de las variables se analizaron en un diseño completamente al azar, con arreglo factorial 5 x 2 con 10 repeticiones, y se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) con el programa SAS (SAS Institute, 1999). La unidad experimental consistió de 10 plántulas.

Resultados

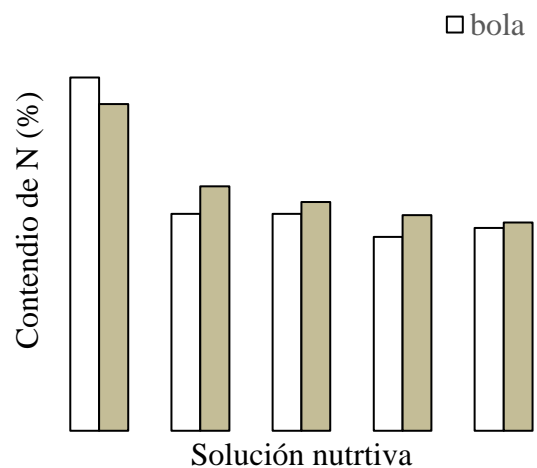
Interacción solución nutritiva y tipo de tomate. Se encontró interacción entre el factor solución nutritiva y tipo de tomate a los 25 días para la variable altura de plántula, contenido de N, P y K. De acuerdo a la Gráfica 1 se observó que la altura de la plántula fue mayor en el tomate tipo saladette con la solución nutritiva T y SCM, mientras que la menor altura fue con la solución nutritiva HSM tanto con el tomate saladette y bola (Gráfica 1).

En relación al concentración de nitrógeno, éste fue mayor en el tomate saladette y tomate bola tratado con la solución T, pero como las soluciones SCM, SSM y HCM la concentración de N fue de valor mayor para el tomate saladette, mientras que la concentración menor de N se obtuvo con la solución HSM en ambos tipos de tomate (Gráfica 2).

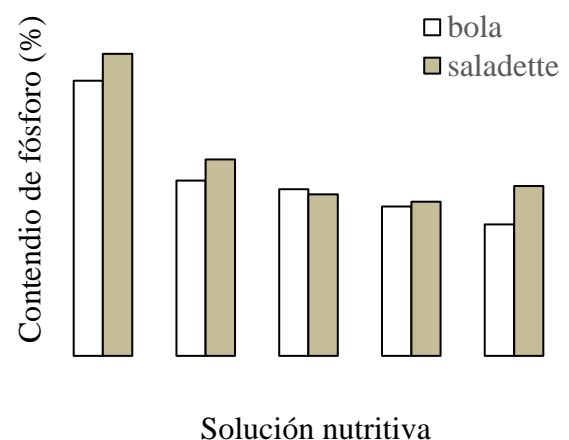
La concentración de P y K fue mayor en el tomate tipo saladette en combinación con la solución nutritiva T y SCM, mientras que la menor concentración de fósforo fue con la solución HCM y HSM en el tomate tipo bola (Gráfica 3 y Gráfica 4).



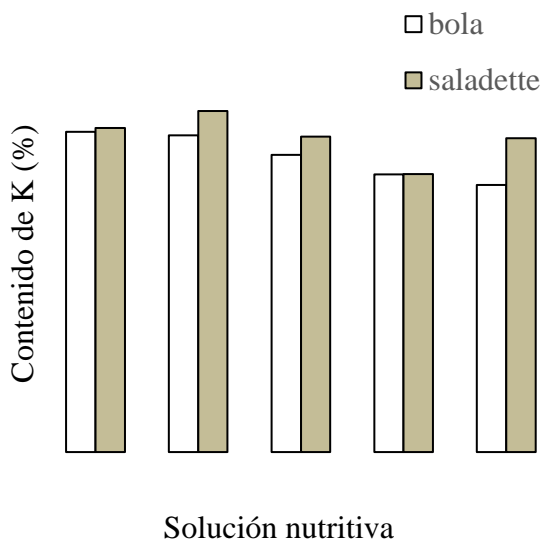
Gráfica 1 Altura de plántula de plántulas de tomate a los 25 días después de germinación en función de la solución nutritiva y tipo de tomate, bola y saladette



Gráfica 2 Contenido de N de plántulas de tomate a los 25 días después de germinación en función de la solución nutritiva y tipo de tomate, bola y saladette.



Gráfica 3 Concentración de fósforo de plántulas de tomate a los 25 días después de germinación en función de la solución nutritiva y tipo de tomate, bola y saladette



Gráfica 4 Concentración de fósforo en plántula de tomate a los 25 días después de germinación en función de la solución nutritiva y tipo de tomate, bola y saladette

Factor solución nutritiva

Además del efecto de la interacción, también en el crecimiento de la plántula se obtuvo efecto por el factor solución nutritiva. La altura de la plántula de valor menor se obtuvo con la solución HSM, en tanto que la solución T y la solución SCM, mostraron la altura mayor sin diferencias entre ambas, le siguieron las soluciones SSM y la solución HCM, esto para los 5, 15 y 25 ddg (Tabla 1). En referencia a los 25 ddg el T y la solución SCM, mostraron aproximadamente 3% mayor altura (0.30 cm) en comparación a la solución SSM y HCM. De acuerdo a la Tabla 2, también se observó a los 5 y 15 ddg que las soluciones SCM, SSM y HSM obtuvieron un mayor diámetro de tallo en comparación al T y a HCM; sin embargo, a los 25 ddg todas las soluciones fueron iguales a excepción del T, que fue el que mostró el menor valor en las diferentes fechas evaluadas en un 4.6%.

Factor	Altura de plántula (cm)			
	Inicial	5	15	25
Solución	ddg			
T	2.19 a	4.10 ab	9.34 a	10.2 a
SCM	2.25 a	4.20 a	9.33 a	9.98 a
SSM	2.23 a	3.95bc	9.21 a	9.77 b
HCM	2.33 a	3.95bc	8.86 b	9.65 b
HSM	2.27 a	3.93 c	8.78 b	9.34 c
D.M.S	0.149	0.157	0.202	0.184
Tipo de tomate				
Saladette	2.28 a	3.97 b	9.31 a	10.00 a
Bola	2.22 a	4.08 a	8.89 b	9.50 b
D.M.S	0.066	0.070	0.090	0.082

Tabla 1 Altura de plántulas de tomate

Factor	Diámetro de tallo (mm)			
	Inicial	5	15	25
Solución	ddg			
T	0.98 a	1.44 c	2.07 d	2.68 b
SCM	0.97 a	1.52 b	2.50 a	2.84 a
SSM	0.97 a	1.54 ab	2.45 ab	2.82 a
HCM	0.97 a	1.46 c	2.30 c	2.80 a
HSM	0.98 a	1.55 a	2.40 b	2.78 a
D.M.S	0.026	0.022	0.070	0.052
Tipo de tomate				
Saladette	0.92 b	1.44 b	2.33 a	2.73 b
Bola	1.02 a	1.56 a	2.36 a	2.84 a
D.M.S	0.011	0.009	0.031	0.023

Tabla 2 Diámetro de tallo de plántulas de tomate

La comparación de medias muestra para la variable biomasa fresca aérea (Tabla 3), que la solución SCM y HCM obtuvieron el mayor peso y la solución T el menor a los 25 ddg, en relación a los demás.

Factor	Biomasa fresca aérea (g)		Biomasa seca aérea (g)	
	15	25	15	25
Solución	ddg			
T	0.93 b	1.54 b	0.11 c	0.21 b
SCM	1.25 a	1.84 a	0.15 a	0.27 a
SSM	1.24 a	1.64 b	0.14 b	0.25 ab
HCM	1.04 b	1.67 ab	0.14 b	0.23 ab
HSM	1.18 a	1.64 b	0.12 c	0.23 ab
D.M.S	0.121	0.176	0.011	0.057
Tipo de tomate				
Saladette	1.12 a	1.71 a	0.13 a	0.24 a
Bola	1.14 a	1.62 b	0.13 a	0.23 a
D.M.S	0.054	0.079	0.005	0.025

Tabla 3 Biomasa fresca de la parte aérea y biomasa seca de la parte aérea de plántulas de tomate

Para la biomasa seca aérea, las diferentes soluciones nutritivas fueron estadísticamente iguales entre sí a los 25 ddg, mas la solución T registró el peso seco menor, esto a pesar de que a los 15 ddg se diferenciaron más los valores entre las soluciones.

Para la biomasa seca de raíz la comparación de medias (Tabla 4) indica que esta fue menor con el T, mientras que las soluciones SCM y SSM fueron las que obtuvieron una mayor biomasa seca acumulada de raíz, le siguieron los tratamientos HCM y HSM, esto para las diferentes fechas de muestreo.

La biomasa seca de raíz tuvo un comportamiento similar al de la biomasa seca de la parte aérea, donde la solución SCM fue la de mayor valor hacia los 15 y 25 ddg, y las demás soluciones con el valor menor de biomasa seca de raíz, sin diferencias entre estas. Considerando los 25 ddg, en las soluciones SCM y SSM, la biomasa seca de raíz fue mayor un 12.82 % en relación a los tratamientos HCM y HSM.

Biomasa seca de raíz		
Factor	15	15
Solución nutritiva	ddg	
T	0.03 ab	0.05 b
SCM	0.03 a	0.06 a
SSM	0.03 a	0.05 ab
HCM	0.03 ab	0.05 b
HSM	0.02 b	0.05 b
D.M.S	0.006	0.007
Tipo de tomate		
Saladette	0.03 b	0.05 b
Bola	0.03 a	0.05 a
D.M.S	0.002	0.003

Tabla 4 Biomasa seca de raíz de plántulas de tomate

Factor	N	P	K
Solución nutritiva			
T	1.29 a	0.97 a	4.04 a
SCM	0.87 b	0.62 b	4.13 a
SSM	0.84 b	0.55 c	3.85 b
HCM	0.77 c	0.51 d	3.49 c
HSM	0.78 c	0.50 d	3.65 c
D.M.S	0.039	0.032	0.166
Tipo de tomate			
Saladette	0.92 a	0.66 a	3.95 a
Bola	0.89 b	0.60 b	3.71 b
D.M.S	0.017	0.014	0.073

Tabla 5 Concentración de N, P y K en la biomasa de plántulas a los 25 días después de germinación

En relación a la concentración nutrimental, la solución T presentó el mayor contenido de N y P, en referencia a las demás soluciones (Tabla 5).

Con respecto a la solución SCM y SSM, el contenido de nitrógeno y fósforo de T fue mayor en un 33 y 39%, respectivamente. A su vez la solución SCM y SSM mostraron mayor contenido de N y P en comparación a la solución HCM y HSM en aproximadamente 10 y 13%, respectivamente. El contenido de potasio fue mayor en el T y en la solución SCM con un 12% aproximado, en referencia a las soluciones HCM y HSM.

Factor tipo de tomate

Para la variable altura de plántula por efecto del factor tipo de tomate se observó que a los 15 y 25 ddg el tomate saladette obtuvo la mayor altura de plántula (Tabla 1). El tomate tipo bola fue el que obtuvo un mayor diámetro de tallo a lo largo de las diferentes fechas de muestreo (Tabla 2). Para la biomasa fresca aérea, se observó que a los 15 y 25 ddg el tomate saladette fue el que obtuvo un mayor peso fresco, sin embargo, a los 15 ddg no hubo diferencias entre los tipos de tomate. En el caso de la biomasa seca aérea los tipos de tomate no mostraron diferencias en las diferentes fechas de evaluación (Tabla 3).

Mientras que para la biomasa seca de raíz se aprecia que el tomate tipo bola fue el que obtuvo mayor peso (Tabla 4). En cuanto a la concentración de N, P y K en la biomasa de plántulas, el tomate saladette mostró los valores superiores (Tabla 5).

Discusión

De acuerdo a los resultados, el contenido de N, P y P, y la altura de las plántulas de tomate tipo saladette se debió en parte a la interacción del tipo de tomate con la solución nutritiva, T y SCM. No obstante, en el resultado para estas variables también tuvo efecto la solución nutritiva por sí misma, y el tipo de tomate, como a continuación de señala para todas las variables.

En general, se observó que la solución T al final de la evaluación alcanzó la mayor altura de plántula pero el menor diámetro de tallo, así también la menor acumulación de biomasa fresca y seca aérea. A favor de lo anterior, se encontró correlación negativa entre altura y diámetro de tallo de plántula ($r = -0.6488$, $p = 0.0001$).

En cuanto al contenido nutrimental la solución T fue la de mayor concentración de N, P y K, lo cual puede explicar la mayor altura de plántula, debido a que se observó correlación positiva ($r = 0.8064$, $p = 0.0003$), entre altura de plántula y contenido de N; correlación positiva entre altura de plántula y P ($r = 0.7090$, $p = 0.0031$), y entre altura de plántula y K ($r = 0.7418$, $p = 0.0015$). Existe escasa literatura donde se analizan los resultados de la concentración de nitrógeno en tejido de plántulas u otros elementos y su relación con las variables de crecimiento como lo es la altura y diámetro de tallo.

Al respecto, Preciado-Rangel *et al.* (2002), reportaron menor concentración de N en el tejido de plántulas de melón (*Cucumis melo* L.) cuando la concentración de la solución nutritiva pasó de 12 a 16 mol m⁻³ de N, mientras que la altura de la plántula no fue diferente, aunque el diámetro de tallo disminuyó significativamente. En cambio, Magdaleno-Villar *et al.* (2006), no observó diferencias en el contenido de nitrógeno del tejido, altura y diámetro de tallo en plántulas de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) cuando la concentración de la solución de Steiner se movió de 25 al 100%.

De acuerdo a Casillas (2012), al variar la concentración de P de 1 a 4 meq L⁻¹ en la solución nutritiva, se encontró mayor acumulación de P con la concentración de 3 meq L⁻¹. Además, se observó que conforme se incrementó la concentración de P en la solución, se elevó la concentración del nutriente en raíz, tallo y hoja. Sánchez (2012), para el caso del chile habanero al variar la concentración de fósforo de 1 a 4 meq L⁻¹ la acumulación de fósforo en hojas, tallos y raíz fue mayor con la concentración de 3 meq L⁻¹.

Por otra parte, al contrastar la solución de Steiner y Hoagland en el presente estudio, en términos generales, la solución de Steiner incrementó la concentración de N, P y K en la biomasa de plántula; y a su vez las variables de crecimiento de mayor y sistema radicular, los cuales de acuerdo a Souza *et al.* (2004), constituyen las características morfológicas más importantes para el establecimiento en campo.

En relación al estudio de plántula se tienen diversas investigaciones sobre el estudio de niveles o concentraciones de una formulación específica o en su defecto estudios de niveles de algún nutrimento en particular, sin embargo, estudios de comparación entre diferentes formulaciones de soluciones nutritivas como la solución Steiner y Hoagland es escaso, no obstante se discute lo siguiente: en el caso de higuera (*Ficus carica* L.) la altura de plántula, diámetro de tallo, la biomasa fresca y seca de la parte aérea obtuvieron significativamente mayor valor con la solución de Hoagland en comparación con la de Steiner (Sevil-Kilinc *et al.*, 2007).

En estudios de plántulas de tomate de cáscara se comparó el fertilizante triple 18 con solución de Steiner al 25 %, donde el triple 18 presentó la mayor altura de plántula mientras que el diámetro de tallo y la biomasa fresca y seca se mantuvieron sin diferencias (Magdaleno-Villar *et al.*, 2006), lo cual guarda similitud en cuanto a los tratamientos del presente trabajo y en la variable altura de plántula. En plántulas de guayule (*Parthenium argentatum* A.) se observó mayor altura y diámetro de tallo a mayor concentración iónica de la solución Hoagland (Hurly *et al.*, 1991). Lo mismo se observó en plántula de sanqui (*Panaxnuto ginseng* B.) (Zhou *et al.*, 2012).

En el análisis de diferentes niveles de solución nutritiva de Hoagland (10, 25 y 50%) Zhou *et al.* (2012), encontraron para plántulas de sanqui altura de la parte aérea similar entre estas, más en soluciones al 25 y 50% presentaron la mayor biomasa fresca y seca; en tanto que para houpu (*Magnolia officinalis* R.) no se encontraron diferencias entre las diferentes concentraciones; para huangqui (*Astragalus membranaceas* R.), las diferencias para las variables señaladas fueron significativas entre las diferentes soluciones nutritivas.

Por su parte, Oliveira *et al.* (2014), estudiaron en Chile pimiento, soluciones nutritivas en diferentes concentraciones iónicas (25, 50, 75 y 100%) y encontraron plantas más vigorosas en la concentración al 75%. Villa-Castarena *et al.* (2005), encontraron que a mayor contenido de N aplicado aumentó la altura y la biomasa seca de la plántula, hasta cierto nivel, ya que concentraciones altas resultaron lo contrario; situación similar reportaron en el cultivo de guayule donde el peso de la biomasa fresca de la parte aérea y raíz incrementaron a mayor concentración de nitrógeno (Hurly *et al.*, 1991).

Lo anterior muestra que para cada especie hay necesidades específicas y que por lo tanto para la producción de plántula en sistemas de cultivo sin suelo se requiere del suministro adecuado de los elementos esenciales. Pero es importante determinar la formulación de la solución nutritiva apropiada para cada especie, variedad y tipos.

En el presente trabajo se puede inferir que la formulación de cada una de las soluciones nutritivas utilizadas influyeron en el resultado de las variables de crecimiento y concentración nutrimental en las plántulas de tomate. Steiner (1984) indicaron que para el desarrollo de los cultivos, la relación mutua entre aniones, la relación mutua entre cationes, la concentración de nutrimentos totales, pH y la relación NO_3^- ; NH_4^+ , son de las características más importantes a considerar. Los resultados de la presente investigación, permiten corroborar en parte lo establecido por estos autores.

En relación a los tratamientos con y sin microelementos se observó al término de la evaluación (25 ddg) que las plántulas tratadas sin micronutrientes presentaron menor altura (entre 2 y 3%) y tendieron a menor biomasa fresca y seca acumulada de la parte aérea. En cuanto al contenido nutrimental sólo se observó menor cantidad de P y K en la solución de Steiner sin microelementos, lo cual fue congruente con lo reportado por Afroushen *et al.* (2010), quienes estudiaron la solución de Hoagland completa y la solución de Hoagland sin algunos microelementos como el Fe, Mg, Mn y Mo, donde encontraron disminución significativa de la altura, y en la biomasa fresca aérea por ausencia de estos.

Conclusiones

La altura y el contenido de N, P y K de las plántulas de tipo saladette se debió en parte a la interacción entre el tipo de tomate y la solución nutritiva, T (12-43-12) y solución de Steiner con micronutrientes.

La solución de Steiner con microelementos con una concentración del 25 % resultó ser la mejor, para el crecimiento de plántulas de tomate, ya que promovió mayor diámetro, biomasa fresca y seca acumulada de la parte aérea, biomasa seca acumulada de raíz y altura de plántula.

La concentración nutrimental de N, P y K en la biomasa de plántulas fue diferente entre las soluciones nutritivas utilizadas, donde la fórmula comercial 12-43-12 propició mayor concentración de N, P y K seguida de la solución Steiner con microelementos.

Las plántulas de tomate tipo bola lograron mayor diámetro, biomasa seca acumulada de raíz radicular y biomasa seca acumulada de la parte aérea, aunque la concentración nutrimental de N, P y K en el tejido fue menor en comparación al tomate tipo saladette.

La adición de microelementos en la solución nutritiva favorece el crecimiento de la plántula y la acumulación de nutrimentos.

Referencias

- Afrousheh, M., Ardalan, M. & Hokmabadi, H. (2010). Nutrient deficiency disorders in *Pistacia Vera* seedling rootstock in relation to eco-physiological biochemical characteristics and uptake pattern of nutrients. *Scientia Horticulturae*, 24, 141-148. doi.org/10.1016/j.scienta.2009.12.001
- Alcántar-González, G. & Sandoval-Villa, M. (1999). Manual de análisis químico de tejido vegetal. Guía de muestreo, preparación, análisis e interpretación. Publicación especial 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo, México, p.155.
- Bachman, G. R. & Metzger J. D. (2008). Growth of bedding plants in commercial potting substrate amended with vermicompost. *Bioresource Technology*, 99, 3155-3161. doi 10.1016/j.biortech.2007.05.069
- Cadahia, C. (1998). Fertirrigación cultivos hortícolas y ornamentales (1a ed.). Barcelona, España: Mundi-Prensa. 475 p.
- Casillas, B. M. (2012). Solución nutritiva para la producción de plántula de pepino (*Cucumis sativus* L.). Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Nayarit. Unidad Académica de Agricultura. Xalisco, Nayarit; México.
- Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA). (2016). Panorama Aroalimentario. Tomate Rojo. FIRA Banco de México. México, D.F. 35 p.
- Hoagland, D. R. & Arnon, D. I. (1950). The wáter-culture method for growing plants without soil. *California Agricultural Experiment Station Circular*, 347, 1-32.

- Hurly, R. F., Van Staden, J. & Smith, M. T. (1991). Influence of applied nutrient son seedling growth in guayule. *Bioresource Technology*, 35, 157-165. doi.org/10.1016/0960-8524(91)90024-E
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, (2007). Censo agropecuario.
- Juárez-Hernández, J. R., Valle, E., García-Verdugo, H., Villegas-Asparicio, H. & Velasco-Velasco, V. A. (2012). Dose of nutrient solution applied to tomato seedlings and its effect on fruit yield. *AgrisRecoeds*, 927 (1), 255-260.
- Magdaleno-Villar, J. J., Peña-Lomeli, A., Castro-Brindis, R., Castillo-González, A. M., Galvis-Spindola, A., Ramírez-Pérez, F. & Hernández-Hernández, B. (2006). Efecto de soluciones nutritivas sobre el desarrollo de plántulas de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 12 (2), 223-229. doi.org/10.5154/r.rchsh.2005.11.050
- Magaña, L. D. (2011). Oportunidades de inversión en la producción de tomate rojo en México. Boletín informativo No. 13. Fideicomiso instituido en relación con la agricultura (FIRA). México. 25 p.
- Moreno R. A., J. Aguilar D. & A. Luévano G. (2011). Características de la agricultura protegida y su entorno en México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 15, 763-774.
- Oliveira, F. A., Medeiros, J. F., Linhares, P. S., Alves, R. C., Medeiros, A. M. E. & Oliveira, M. K. (2014). Produção de mudas de pimenta fertirrigadas com diferentes soluções nutritivas. *Horticultura Brasileira*, 32, 458-463.
- Ortega-Martínez, L. D., Sánchez-Olarte, J., Díaz-Ruiz, R. & Ocampo-Mendoza, J. (2010). Efecto de diferentes sustratos en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.). *Ra Ximhai*, 6 (3), 25-43.
- Preciado-Rangel, P., Baca, C. G., Tirado, T. J., Kohashi-Shibata, J., Tijerina, C. L. & Martínez, G. A. (2002). Nitrógeno y potasio en la producción de plántulas de melón. *Terra*, 20 (3), 267-276.
- Rodríguez-Canché, L. G., Cardoso-Vigueros, J. L., Carvajal-León, J. & Poot-Dzib, S. de la C. (2010). Production of habanero pepper seedlings with vermicompost generated from sewage sludge. *Compost Science & Utilization*, 18 (1), 42-46. doi.org/10.1080/1065657X.2010.10736932
- Sánchez, G. C. (2012). Solución nutritiva para la producción de plántulas de chile habanero (*Capsicum chinense* J.). Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Nayarit. Unidad Académica de Agricultura.. Xalisco, Nayarit, México.
- SAS Institute. (1999). Statistical Analysis System (SAS) Versión 8 User's guide. Cary, N. C. USA. 584 p.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIACON, 2011). Anuario agropecuario. Recuperado de: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=261&Itemid=429, acesada 9/02/2012. Consultado el 10 de Septiembre de 2017.
- Sevil-Kilinc, S., Ertan, E. & Seferoglu, S. (2007). Effects of different nutrient solution formulation son morphological and biochemical characteristics of nursery fig tres grown in substrate culture. *Scientia Horticulturae*, 113, 20-27. doi.org/10.1016/j.scienta.2007.01.032
- Souza, M. M., Santana, P. T., Pio, V. A., Gonzaga, P. M., Amaral, J. T. & Chagas, M. H. (2004). Flower receptivity and fruit characteristics associated to time of pollination in the yellow passion fruit *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Degener (Passifloraceae). *Scientia Horticulturae*, 101(4), 373-385. doi: 10.1016/j.scienta.2003.11.020
- Steiner, A. A. (1984). The universal nutrient solution. pp. 633-650. In: Proceedings 6th International Congress on Soilles Culture. Wageningen, The Netherlands.
- Villa- Castorena, M., Catalán, V. E., Inzunza, I. M. & Roman, L. A. (2005). Manejo de la fertilización en plántulas de tomate para transplante. *Agrofaz*, 5 (3), 1-4.

Zaller, J. G. (2007). Vermicompost as a substitute for peat in potting media: Effects on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. *Scientia Horticulturae*, 112, 191–199. doi.org/10.1016/j.scienta.2006.12.023

Zhou, J., Kulkarni, M. G., Huang, L. Q., Guo, L. P. & Van Staden, J. (2012). Effects of temperatura, light, nutrients and smoke-water on seed germination and seedling growth of *Astragalus membranaceus*, *Panaxnoto ginseng* and *Magnolia officinalis* highly traded chinese medical plants. *South African Journal of Botany*, 79, 62-70. doi.org/10.1016/j.sajb.2011.11.004