

AMONIO Y FOSFATO EN EL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE CHILE JALAPEÑO

Effect of Ammonium and Phosphate on the Growth of Jalapeño Pepper Seedlings

Pablo Preciado Rangel^{1†}, Alfredo Lara-Herrera², Miguel Ángel Segura Castruita¹,
Edgar Omar Rueda Puente³, Jorge A. Orozco Vidal¹, Pablo Yescas Coronado¹
y José A. Montemayor Trejo¹

RESUMEN

Se realizó un experimento para evaluar el efecto de las concentraciones de NH_4^+ y H_2PO_4^- en la solución nutritiva sobre el crecimiento y la extracción de nutrientes en plántulas de chile (*Capsicum annuum* L.) cv. Jalapeño M. En un arreglo factorial 3^2 y diseño completamente al azar, se evaluaron tres dosis de NH_4^+ y tres de H_2PO_4^- ; adicionalmente se incluyó un tratamiento regional. Las variables evaluadas fueron: peso seco de vástago (PSV), peso seco de raíz (PSR), número de hojas (NH), área foliar (AF), lecturas SPAD, altura de plántula (AP), diámetro de tallo (DT) y la extracción de N, P, K, Ca y Mg en el vástago de las plántulas. El factor con mayor influencia fue el NH_4^+ , con 1.5 mmol L^{-1} , donde el PSR, AF, lecturas SPAD, AP, DT y la extracción de N, Ca y Mg mostraron los valores más altos. El H_2PO_4^- con 1 mmol L^{-1} influyó en el PSV y en la mayor extracción de N, K y Ca. Se presentó interacción entre los factores evaluados en el PSV y CCL. Los tratamientos integrantes del factorial tuvieron mayor DT y NH que los del testigo.

Palabras clave: *Capsicum annuum*, nitrógeno, fósforo.

SUMMARY

An experiment was carried out to evaluate the effect of NH_4^+ and H_2PO_4^- concentrations in nutrient solution on the growth and nutrient uptake of jalapeño seedlings

(*Capsicum annuum* L.) cv. Jalapeño M. The experiment was established with a completely randomized design where the treatments were arranged in a 3^2 factorial distribution to evaluate three doses of NH_4^+ and H_2PO_4^- as well as the regional recommendation as a control treatment. The measured variables were shoot dry weight (PSV), root dry weight (PSR), number of leaves (NH), leaf area (AF), chlorophyll readings, shoot height (AP), stem diameter (DT) and N, P, K, Ca and Mg uptake. Concentrations of 1.5 mmol L^{-1} of NH_4^+ produced the highest values of PSR, AF, CCL, AP, DT and N, Ca and Mg uptake. Concentrations of 1 mmol L^{-1} of H_2PO_4^- affected PSV and N, K and Ca uptake. Interaction was found between NH_4^+ and H_2PO_4^- for PSV, SPAD readings and P. Mean values of DT and NH for the factorial treatments were higher than those of the control.

Index words: *Capsicum annuum*, nitrogen, phosphorus.

INTRODUCCIÓN

La obtención de plántulas sanas, vigorosas y con raíz profusa es el objetivo de los productores que se dedican a esta actividad en invernadero. El adecuado crecimiento de las plántulas desarrolladas en las cavidades de los contenedores requiere de la aplicación continua de nutrientes, mediante una solución nutritiva, debido a que en los sustratos, que se encuentran en los contenedores, no satisfacen la demanda nutrimental en la forma y magnitud en que las plántulas lo requieren (Magdaleno *et al.*, 2006). Esta demanda se hace más evidente con la aparición de las primeras hojas verdaderas (Ericsson, 1995). El nitrógeno (N) y fósforo (P) son los nutrientes más demandados por las plántulas de chile al aparecer las primeras hojas (Bar-Tal *et al.*, 1990), de tal manera que la composición química de la solución nutritiva debe satisfacer dicha demanda (Preciado *et al.*, 2002). En un programa nutrimental para la producción de plántulas se debe incluir la selección de fertilizantes, la concentración iónica y el pH de la solución, así como

¹ Instituto Tecnológico de Torreón. Carretera Torreón-San Pedro km 7.5.

[†] Autor responsable (ppreciador@yahoo.com.mx)

² Unidad Académica de Agronomía, Universidad Autónoma de Zacatecas. Carretera 54 Zacatecas-Guadalajara km 15.5.

³ Universidad de Sonora, División de Ciencias Administrativas, Contables y Agropecuarias. Carretera Internacional y Av. 16 de Septiembre s/n, Santa Ana, Sonora, México.

la relación entre los nutrientes, con atención a las formas nitrogenadas (NO_3^- y NH_4^+), debido a que la relación y concentración en la solución nutritiva determinan el crecimiento y la extracción nutrimental de las plantas (Guo *et al.*, 2002; Kraus y Stuart, 2002; Siddiqi *et al.*, 2002). Jeong y Lee (1999) reportan que con la relación $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ de 15:85 las plántulas de chile tuvieron el mejor crecimiento. Imas *et al.* (1997) señalan que la relación $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ influye en la concentración y composición de los exudados de las raíces y en la modificación del pH del medio. La deficiencia de P también ocasiona acidez de la solución que rodea a las raíces, debido a la secreción de ácidos orgánicos (Parra *et al.*, 2004), modifica la arquitectura del sistema radical e incrementa la longitud y densidad de los pelos radicales (Lynch y Brown, 2001; Alloush, 2003). El suministro oportuno de P se relaciona con el adecuado desarrollo del sistema radical, con la velocidad de la división celular y, por lo tanto, con el crecimiento de la parte aérea (Marschner, 1995); no obstante, la concentración de P aún no está definida en plántulas de chile (Bar-Tal *et al.*, 1990). Por otra parte, cuando se combina la aplicación de P con N-NH_4^+ existe una mayor solubilidad de P en el sustrato, dando como resultado una mayor absorción de este nutriente (Imas *et al.*, 1997). En este contexto, el objetivo de la presente investigación fue

evaluar el efecto de diferentes concentraciones de N-NH_4^+ y H_2PO_4^- en la solución nutritiva sobre el crecimiento y la extracción nutrimental en plántulas de chile jalapeño.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en un invernadero perteneciente al Instituto Tecnológico de Torreón, que se localiza entre 24° 30' y 27° N, y 102° 00' y 104° 40' O, a una altitud de 1120 m. Se sembraron semillas de chile (*Capsicum annuum* L.) cv Jalapeño M en placas germinadoras con 'peat moss' (Cuadro 1). En cada contenedor se prepararon para la siembra únicamente 100 cavidades, con el fin de tener una separación entre tratamientos y evitar interferencias. Los factores y niveles evaluados fueron el N-NH_4^+ con 0, 1.5 y 3 mmol L^{-1} , y el H_2PO_4^- con 1, 1.5 y 2 mmol L^{-1} , resultando en total nueve tratamientos (Cuadro 2); adicionalmente se incluyó un tratamiento regional como testigo (Lujan *et al.*, 1993), el cual consistió en la utilización de 200 mL de Bayfolan Forte® por cada 100 L de agua; la concentración de nutrientes después de la dilución para este tratamiento se presenta en el Cuadro 2. Se utilizó un diseño completamente al azar y como arreglo de tratamientos un factorial 3^2 con seis repeticiones. En la preparación de los tratamientos se utilizó como base la solución

Cuadro 1. Composición nutrimental del sustrato utilizado en el experimento.

N- NO_3^-	N- NH_4^+	P	K	Mg	Fe	Mn	Mo	Cu	Zn	B
----- g kg^{-1} -----										
1.08	0.77	2.15	3.06	0.22	129.2	44.6	30.8	26.2	13.9	6.2

Cuadro 2. Composición química de las soluciones nutritivas utilizadas en los tratamientos del experimento.

Tratamiento	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ^{-†}		SO ₄ ²⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ^{+†}	
	----- mmol L ⁻¹ -----								
1	12.00	1.00	1.00	3.50	7.00	4.50	2.00	0.00	0.00
2	11.80	1.00	0.98	3.44	6.37	4.10	1.82	1.50	1.47
3	12.62	1.00	0.96	3.39	5.76	3.70	1.65	3.00	2.90
4	11.66	1.50	1.49	3.40	6.99	4.49	2.00	0.00	0.00
5	10.03	1.50	1.28	2.93	5.56	3.58	1.59	1.50	1.28
6	11.28	1.50	1.44	3.29	5.74	3.69	1.64	3.00	2.89
7	12.29	2.00	1.98	3.30	6.95	4.47	1.99	0.00	0.00
8	11.11	2.00	1.95	3.24	6.33	4.07	1.81	1.50	1.46
9	10.94	2.00	1.92	3.19	5.72	3.68	1.64	3.00	2.89
10 [‡]	0.164 [§]	0.023		0.00	0.026	0.004	0.001		

[†] La primera columna de H_2PO_4^- y NH_4^+ corresponde a las concentraciones propuestas; la segunda a las concentraciones definitivas al realizar los ajustes de la presión osmótica de 0.72 atm (Steiner, 1984).

^{*} Recomendación regional (Lujan *et al.*, 1993).

[§] Nitrógeno total; no se indica la diferencia entre NO_3^- y NH_4^+ .

nutritiva de Steiner (1984). Las soluciones nutritivas se prepararon con sales inorgánicas grado reactivo y agua destilada. La concentración (mg L^{-1}) de los micronutrientes fue constante para todas las soluciones nutritivas (Fe, 2; Mn, 0.7; Cu, 0.02; Zn, 0.09; B, 0.5; y Mo, 0.04); el Fe se proporcionó como Fe-EDTA (Steiner y Van Winden, 1970). Las plántulas se regaron diariamente a las 8:00 y 14:00 h. Para evaluar el efecto de los factores en estudio se muestrearon 15 plántulas, de la parte central del bloque de 30 plántulas, a 50 días después de la siembra (DDS), tiempo recomendado por Vavrina (1998). Las variables evaluadas fueron: diámetro de tallo (DT), determinado en la base del tallo utilizando un vernier; altura de plántula (AP), desde la superficie del contenedor hasta el inicio del meristemo; el número de hojas verdaderas (NH); área foliar (AF), mediante un integrador de área foliar marca LI-COR modelo LI-3100; contenido relativo de clorofila (CCL), mediante la absorbancia entre las longitudes de onda de 400 a 500 nm y de 600 a 700 nm, en hojas de las plántulas, determinado con el SPAD-502, marca Minolta y reportado como lecturas SPAD; y pesos secos del vástago (PSV) y de la raíz (PSR), secados en estufa con circulación forzada de aire a 70 °C hasta peso constante. Se realizó el análisis químico de tejido vegetal para determinar la extracción de N, P, K, Ca y Mg en el vástago de las plántulas, y fue llevado a cabo conforme a las metodologías reportadas por Alcántar y Sandoval (1999). El análisis de varianza de los resultados obtenidos se realizó mediante la evaluación de los factores principales del diseño factorial, se determinó la interacción entre dichos factores y se comparó el efecto del tratamiento testigo adicional con la media de los tratamientos correspondientes al diseño

factorial. En la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey al 0.05 y Scheffé (0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables del Crecimiento

Tratamientos del factorial. La mayor acumulación de biomasa, AF, CCL, AP y DT se obtuvieron en las plántulas tratadas con 1.5 mmol L^{-1} de N-NH_4^+ en la solución nutritiva (Cuadro 3); en cambio, con 3 mmol L^{-1} se presentó un menor crecimiento de las plántulas con áreas necróticas en las hojas y un raquítico crecimiento radical; lo anterior es la sintomatología de una toxicidad del NH_4^+ (Walch-Liu *et al.*, 2000; Britto y Kronzucker, 2002). En general, las concentraciones menores de 1.8 mmol L^{-1} de NH_4^+ dan como resultado mayor peso seco, área foliar y contenido de clorofila en las plantas (Jeong y Lee, 1999) que cuando son mayores de 3.0 mmol L^{-1} , el menor contenido de clorofila se atribuye al efecto tóxico del amonio (Mehne-Jakobs y Gülpén, 1997; Yang *et al.*, 2005). Asimismo, Siddiqi *et al.* (2002) señalan que pequeñas cantidades de NH_4^+ favorecen el crecimiento de las plántulas, mientras que dosis altas causan toxicidad y disminuyen el crecimiento; además, provocan una acidificación en la zona radical, lo que repercute en daños en los tejidos de la raíz en forma de quemadura. Estos síntomas son atribuibles al desacoplamiento de las actividades de las enzimas glutamina-sintetasa y sacarosa-fosfato-sintetasa (Cruz *et al.*, 2003).

Los mayores valores de CCL, PSV, PSR, AF, NH, AP y DT se obtuvieron con la concentración de 1.5 mmol L^{-1}

Cuadro 3. Efecto de las concentraciones de NH_4^+ y H_2PO_4^- en la solución nutritiva sobre peso seco de vástago (PSV), peso seco de raíz (PSR), número de hojas (NH), área foliar (AF), lecturas SPAD, altura de plántula (AP) y diámetro de tallo (DT).

Factor	Concentración	PSV	PSR	NH	AF	Lecturas SPAD	AP	DT
	mmol L^{-1}	- - - mg planta^{-1} - - -			$\text{cm}^2 \text{ planta}^{-1}$		cm	mm
NH_4^+	0	410 a [†]	203 b	9.2 a	43.1 b	46.8 b	10.2 b	2.4 b
	1.5	510 a	248 a	9.7 a	54.4 a	50.1 a	11.4 a	2.7 a
	3	360 b	202 b	8.8 a	36.0 b	40.1 c	8.9 c	2.4 b
H_2PO_4^-	1	440 ab	226 a	9.3 a	42.6 a	45.4 a	10.1 a	2.5 a
	1.5	450 a	225 a	9.0 a	45.3 a	45.5 a	10.4 a	2.5 a
	2	390 b	202 a	9.3 a	45.6 a	46.1 a	10.1 a	2.6 a
$\text{NH}_4^+ \times \text{H}_2\text{PO}_4^-$		ns	ns	ns	ns	**	ns	ns

[†] Medias con la misma letra en el interior de cada columna y factor no son significativamente diferentes, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). ns = no significativo;

** = altamente significativo.

de N-NH_4^+ (Cuadro 3). El incremento de CCL, al reducir la relación $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$, se atribuye a una mayor extracción de N (Cuadro 4) y un mayor vigor de la planta (Sandoval *et al.*, 2002).

Respecto a H_2PO_4^- , sólo el PSV presentó diferencia significativa; con 1.5 mmol L^{-1} se tuvo el mayor PSV. Weston y Zandstra (1989) indican que al incrementar la concentración de P en la solución nutritiva, se aumenta el PSV. La falta de respuesta significativa en las demás variables evaluadas en este estudio indica que con la menor concentración de P en la solución nutritiva se cubrieron los requerimientos de éste en las plántulas. Este comportamiento fue reportado por Bar-Tal *et al.* (1990) e Imas *et al.* (1997), quienes señalan que con esta concentración son cubiertos los requerimientos de estas plántulas.

La interacción $\text{NH}_4^+ \times \text{H}_2\text{PO}_4^-$, que fue significativa para lecturas SPAD (Figura 1), originó un incremento de esta variable con la combinación de 1.5 mmol L^{-1} de NH_4^+ y 1 mmol L^{-1} de H_2PO_4^- . Los resultados reportados por Jeong y Lee (1999) parcialmente explican este resultado debido a que ellos también encontraron mayor contenido de clorofila con 1.8 mmol L^{-1} de NH_4^+ , pero no evaluaron la interacción con H_2PO_4^- ; la concentración que usaron de este anión fue de 1 mmol L^{-1} .

Comparación entre la parte factorial y el testigo. Al comparar la media de cada una de las variables del crecimiento de los tratamientos que integraron el diseño factorial contra la media del testigo, éste fue significativamente menor en el NH y el DT; en las demás variables sólo presentaron una tendencia creciente con ese contraste. En los tratamientos donde se aplicaron las soluciones nutritivas, las plántulas fueron más vigorosas que las tratadas con el tratamiento regional.

Extracción Nutricional

Tratamientos del factorial. El análisis de varianza de la extracción nutricional de cada uno de los elementos por separado indicó que el NH_4^+ de la solución nutritiva afectó significativamente la extracción de todos los nutrientes analizados con excepción del P (Cuadro 4); este análisis permite destacar que en las soluciones nutritivas donde se empleó NH_4^+ con 1.5 mmol L^{-1} , se logró la mayor extracción de los nutrientes con excepción del K; estos resultados fueron en gran medida un reflejo del mayor PSV (Cuadro 3). Con la mayor concentración de NH_4^+ disminuyó la extracción de Ca y Mg, lo cual coincide con lo que reportan Siddiqi *et al.* (2002), quienes atribuyen lo anterior al efecto antagónico entre estos cationes. Sin embargo, la acidificación de la solución nutritiva no puede ser la causa de la diferente extracción de nutrientes (Huang *et al.*, 2001), ya que evaluaron plántulas de 25 especies vegetales, en 23 de las cuales encontraron acidificación de la solución, pero entre ellas las de Chile no redujeron el pH al aumentar la concentración de amonio. En los tratamientos con solución nutritiva a base de H_2PO_4^- las mayores extracciones de N, K y Ca por efecto del factor H_2PO_4^- correspondieron a la concentración de 1 mmol L^{-1} . En las soluciones nutritivas donde se empleó la concentración de 2 mmol L^{-1} de H_2PO_4^- se obtuvo la extracción más alta de P (Cuadro 4), a pesar de haber tenido el menor PSV (Cuadro 3). Sin embargo, es importante indicar que la mayor extracción de P tuvo efecto negativo en la producción de biomasa (Cuadro 3), lo cual corrobora que fue suficiente 1 mmol L^{-1} de H_2PO_4^- en la solución nutritiva para la producción de plántulas de Chile; Weston y Zandstra (1989) reportan el máximo

Cuadro 4. Efecto de la concentración de NH_4^+ y H_2PO_4^- en la solución nutritiva sobre la extracción de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) en plántulas de Chile jalapeño 'Jalapeño M'.

Factor	Concentración	N	P	K	Ca	Mg
	mmol L^{-1}	mg planta^{-1}				
NH_4^+	0	16.2 b [†]	0.93 a	9.9 b	14.2 b	3.85 b
	1.5	28.7 a	1.10 a	10.7 b	17.4 a	5.18 a
	3	12.5 b	0.97 a	14.0 a	15.1 ab	4.58 ab
H_2PO_4^-	1	21.8 a	0.90 b	13.2 a	17.1 a	4.77 a
	1.5	17.8 b	0.98 ab	9.9 b	14.4 b	4.06 a
	2	17.8 b	1.11 a	11.5 ab	15.1 ab	4.78 a
$\text{NH}_4^+ \times \text{H}_2\text{PO}_4^-$		ns	**	*	ns	ns

[†] Medias con la misma letra en el interior de cada columna y cada factor no presentan diferencias significativas según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). * = significativo, $\alpha = 0.05$; ** = altamente significativo, $\alpha = 0.01$; ns = no significativo.

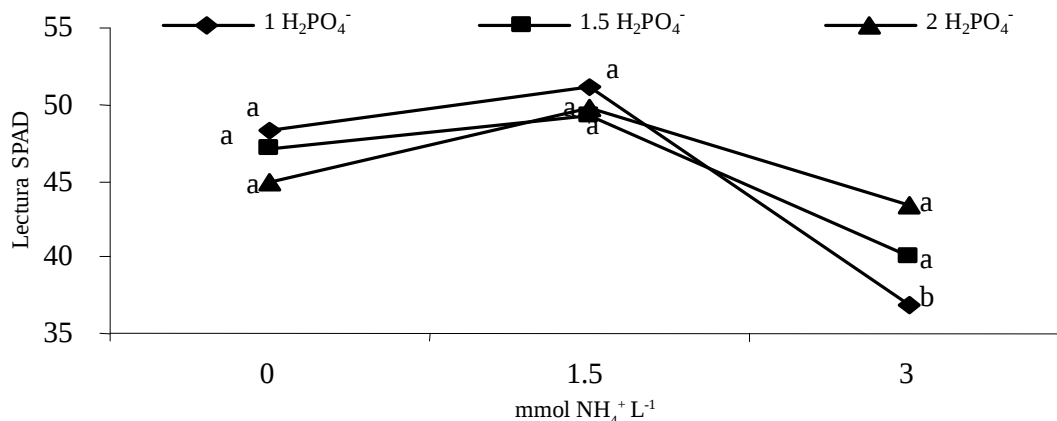


Figura 1. Interacción $\text{NH}_4^+ \times \text{H}_2\text{PO}_4^-$ en la solución nutritiva para lecturas SPAD en plántulas de chile jalapeño. Puntos adyacentes en cada línea y con la misma letra no son significativamente diferentes (Scheffé, $P \leq 0.05$).

crecimiento y extracción de nutrientes con 0.5 mmol L^{-1} de H_2PO_4^- ; este resultado también coincide con el reportado por Hwang y Chen (2001) para plántulas de *Kandelia candel*.

La solución nutritiva con 1.5 mmol L^{-1} de N-NH_4^+ produjo los valores más altos en la extracción de N; también se encontraron los mayores valores en PSV, PSR, AF, NH, CCL, AP y DT (Cuadro 3). Por otro lado, en la solución nutritiva donde se emplearon 3 mmol L^{-1} de N-NH_4^+ se obtuvo la más baja extracción de N; lo anterior se debió al efecto inhibitorio de este catión sobre el crecimiento de las plántulas de chile jalapeño.

La extracción de P debida a la interacción entre NH_4^+ y H_2PO_4^- de la solución nutritiva se observa en la Figura 2. Los resultados indican que al aumentar la concentración de N-NH_4^+ con 1.5 mmol L^{-1} de H_2PO_4^- en la solución nutritiva, se aumenta la extracción de P en la planta; este resultado ya ha sido reportado por Imas *et al.* (1997) y Yang *et al.* (2005).

Comparación entre la parte factorial y el testigo. Al comparar la media de la extracción de los nutrientes analizados en los tratamientos de la parte factorial con la correspondiente del testigo regional, y la extracción de N y P en las plántulas de los tratamientos integrantes del factorial fueron significativamente mayores y sin diferencias en el resto de los nutrientes. En general, la extracción de nutrientes por las plántulas integrantes de la media de los tratamientos del arreglo factorial tuvieron una mayor extracción nutricional al compararlas con las del tratamiento testigo, en concordancia con el mayor PSV.

CONCLUSIONES

- El amonio afectó los indicadores de crecimiento evaluados en las plántulas de chile, mientras que el fosfato presentó poca influencia en éstos.

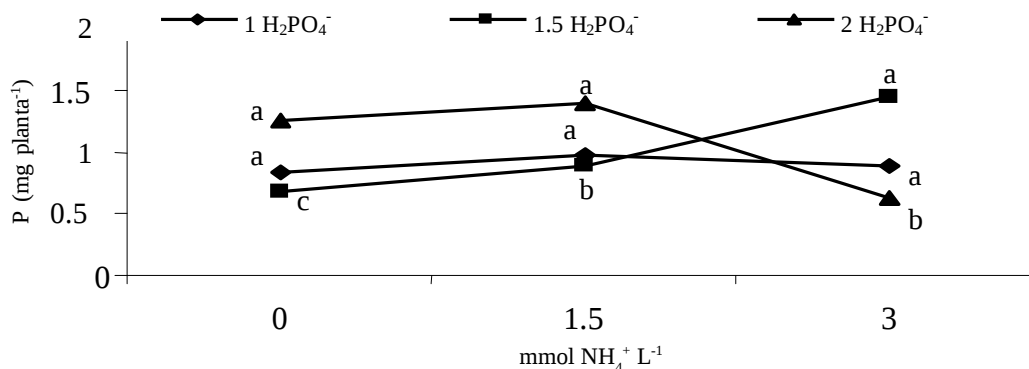


Figura 2. Interacción $\text{NH}_4^+ \times \text{H}_2\text{PO}_4^-$ en la solución nutritiva para la extracción de fósforo (P) en plántulas de chile jalapeño. Puntos adyacentes en cada línea y con la misma letra no son significativamente diferentes (Scheffé, $P \leq 0.05$).

- Con 1.5 mmol L⁻¹ de N-NH₄⁺ en la solución nutritiva se obtuvieron plántulas vigorosas, con una mayor extracción de nutrimentos.
- La mayor acumulación de biomasa y nutrimentos, con excepción del P, se obtuvo con una concentración de 1.0 mmol L⁻¹ de H₂PO₄⁻.
- Las plántulas irrigadas con el tratamiento regional mostraron menor crecimiento y extracción de nutrimentos con respecto a los tratamientos integrantes del arreglo factorial.

LITERATURA CITADA

- Alcántar G., G. y M. Sandoval V. 1999. Manual de análisis químico de tejido vegetal. Publicación Especial 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Chapingo, Estado de México.
- Alloush, G. A. 2003. Response of hydroponical-grown chickpea to low phosphorus: pH changes, nutrient uptake rates, and root morphological changes. *Agronomie* 23: 123-133.
- Bar-Tal, A., B. Bar-Yosef, and U. Kafafi. 1990. Pepper transplant response to root volume and nutrition in the nursery. *Agron. J.* 82: 989-995.
- Britto, D. T. and H. J. Kronzucker. 2002. NH₄⁺ toxicity in higher plants: a critical review. *J. Plant Physiol.* 159: 567-584.
- Cruz, C., H. Lips, and M. A. Martins-Loucao. 2003. Nitrogen use efficiency by a slow-growing species as affected by CO₂ levels, root temperature, N source and availability. *J. Plant Physiol.* 160: 1421-1428.
- Ericsson, T. 1995. Growth and shoot: root ratio of seedlings in relation to nutrient availability. *Plant Soil* 168-169: 205-214.
- Guo, S., H. Brück, and B. Sattelmacher. 2002. Effects of supplied nitrogen form on growth and water uptake of French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants. *Plant Soil* 239: 267-275.
- Huang, J. S., P. V. Nelson, and J. W. Lee. 2001. Seedling effect on root substrate pH. *J. Plant Nutr.* 24: 1133-1147.
- Hwang, Y. H. and S. Ch. Chen. 2001. Effects of ammonium, phosphate, and salinity on growth, gas exchange characteristics, and ionic contents of seedling of mangrove *Kandelia candel* (L.) Druce. *Bot. Bull. Acad. Sin.* 42: 113-139.
- Imas, P., B. Bar-Yosef, U. Kafafi, and R. Ganmore-Neumann. 1997. Release of carboxylic anions and protons by tomato roots in response to ammonium nitrate ratio and pH in nutrient solution. *Plant Soil* 191: 27-34.
- Jeong, B. R. and E. J. Lee. 1999. Growth of plug seedlings of *Capsicum annuum* as affected by ion concentration and NH₄⁺: NO₃⁻ ratio of nutrient solution. *Acta Hort.* 481: 425-431.
- Kraus, H. T. and L. W. Stuart. 2002. Nitrogen form affects growth, mineral nutrient content, and root anatomy of *Cotoneaster* and *Rudbeckia*. *HortScience* 37: 126-129.
- Walch-Liu, P., G. Neumann, F. Bangerth, and Ch. Engels. 2000. Rapid effects of nitrogen form on leaf morphogenesis in tobacco. *J. Exp. Bot.* 51: 227-237.
- Lujan F., M., R. G. Acosta y P. F. J. Quiñones. 1993. Cómo producir chile jalapeño en el estado de Chihuahua. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Folleto técnico 3. Campo Experimental Delicias, Chihuahua.
- Lynch, J. P. and K. M. Brown. 2001. Topsoil foraging: an architectural adaptation to low phosphorus availability. *Plant Soil* 273: 225-237.
- Magdaleno V., J. J., A. Peña L., R. Castro B., A. M. Castillo G., A. Galvis, F. Ramírez P. y B. Hernández H. 2006. Efecto de soluciones nutritivas sobre el desarrollo de plántulas de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 12: 223-229.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press. San Diego, CA, USA.
- Mehne-Jakobs, B. and M. Gülpén. 1997. Influence of different nitrate to ammonium ratios on chlorosis, cation concentration and binding forms of Mg and Ca in needles of Mg-deficient Norway spruce. *Plant Soil* 188: 267-277.
- Parra, C., E. Martínez-Barajas, J. Acosta y P. Coello. 2004. Respuesta a la deficiencia de fosfato de genotipos de frijol contrastantes en su capacidad de crecer en suelos con bajo contenido de fósforo. *Agrociencia* 38: 131-139.
- Preciado R., P., G. A. Baca C., J. L. Tirado T., J. Kohashi S., L. Tijerina Ch. y A. Martínez G. 2002. Nitrógeno y potasio en la producción de plántulas de melón. *Terra* 20: 267-276.
- Sandoval V., M., C. W. Wood, and E. A. Gertal. 2002. Tomato leaf chlorophyll meter readings as affected by variety, nitrogen form, and night time nutrient solution strength. *J. Plant Nutr.* 25: 2129-2142.
- Siddiqi, M. Y., B. Malhotra, X. Min, and A. D. M. Glass. 2002. Effects of ammonium and inorganic carbon enrichment on growth and yield of a hydroponics tomato crop. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 165: 191-197.
- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. pp. 633-649. *In: Proc. Sixth International Congress on Soilless Culture. International Society for Soilless Culture. Lunteren, The Netherlands.*
- Steiner, A. A. and H. van Winden. 1970. Recipe for ferric salt of ethylenediaminetetra acetic acid. *Plant Physiol.* 46: 862-863.
- Vavrina, C. S. 1998. Transplant age in vegetable crops. *Hort. Tech.* 8: 550-555.
- Walch-Liu, P., G. Neumann, F. Bangerth, and C. Engels. 2000. Rapid effects of nitrogen form on leaf morphogenesis in tobacco. *J. Exp. Bot.* 51(343): 227-237.
- Weston, L. A. and B. H. Zandstra. 1989. Transplant age and N and P nutrition effects on growth and yield of tomatoes. *HortScience* 24: 88-90.
- Yang, S. M., R. M. Abdul, and K. D. Lee. 2005. Effects of ammonium concentration on the yield, mineral content and activity terpene components of *Chrysanthemum coronarium* L. in hydroponic system. *Res. J. Agr. Biol. Sci.* 1: 170-175.