

PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE CHILE HABANERO (*Capsicum chinense* Jacq.) CON DIFERENTES RELACIONES $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ Y TAMAÑO DE PARTÍCULA DE SUSTRATOS

Production and Quality of Habanero Pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) with Different $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ Ratios and Size of Substrate Particles

Tucuch-Haas C. J.¹, Alcántar-González G.^{1*}, Ordaz-Chaparro V. M.¹,
Santizo-Rincón J. A.¹ y Larqué-Saavedra A.²

RESUMEN

En México, el chile habanero es ampliamente consumido especialmente en los estados de Yucatán, Quintana Roo, Campeche y Tabasco. Yucatán ocupa uno de los primeros lugares de importancia en cuanto a la siembra de esta hortaliza. En los sistemas hidropónicos la solución nutritiva y el sustrato tienen una función importante en el desarrollo de las plantas. La absorción de nitrógeno (N) por la planta ocurre principalmente, en forma de nitrato (NO_3^-) y amonio (NH_4^+) o como compuestos sin carga de bajo peso molecular en la forma de urea y algunos aminoácidos. El empleo de elevadas relaciones amonio/nitrato limitan el crecimiento de las plantas, pero una baja relación lo favorece. El objetivo del presente trabajo fue evaluar cuál es la mejor relación amonio/nitrato y granulometría de sustrato para incrementar el rendimiento y calidad del fruto de chile habanero. La investigación se realizó en los invernaderos del Colegio de Posgraduados campus Montecillo. Como sustrato se usó grava volcánica roja localmente conocida como tezontle con cuatro diferentes rangos de partículas: 3-5, 5-10, 10-20 mm de diámetro y una sin cribar. Para la evaluación de las diferentes relaciones $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ (0/100, 10/90, 20/80, 30/70) se utilizó la solución Steiner, en la cual se modificó la fuente de suministro de N con diferentes proporciones. El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con un factorial 4². El mejor resultado para las variables rendimiento y calidad de frutos se observó en el tezontle con granulometría de 10-20 mm en combinación con una relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$

de 10/90% respectivamente, en la que se obtuvo un rendimiento de 302.1 g planta⁻¹ en tres cortes. La combinación tezontle sin cribar y relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ de 0/100% respectivamente, mostró el resultado más bajo con 76.5 g planta⁻¹ para todas la variables evaluadas.

Palabras claves: hidroponía, nutrición vegetal, nitrógeno, agricultura protegida, hortalizas.

SUMARY

In Mexico, habanero pepper is widely consumed especially in the States of Yucatan, Quintana Roo, Campeche and Tabasco. Yucatan is one of the first places of importance this vegetables. Hydroponic systems are an important alternative to replace traditional methods in commercial production, in which the substrate is a very important component. In hydroponic systems the absorption of nitrogen (N) by plant mainly occurs in the form of nitrate (NO_3^-) and ammonium (NH_4^+) or as a compound neutral charge of low molecular weight in the form of urea and some amino acids. The utilization of high ammonium/nitrate ratios limits the growth of plants but growth is enhanced by a low ratios. The objective of this study was to increase yield and quality of the fruit of habanero pepper. The research was conducted on the greenhouse facilities of Colegio de Postgraduados located at Montecillo, Mexico. As substrate we utilized a red volcano graved locally know as tezontle with four particles size: 2-3, 5-10, 10-20 mm diameter and one without screening. For the evaluation of $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio (0/100, 10/90, 20/80, 30/70) we used the nutrient solution Steiner as source of the rest essential nutrients. The experimental design utilized was the completely randomized and treatments are the combination of 4 particle size and 4 $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratios. The higher yield was found for tezontle with particle size of 10-20 mm in combination with a $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio of 10/90% respectively, in which yield was 302.1 g plant⁻¹

¹ Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. 56230. Montecillo, estado de México.

* Autor responsable (alcantar@colpos.mx)

² Centro de Investigación Científica de Yucatán. Calle 43 no. 130, Col. Chuburna. 97200 Mérida, Yucatán, México.

on three harvest events. The combination of tezontle without screening and 100/0% $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ratio, showed the lowest yield; 76.5 g plant⁻¹.

Index words: *hydroponics, plant nutrition, nitrogen, protected agriculture, vegetables.*

INTRODUCCIÓN

Por la diversidad de condiciones agroclimáticas (Latournerie *et al.*, 2002) y su culinaria (López, 2003) en México existe una gran variedad de chiles; entre los cuales se destaca el chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) con 964 ha y una producción de 5300 Mg anuales concentrada principalmente en los estados del sureste del país. El estado de Yucatán es el principal productor de chile habanero con una superficie sembrada de 708 ha y un volumen de producción de 3295 Mg, seguido por los estados de Tabasco, Campeche y Quintana Roo (Aceves *et al.*, 2008). Aunque Yucatán es el estado con mayor superficie cultivada, sus rendimientos no alcanzan a cubrir la demanda local necesaria para la producción de salsas y condimentos. El nivel bajo de tecnología de producción y el uso de cultivos criollos degradados en su pureza y sanidad de semilla son las causas principales de pobres cosechas, además de la incidencia de plagas y enfermedades, e insuficiente control de la nutrición y el riego (Rincones, 2009).

La nutrición de las plantas por medio de la utilización de soluciones nutritivas es la llave del éxito en los cultivos hidropónicos. La relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ es un factor al que debería prestársele mayor atención al elaborar una solución nutritiva (Lara, 1999), ya que un inadecuado suministro en sus proporciones tiene efectos negativos en el desarrollo de las plantas. Sandoval-Villa *et al.* (1994) reportan que una proporción $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ menor o igual a 50% incrementa la producción de grano y materia seca en el cultivo de trigo y Lemaire (2005) menciona que para que una planta presente un buen funcionamiento, la proporción de nitrógeno amoniacal con respecto al nitrógeno nítrico puede llegar hasta un 20% en el medio. En el cultivo de albahaca se reportó un incremento del 15% en el rendimiento aplicando una relación 20/80 ($\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$); en el cultivo de eneldo (*Anethum graveolens*) con una relación 40/60, se incrementa el área foliar y la biomasa total (González *et al.*, 2009). En plantas de crisantemo, se alcanzaron valores mayores de altura de planta, longitud de pedúnculo floral, diámetro del racimo y número

de inflorescencias con concentraciones de 3 y 4.5 me L⁻¹ de amonio de un total de 12 me L⁻¹ de nitrógeno en la solución nutritiva (Bugarin *et al.*, 1998).

El sustrato es otro de los factores determinantes en los sistemas hidropónicos. Una de las causas que impulsaron su uso fue la disminución de pérdidas de cosechas por patógenos del suelo (Ansorena, 1994). En México, la roca volcánica conocida como tezontle es ampliamente utilizada como sustrato para la producción de hortalizas y flores en cultivos sin suelo (Vargas-Tapia *et al.*, 2008). El tezontle se caracteriza por pH cercano al neutro, su capacidad de intercambio catiónico es baja, tiene buena capacidad de aeración pero baja retención de humedad con relación a otros sustratos (Bastida, 1999), además es de bajo costo y de fácil disponibilidad en comparación con otros materiales en el centro de México.

Para el caso particular del chile habanero se sabe que el nitrógeno es el elemento esencial de mayor demanda y que está presente siempre en mayores proporciones en los tejidos vegetales con respecto a los demás elementos en las diferentes etapas fenológicas (Noh-Medina *et al.*, 2010). Sin embargo, para el chile habanero no hay información respecto al comportamiento del cultivo con diferentes relaciones $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ en las soluciones nutritivas, y tampoco se conoce el efecto de las diferentes granulometrías de sustrato (tezontle mezclado con fibra de coco) en el rendimiento y calidad del fruto. El objetivo del presente trabajo fue determinar en la solución nutritiva cuál es la mejor relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ y del sustrato cual granulometría de tezontle mezclada con fibra de coco es la más adecuada para alcanzar los más altos rendimientos y mejor calidad de los frutos de chile habanero bajo sistemas hidropónicos en el sureste de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en un invernadero tipo túnel cubierto con mallas anti-áfidos en los costados y con plástico en la parte superior, ubicado en el campus del Colegio de Posgraduados, municipio de Texcoco, estado de México. Para la plantación se utilizó la selección de semillas de chile habanero cv. Criollo Naranja. Se evaluaron cuatro rangos de tamaños de partículas de tezontle [3-5 mm, 5-10 mm, 10-20 mm y sin cribar cuyo valor de su $D_{50} = 3.4$ mm] en una mezcla con fibra de coco (75:25%, respectivamente). Estos sustratos ya se habían utilizado durante un ciclo de

producción de jitomate. En cuanto al diseño de prueba de las soluciones nutritivas se adoptó la fórmula propuesta por Steiner (1968, 1984), la cual tiene una concentración de 12 me L⁻¹ de nitrógeno con sólo 100% a nitratos. Esta cantidad de N, se modificó con la inclusión de N amoniacal y finalmente las relaciones probadas de NH₄⁺/NO₃⁻; fueron: [0/100, 10/90, 20/80 y 30/70]. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial 4² para generar 16 tratamientos. Como unidad experimental se utilizó un contenedor de plástico de 1 m de largo × 0.20 m de ancho y 0.10 m de altura con capacidad de 24 litros de la mezcla del sustrato donde se colocaron tres plantas, cada tratamiento tuvo tres repeticiones, obteniendo un total de 144 plantas en estudio.

Los sustratos fueron utilizados en un primer ciclo de cultivo de jitomate, antes de ser utilizados para el cultivo de chile habanero se realizó una desinfección con hipoclorito al 5% y lavado de sales con agua acidulada (pH = 5) utilizando ácido sulfúrico para acidificar el agua. La fibra de coco utilizada para la mezcla se obtuvo del desfibrado del mesocarpio de la nuez de coco, cuyas longitudes oscilan de 2 a 16 mm de longitud.

Los riegos se realizaron de manera localizada (riego por goteo) con relojes electrónicos (TEM-08E), programando de 6 a 9 eventos por día. Al inicio de la plantación se regó con una lámina total de 0.5 L planta⁻¹ día⁻¹ desde el momento del trasplante hasta los 20 días después del trasplante (ddt), de 1 L planta⁻¹ día⁻¹ de los 20 ddt hasta 50 ddt, con 1.5 L planta⁻¹ día⁻¹ de los 50 ddt hasta 90 ddt y finalmente se aplicaron 2 L planta⁻¹ día⁻¹ de los 90 ddt hasta el final del ciclo.

Características Físicas de los Sustratos

Para la caracterización física del sustrato se utilizaron los métodos reportados por Ansorena (1994), Bures

(1997) y De Boodt *et al.* (1974) cuyos resultados aparecen en el Cuadro 1.

Altura y Diámetro del Tallo

Se realizaron mediciones semanales iniciando a los 15 días después del trasplante, utilizando una cinta métrica para la medición de la altura de la planta, que consistió en colocar la cinta en la base del sustrato hasta el ápice de la rama más larga y un vernier digital para la medición del diámetro del tallo que consistió en colocar el vernier a cinco cm de altura del tallo de la planta.

Rendimiento y Calidad del Fruto

Para obtener el rendimiento se pesó el total de frutos por tratamiento en cada corte y posteriormente se sumaron los tres cortes. En cada cosecha se contabilizó el número de frutos producidos por cada planta y al final del experimento se calculó la media. Por cada tratamiento se seleccionaron al azar 15 frutos, a los cuales se les midió la longitud desde el pedúnculo hasta la punta del fruto; con un vernier digital se les midió el diámetro en la parte media de los frutos y por último se pesaron individualmente con una balanza compacta PCE-BSH 1000 con una precisión de 0.2 g, para obtener el peso por fruto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al evaluar los factores (solución nutritiva y partículas de sustrato) de los tratamientos de manera independiente se pudo observar que la altura y diámetro de la planta no se afectó por los tratamientos de la proporción de N en la solución nutritiva de amonio/nitrato; no obstante, la mayor altura se alcanzó con la relación 0/100, lo que concuerda con los resultados obtenidos por González

Cuadro 1. Análisis físicos de los sustratos para los diferentes tamaños de partículas mezclados con fibra de coco con una proporción 75/25 utilizados en para la producción de chile habanero bajo invernadero con un sistema hidropónico.

Diámetro	Densidad aparente	Porosidad total	Porosidad de aire	Retención de humedad	Agua no disponible	Agua fácilmente disponible	Agua de reserva	Agua difícilmente disponible
mm	g mL ⁻¹	- - - - -	- - - - -	- - - - -	%	- - - - -	- - - - -	- - - - -
3-5	0.67	68.31	40.03	28.27	31.16	9.36	7.15	8.48
5-10	0.68	68.93	34.69	34.25	17.50	29.69	0.00	11.06
10-20	0.75	63.28	33.25	30.03	28.49	3.24	0.05	11.32
Sin cribar	0.76	62.31	25.02	37.28	27.34	17.88	2.49	10.97

et al. (2009) en la que reportan que la mayor altura en plantas de eneldo y cebollín se obtuvo con una relación 0/100% , al respecto Gallegos (2000) reporta que en muchas especies la absorción de N-NO_3^+ se asocia con una mayor cantidad de materia seca lo que repercute en un mejor crecimiento. En cambio, los rangos de tamaño de gránulo del tezontle de 3-5mm y 5-10 mm de la mezcla de sustrato impactó en mayor altura de la planta contra el tezontle sin cribar. Este concepto en la medición del diámetro de tallo fue consistente para los tratamientos del tezontle cribado a tres tamaños en contra del tezontle sin cribar (Cuadro 2).

Los valores finales obtenidos para la altura y el diámetro del tallo de las plantas para la combinación de los factores (tratamientos) se reportan en el Cuadro 3; hubo diferencias significativas entre tratamientos con respecto a la variable altura. La mayor altura de planta fue de 98.1 cm la que se obtuvo con el tratamiento S4T1 y la menor fue de 81.2 cm con el tratamiento S2T4.

La variación en la altura de las plantas se debió en mayor parte a la influencia de la composición granulométrica de los sustratos que a las diferentes relaciones amonio/nitrato aplicadas, ya que al analizar los sustratos y soluciones de manera independiente, los análisis estadísticos mostraron que hubo diferencias significativas entre los sustratos siendo el mejor tratamiento el de 3-5 mm y el peor el de sin cribar (Cuadro 2), mientras que entre las soluciones no se encontraron diferencias significativas. En cuanto al diámetro del tallo no se encontraron diferencias significativas. Estas variaciones pueden ser atribuidas al efecto del sustrato, por las mismas razones ya mencionadas para la variable altura, por lo que se puede

Cuadro 2. Altura y diámetro del tallo (cm) del chile habanero a los 100 días después del trasplante para cada factor (tamaños de partículas de tezontle mezclado con fibra de coco con una proporción 75/25 y diferentes relaciones $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$) bajo condiciones de invernadero en un sistema hidropónico.

$\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$	Solución		Diámetro de partícula	Sustrato	
	Altura	Diámetro		Altura	Diámetro
%	- - - cm - - -	- - -	mm	- - - - cm - - - -	- - -
0/100	91.0 a	1.6 a	3-5	95.9 a	1.6 a
10/90	90.3 a	1.5 a	5-10	91.5 ab	1.6 ab
20/80	90.4 a	1.6 a	10-20	89.1 b	1.6 ab
30/70	90.7 a	1.6 a	Sin cribar	83.2 c	1.5 b

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

establecer que la combinación de estos factores influyó de forma negativa en el diámetro del tallo.

Para las variables rendimiento y calidad del fruto (peso, longitud y diámetro) los efectos obtenidos de las solución nutritiva de manera independiente al sustrato se reportan en el Cuadro 4 en la que se observa que el mejor tratamiento fue la relación amonio/nitrato de 20/80%. Al respecto Lemaire (2005) indica que para que una planta desarrolle de forma adecuada, la proporción de nitrógeno amoniacal con respecto al N nítrico puede llegar hasta un 20% en el medio y Sandoval-Villa *et al.* (1994), reportaron que una proporción $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ menor a igual al 50% incrementa la producción de grano y materia seca en el cultivo de trigo; las proporciones de amonio en este estudio alcanzaron hasta un 30%. Luego coincide con Lemaire (2005) la proporción de un 20% y confirma la conveniencia con Sandoval-Villa *et al.* (1994), de incluir amonio en la solución nutritiva. Aquí aprendemos que el cultivo de trigo como gramínea acepta y conviene mayores proporciones de amonio. El tratamiento con una relación amonio/nitrato 0/100 fue en el que se obtuvieron los valores más bajos.

Para el caso del factor sustrato (Cuadro 5) las dos mejores mezclas fueron las que contenían partículas de

Cuadro 3. Altura de planta y diámetro de tallo (cm) a los 100 días después del trasplante para cada tratamiento en el cultivo de chile habanero evaluados bajo invernadero con un sistema hidropónico.

$\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$	Diámetro de partículas	Altura	Diámetro de tallo
%	mm	- - - - - cm - - - - -	- - - - -
0/100	3-5	96.8 a	1.7 a
0/100	5-10	90.4 abc	1.6 a
0/100	10-20	83.1 bc	1.5 a
0/100	Sin cribar	82.9 bc	1.5 a
10/90	3-5	96.7 ab	1.6 a
10/90	5-10	96.0 a b	1.5 a
10/90	10-20	87.3 abc	1.6 a
10/90	Sin cribar	81.2 c	1.5 a
20/80	3-5	92.2 abc	1.7 a
20/80	5-10	87.7 abc	1.5 a
20/80	10-20	95.9 ab	1.7 a
20/80	Sin cribar	85.7 abc	1.5 a
30/70	3-5	98.1 a	1.6 a
30/70	5-10	91.8 abc	1.6 a
30/70	10-20	90.1 abc	1.5 a
30/70	Sin cribar	82.8 bc	1.5 a

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Cuadro 4. Rendimiento y calidad del fruto de chile habanero a los 100 días después del trasplante cultivado con diferentes relaciones nitrato/amonio.

NH ₄ ⁺ / NO ₃ ⁻	Rendimiento	Peso de fruto	Longitud de fruto	Diámetro de fruto
%	g planta ⁻¹	g fruto ⁻¹	- - - - cm - - - -	
0/100	53.12 c	5.32 a	3.50 a	2.43 a
10/90	57.55 cb	5.72 a	3.73 a	2.50 a
20/80	77.45 a	5.93 a	3.74 a	2.57 a
30/70	63.84 b	5.30 a	3.46 a	2.54 a

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

tezontle con 5-10 mm de diámetro y 10-20, cuyas características físicas estuvieron más próximas a las reportadas por Ansorena (1994), Burés (1997), Bordado (2005) y Handreck y Black (1984) para sustratos usados en la agricultura (densidad aparente de 0.7-0.1, 60-80% de porosidad total, 10-20% de porosidad de aire y 40-60 % retención de humedad; Cuadro 1). Con los resultados obtenidos podemos reafirmar la importancia de las propiedades físicas en el desarrollo de las plantas tal como lo señala Pastor (1999).

En el análisis estadístico realizado a todos los tratamientos (combinación sustrato y solución nutritiva)

Cuadro 5. Rendimiento y calidad del fruto de chile habanero a los 100 días después del trasplante cultivado en diferentes tamaños de partícula de tezontle.

Diámetro	Rendimiento	Peso de fruto	Longitud de fruto	Diámetro de fruto
mm	g planta ⁻¹	g fruto ⁻¹	- - - - cm - - - -	
3-5	57.1 b	5.5 ab	3.6 ab	2.5 a
5-10	75.4 a	5.7 a	3.6 ab	2.5 a
10-20	84.2 a	6.0 a	3.8 a	2.5 a
Sin cribar	35.2 c	4.9 b	3.3 b	2.3 b

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

para las variables rendimiento y calidad del fruto (peso, longitud y diámetro) los valores obtenidos se reportan en el Cuadro 6, en la que se encontraron diferencias significativas para la mayoría de las variables con excepción del diámetro del fruto. Las combinaciones S2T3, S4T2, S3T2, S4T3 y S3T3 fueron estadísticamente iguales con los valores más altos; lo cual permite afirmar por principio y en forma general las proporciones de amonio en la solución nutritiva del orden de 10 a 30% del total de N y tamaño de gránulo del tezontle del orden de 5 a 20 mm se asocian a mayores rendimientos de fruto.

Cuadro 6. Valores promedio de tres cosechas para rendimiento y características de calidad en frutos del cultivo de chile habanero bajo condiciones de invernadero en un sistema hidropónico.

NH ₄ ⁺ / NO ₃ ⁻	Diámetro de partículas	Rendimiento	Peso de fruto	Longitud de fruto	Diámetro de fruto
%	mm	g planta ⁻¹	g fruto ⁻¹	- - - - - cm - - - - -	
0/100	3-5	76.1 abc	5.8 ab	3.6 ab	2.5 a
0/100	5-10	56.8 bcd	5.5 ab	3.6 ab	2.4 a
0/100	10-20	54.0 bcde	5.2 ab	3.4 ab	2.4 a
0/100	Sin cribar	25.5 f	4.6 b	3.3 b	2.3 a
10/90	3-5	44.4 def	5.6 ab	3.7 ab	2.5 a
10/90	5-10	51.1 cde	5.2 ab	3.4 ab	2.4 a
10/90	10-20	100.7 a	6.7 a	4.1 a	2.7 a
10/90	Sin cribar	34.0 def	5.19 ab	3.6 ab	2.3 a
20/80	3-5	76.4 ab	5.6 ab	3.7 ab	2.5 a
20/80	5-10	94.4 a	6.1 ab	3.7 b	2.6 a
20/80	10-20	90.3 a	6.5 ab	4.0 a	2.6 a
20/80	Sin cribar	48.6 de	5.3 ab	3.5 ab	2.4 a
30/70	3-5	31.5 ef	5.1 ab	3.5 ab	2.6 a
30/70	5-10	99.4 a	5.8 ab	3.6 ab	2.6 a
30/70	10-20	91.8 a	5.6 ab	3.7 ab	2.5 a
30/70	Sin cribar	32.6 def	4.5 b	3.0 b	2.3 a

No obstante y tal como se pudo apreciar anteriormente en los Cuadros 4 y 5 al evaluar los factores (solución nutritiva y tamaños de partículas de sustrato) por separados, la relación 20/80 para solución nutritiva y tamaños de partículas de 10-20 mm de diámetro para el sustrato fueron los mejores para cada factor evaluado, por lo que se podría esperar que la combinación de estos factores y que corresponde al tratamiento S3T3 mostrara el valor más alto para las variables evaluadas, hecho que no ocurrió cuando a estos factores se evaluaron de forma conjunta (Cuadro 6). Por principio se puede establecer que la combinación de estos dos factores puede influir de manera negativa o positiva en el rendimiento, número de fruto, peso del fruto, longitud del fruto y diámetro del fruto.

Las diferencias observadas en los tratamientos (Cuadro 6) se debieron principalmente al efecto de los sustratos (Figura 1) y en menor medida del las soluciones nutritivas, tal como se demuestra en los Cuadros 3 y 4, en la que se aprecia que solo hubo diferencia significativa para la variable rendimiento en el factor relación amonio/ nitrato, por el contrario de los rangos de tamaño de partícula se observa una marcada diferencia significativa entre tratamientos para todas las variables en estudio. En la Figura 1 se puede apreciar que las mejores combinaciones observadas específicamente para la variable rendimiento son las que tienen rangos de tamaño de partícula de 5 a 10 mm de

diámetro y 10 a 20 mm de diámetro y las peores fueron las que se combinaron con tezontle sin cribar. En esta misma figura (Figura 1) se presenta el rendimiento acumulado para tres cosechas de todos los tratamientos, donde el valor más alto se tuvo para el tratamiento S2T3 (302.1 g planta⁻¹) y el más bajo en el tratamiento S1T4 (76.5 g planta⁻¹) existiendo diferencias significativas entre ambos tratamientos.

CONCLUSIONES

- La relación amonio /nitrato 20/80 fue la que dio los mejores resultados en rendimiento y calidad de los frutos de forma independiente al sustrato, pero no así para las variables altura y diámetro del tallo de planta en la que los valores más altos se encontró con la relación 0/100.
- El sustrato con el rango de tamaño de partícula entre 10 a 20 mm se relacionó positivamente con un mayor rendimiento y calidad del fruto, tanto al ser evaluado en forma independiente como en interacciones con los diferentes tratamientos de las relaciones amonio/nitrato de las soluciones nutritivas.
- La relación amonio/nitrato con una proporción de 10/90, en combinación con la mezcla de sustrato con granulometría de 10-20 mm presentó los resultados más altos para todas las variables evaluadas y los más bajos correspondieron a la relación amonio/nitrato de 0/100 en combinación con la mezcla de sustrato con tezontle sin cribar.

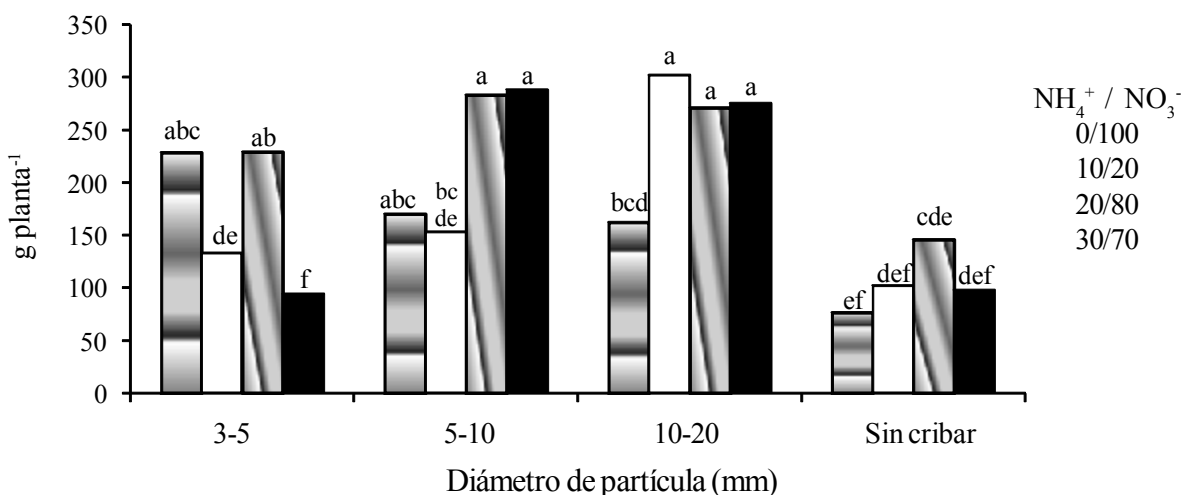


Figura 1. Rendimiento acumulado de tres cosechas para cada tratamiento del cultivo de chile habanero bajo invernadero en un sistema hidropónico.

LITERATURA CITADA

- Aceves N., L. A., J. F. Juárez L., D. J. Palma L., R. López L., B. Rivera H., J. A. Rincón R., R. Morales C., R. Hernández A. y A. Martínez S. 2008. Estudio para determinar zonas de alta potencialidad del cultivo del chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) en el estado de Tabasco. Gobierno de Tabasco, Secretaría de Desarrollo Forestal y Pesca, DEIDRUS-TAB, INIFAP, SAGARPA y Colegio de Postgraduados. Villahermosa, Tabasco, México.
- Ansorena, M. J. 1994. Sustratos. Propiedades y caracterización. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Bastida, A. 1999. El medio de cultivo de las plantas. Sustrato para hidroponía y producción de plantas ornamentales. Serie de publicaciones AGRIBOT No.4 UACH. Preparatoria Agrícola. Chapingo, México.
- Bordado, J. L. 2005. Hidroponía. Albatros CACI. Buenos Aires, Argentina.
- Bugarín M., R., G. A. Baca C., J. Martínez H., J. L. Tirado, T. y A. Martínez, G. 1998. Amonio/nitrato y concentración iónica total de la solución nutritiva en crisantemo. 1. Crecimiento y floración. Terra 16: 113-124.
- Burés, S. 1997. Sustratos. Agrotecnica S. L. Madrid, España.
- De Boodt, M., O. Verdonck, and I. Cappaert. 1974. Method for measuring the water release curve of organic substrates. Acta Hort. 37: 2054-2062.
- Gallegos V., C., E. Olivares S., R. Vázquez A. y F. Zavala G. 2000. Absorción de nitrato y amonio por plantas de nopal en hidroponía. Terra 18: 133-139.
- González-García, J. L., M. N. Rodríguez-Mendoza, P. Sánchez-García y E. A. Gaytán-Acuña. 2009. Relación amonio/ nitrato en la producción de hierbas aromáticas en hidroponía. Agric. Téc. Méx. 35: 5-11.
- Handreck, K. and N. Black. 1994. Growing media for ornamental plants and turf. New South Wales Universty Press. Kensington, Australia.
- Lara-Herrera, A. 1999. Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. Terra 17: 221-229.
- Latournerie-Moreno, L., J. L. Chávez-Servia, M. Pérez-Pérez, G. Castaño-Nájera, S. A. Rodríguez-Herrera, L. M. Arias-Reyes y P. Ramírez-Vallejo. 2002. Valoración *in situ* de la diversidad morfológica de chiles (*Capsicum annum* L. y *Capsicum Chinense* Jacq.) en Yaxcabá, Yucatán. Fitotec. Mex. 25: 25-33.
- Lemaire, F., A. Dartigues, L. M. Riviere, S. Charpenter y P. Morel. 2005. Cultivos en macetas o contenedores. Principios agronómicos y aplicaciones. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- López-Riquelme, G. O. 2003. Chilli: la especia del nuevo mundo. Ciencias 69: 66-75.
- Noh-Medina, J., L. Borges-Gómez y M. Soria-Fregoso. 2010. Composición nutrimental de biomasa y tejidos conductores en chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). Trop. Subtrop. Agroecosyst. 12: 219-228.
- Pastor S., J. N. 1999. Utilización de sustratos en viveros. Terra 17: 231-235.
- Rincones C., C. I. 2009. Plan rector. Sistema Producto chile de Yucatán. Secretaria de Fomento Agropecuario y Pesquero, SAGARPA, Comité Estatal Sistema Producto Chile del estado de Yucatán A. C. Mérida, Yucatán.
- Sandoval-Villa, M., G. Alcántar-González y J. L. Tirado-Torres. 1994. Producción y distribución de materia seca en plantas de trigo por efecto de diferentes relaciones amonio/nitrato. Terra 12: 408-413.
- Steiner, A. A. 1968. Soilless culture. pp. 324-341. In: Proceeding of the 6th colloquium of the International Potash Institute. Florence, Italy. Int. Potash Inst. Berne, Switzerland.
- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. pp. 653-650. In: proceeding 6th International Congress on Soilless Culture. Wageningen, The Netherlands.
- Vargas-Tapia, P., J. Z. Castellanos-Ramos, J. J. Muñoz-Ramos, P. Sánchez-García, L. Tijerina-Chávez, R. M. López-Romero, R. Martínez-Sánchez, J. L. Ojodeagua-Arredondo. 2008. Efecto del tamaño de partícula sobre algunas propiedades físicas del tezontle de Guanajuato. México. Agric. Téc. Méx. 34: 323-331.