

## RELACIÓN AMONIO/NITRATO EN LA PRODUCCIÓN DE HIERBAS AROMÁTICAS EN HIDROPONÍA\*

### AMMONIUM/NITRATE RATIO IN THE PRODUCTION OF AROMATIC HERBS IN HYDROPONICS

José Luis González García<sup>1</sup>, María de las Nieves Rodríguez Mendoza<sup>1§</sup>, Prometeo Sánchez García<sup>1</sup> y Elda Araceli Gaytán Acuña<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Posgrado en Edafología-Nutrición Vegetal, Colegio de Postgraduados. (jlgonzalez@colpos.mx), (promet@colpos.mx). <sup>2</sup>Posgrado en Fruticultura-Recursos Genéticos y Productividad. Colegio de Postgraduados, *Campus*. Montecillo, km 36.5 carretera México-Texcoco. Montecillo, Estado de México. C. P. 56230. (egaytan@colpo.mx).

<sup>§</sup>Autora para correspondencia: marinie@colpos.mx.

#### RESUMEN

La producción de hierbas aromáticas puede ser una alternativa rentable bajo condiciones de invernadero. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de diferentes relaciones  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  en la solución nutritiva sobre el crecimiento y producción de tres hierbas aromáticas: cebollín (*Allium schoenoprasum*), albahaca (*Ocimum basilicum* L.) y eneldo (*Anethum graveolens* L.). El experimento se realizó en el Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Estado de México, México, durante los meses de enero-mayo de 2005 bajo condiciones de invernadero. Las hierbas fueron cultivadas en un sistema hidropónico con riego por goteo, el sustrato utilizado fue una mezcla de tezontle y fibra de coco (60:40), la solución nutritiva universal Steiner se modificó para obtener cuatro diferentes relaciones de  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  (0/100, 20/80, 40/60 y 100/0) con las que fueron regadas las hierbas. Las variables determinadas fueron: altura de planta, área foliar y biomasa total. La relación 0/100, incrementó significativamente el área foliar y la producción de biomasa total en cebollín. En albahaca, la mayor altura, área foliar y biomasa total se obtuvieron con la relación 20/80. En eneldo no se observaron diferencias por efecto de las relaciones  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  estudiadas.

**Palabras clave:** *Allium schoenoprasum*, *Anethum graveolens* L., *Ocimum basilicum* L., relación  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ .

#### ABSTRACT

The production of aromatic herbs could be a profitable alternative for greenhouse production. The objective of this research was to determine the effects of different  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  ratios on the growth and production of three aromatic herbs: chives (*Allium schoenoprasum*), basil (*Ocimum basilicum* L.) and dill (*Anethum graveolens* L.). The experiment was conducted in the Colegio de Postgraduados at Montecillo, Estado de Mexico, Mexico, from January to May 2005, under greenhouse conditions. The herbs were cultivated in a hydroponic system with drip irrigation. A mixture of volcanic rock, locally called "tezontle" and coconut fiber (60:40) was used as substrate; the universal Steiner's nutritive solution was modified to obtain four different  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  ratios: 0/100, 20/80, 40/60 and 100/0. The studied parameters were: plant height, leaf area and total biomass. The 0/100 ratio significantly increased leaf area and total biomass production of chives. The greater height, leaf area and total biomass production of basil were observed with the 20/80 ratio. For dill, no significant differences were observed for the effects of the  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  ratios studied.

**Key words:** *Allium schoenoprasum*, *Anethum graveolens* L., *Ocimum basilicum* L.,  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  ratio.

\* Recibido: Enero, 2008  
Aceptado: Febrero, 2009

## INTRODUCCIÓN

La producción de hierbas finas (culinarias y aromáticas), pueden ser una alternativa de producción bajo condiciones de invernadero, especialmente en sistemas hidropónicos. Cabe mencionar que México es el principal proveedor de albahaca verde, cilantro (*Coriandrum sativum*) y perejil (*Petroselinum sativum*) a E.E. U.U. (Minero, 2004).

El nitrógeno es el cuarto elemento más abundante que se encuentra en el tejido vegetal después del carbono, oxígeno e hidrógeno, además éste es parte importante de un gran número de los constituyentes de las plantas, proteínas y clorofila, entre otros. Las plantas pueden aprovechar el nitrógeno en forma de  $\text{NO}_3^-$  o  $\text{NH}_4^+$ , por lo que en hidroponía es posible utilizar nitrato y amonio en las soluciones nutritivas. Se ha argumentado que en cualquiera de las dos formas es benéfico o de igual forma puede causar desbalances nutrimentales en la solución nutritiva. Se ha demostrado que un adecuado balance entre el amonio y el nitrato es benéfico para el crecimiento de las plantas pero sólo bajo ciertas circunstancias y este efecto benéfico varía entre cultivos (Mengel y Kirkby, 1987).

En muchos cultivos se ha observado que la combinación de  $\text{NO}_3^-$  con bajas cantidades de  $\text{NH}_4^+$  produce un mayor crecimiento; sin embargo, la proporción óptima probablemente difiere entre las distintas especies y podría cambiar con la edad de la planta (Haynes, 1986). Por otro lado, Mengel y Kirkby (1987) reportaron que muchas especies vegetales crecen mejor cuando el nitrógeno se suministra en forma de  $\text{NO}_3^-$  comparado con  $\text{NH}_4^+$ .

El nitrógeno en forma  $\text{NO}_3^-$  es preferentemente absorbido por la mayoría de las plantas vasculares, mientras que la forma  $\text{NH}_4^+$  resulta tóxica para muchas de ellas, incluso en bajas concentraciones cuando ésta es la única fuente de nitrógeno o en combinación con  $\text{N-NO}_3^-$  (Salsac *et al.*, 1987).

El objetivo de la presente investigación fue determinar el efecto de cuatro relaciones  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  en soluciones nutritivas, en la producción de tres hierbas aromáticas (cebollín, albahaca y eneldo).

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó durante los meses de enero a mayo de 2005, en un invernadero tipo túnel, con cubierta de polietileno UVII-720, y estructura de acero galvanizado, con ventilación lateral, presentándose una temperatura máxima de 38 °C y 9 °C la mínima, con una intensidad luminosa de 653.43  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , localizado en el Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, el cual se ubica a 19° 29' latitud oeste y 98° 53' latitud norte a 2 250 m, en Montecillo, Estado de México. Para la germinación de las semillas de los tres cultivos se emplearon charolas de plástico de 200 cavidades (27.94 cm de ancho por 54.61 cm de largo). El trasplante se efectuó a las seis semanas después de la emergencia, cuando las plántulas tenían una altura de 5-7 cm, en charolas de fibra de vidrio con una superficie de 1  $\text{m}^2$  (1 m de largo x 1 m de ancho) y 20 cm de altura; el sustrato utilizado fue una mezcla de 60% tezontle (granulometría de 1-3 mm) y 40% de fibra de coco. Las plántulas de las tres especies se colocaron a una distancia entre hileras de 15 cm y una separación entre plantas de 15 cm, en un arreglo de tresbolillo, obteniéndose un total de 45 plantas por charola. Se utilizó un sistema de riego por goteo, constituido por cuatro recipientes de 100 L cada uno (en los que se prepararon las cuatro diferentes soluciones nutritivas correspondientes a cada uno de los tratamientos), tubería de conducción de 16 mm de diámetro y estacas tipo gotero de 2  $\text{L h}^{-1}$  regulados por un distribuidor de cuatro salidas con un gasto de 8  $\text{L h}^{-1}$ . El diseño experimental utilizado fue un factorial 4 X 3 distribuido como parcelas divididas; la parcela grande correspondió a las relaciones de  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  y las parcelas chicas estuvieron constituidas por las tres especies; de esta combinación resultaron 12 tratamientos, cada uno de los tratamientos se constituyó por 45 plantas, cada planta se tomó como una unidad experimental, obteniéndose un total de 540 unidades experimentales.

La solución nutritiva base utilizada en el experimento fue la solución universal Steiner (Steiner, 1961) modificada. Las soluciones nutritivas se prepararon en tanques de 100 L de capacidad, en donde se agregaron las cantidades de fertilizantes requeridas de acuerdo al tratamiento, se mezcló y ajustó el pH en el rango de 5.5-6.0. La solución fue renovada cada ocho días para evitar deficiencias nutrimentales. El Cuadro 1 muestra, en general, los balances de cada nutrimento en relación con las concentraciones de  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$ .

**Cuadro 1. Concentración de la solución Steiner para cada una de las relaciones de  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ .**

Relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$	$\text{K}^+$	$\text{NH}_4^+$	$\text{NO}_3^-$	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Cl}^-$
	Cmol <sub>c</sub> m <sup>3</sup>							
0/100	9	7	4	0	12	1	7	-
20/80	9	3.4	5.2	2.4	9.6	3	7.4	-
40/60	7.2	4	4	4.8	7.2	4	8.8	-
100/0	4.5	2.5	1	12	0	3	12.5	4.5

Las variables utilizadas para determinar el crecimiento y la producción de las hierbas aromáticas fueron: altura de planta (desde la superficie del sustrato, hasta el meristemo apical), área foliar (determinada con integrador de área foliar, LI-COR, LI-3300) y la biomasa total en donde se tomó en cuenta el peso del tallo (PT) + peso de las hojas (PH) + peso de la raíz (PR), a los 62 días después del transplante (DDT).

El análisis de varianza (ANAVA) se realizó en forma independiente para cada uno de los cultivos y así observar la respuesta de cada una de las variables con la utilización de diferentes relaciones amonio/nitrato, para lo cual se utilizó el software estadístico (SAS Institute, 1996).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Cebollín

La variable altura de planta no mostró diferencias significativas, sin embargo, en el Cuadro 2 se observa que la mayor altura se alcanzó con la relación 0/100 (41.34 cm) superando en 6.45, 16 y 23%, respectivamente a las relaciones 20/80, 100/0 y 40/60. Cuando se utilizó  $\text{NO}_3^-$  únicamente como fuente de nitrógeno la altura del cebollín se incrementó, presentándose un efecto adverso con la adición de  $\text{NH}_4^+$  en la solución nutritiva. Resultados similares se han reportado al utilizar altas concentraciones de amonio debido a que una acumulación de éste en los brotes puede inducir una disminución en la fotosíntesis y provocar una reducción en el crecimiento y la producción del cultivo (Puritch y Barker, 1967; Goyal *et al.*, 1982; Marques *et al.*, 1983).

En el parámetro área foliar se observaron diferencias significativas ( $\alpha= 0.05$ ). El tratamiento 0/100 obtuvo 75.5 cm<sup>2</sup>, mayor en 7, 13 y 53% en comparación con las relaciones 20/80, 100/0 y 40/60, respectivamente (Cuadro 2). Los resultados observados con la adición de  $\text{NH}_4^+$  pudieron deberse a la disminución del pH en la rizosfera, lo cual tiene un efecto adverso sobre el crecimiento de la raíz y por lo tanto sobre el desarrollo vegetal (Ganmore-Neumann y Kafkafi, 1983). Además, la toxicidad por  $\text{NH}_4^+$  se ha atribuido a la acidificación de la zona radical (Maynard *et al.*, 1968).

La producción de biomasa total en cebollín presentó diferencias significativas ( $\alpha= 0.05$ ) entre tratamientos. La relación 0/100 mostró los mejores resultados, superó en 8, 13 y 104% a las relaciones 20/80, 100/0 y 40/60, respectivamente, observándose la mayor producción de biomasa total al incrementarse la concentración de  $\text{NO}_3^-$  disminuyendo la de  $\text{NH}_4^+$  en la solución nutritiva.

El menor crecimiento y producción de biomasa observados en cebollín puede ser efecto de la toxicidad del  $\text{NH}_4^+$  por su acumulación en tejidos fotosintéticos, provocando con esto una disminución en el proceso de fotosíntesis (Marques *et al.*, 1983) y al antagonismo que existe entre el  $\text{NH}_4^+$  y la absorción y translocación de cationes (Hamlin *et al.*, 1999).

En cebollín la relación 0/100 produjo los mejores resultados que cualquier otra relación, como se observa en los datos antes expuestos de las variables agronómicas evaluadas (altura, área foliar y biomasa total) incrementándose por tanto el rendimiento, observando poca tolerancia a la utilización de  $\text{NH}_4^+$  como fuente de nitrógeno.

**Cuadro 2. Efecto de la relación  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  sobre altura, área foliar y biomasa total en el cultivo de cebollín a los 62 días después del transplante, bajo condiciones de invernadero. Montecillo, Estado de México. 2005.**

Relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$	Altura (cm)	Área foliar ( $\text{cm}^2$ )	Biomasa total (g)
20/80	40.54 a	70.17 ab	14.96 ab
100/0	18.96 a	66.71 ab	14.34 ab
0/100	23.88 a	75.52 a	16.30 a
40/60	14.75 a	49.07 a	7.96 b
DMS 0.05	7.32	24.76	7.43
CV (%)	10.26	20.93	30.66
Media	39.45	65.37	13.39
R <sup>2</sup>	0.225	0.396	0.43
GL	16	16	16

Valores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey  $p \leq 0.05$ ; DMS= diferencia mínima significativa; CV= coeficiente de variación; GL= grados de libertad; R<sup>2</sup>= coeficiente de determinación.

**Cuadro 3. Efecto de la relación  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  sobre la altura, área foliar y biomasa total en el cultivo de albahaca a los 62 días después del transplante, bajo condiciones de invernadero. Montecillo, Estado de México.**

Relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$	Altura (cm)	Área foliar ( $\text{cm}^2$ )	Biomasa total (g)
20/80	58.20 a	975.6 a	78.84 a
100/0	50.30 b	803.2 a	67.48 a
0/100	50.60 b	725.2 a	71.24 a
40/60	51.56 b	924.0 a	84.94 a
DMS 0.05	5.96	368.27	35.54
CV (%)	6.26	23.74	25.97
Media	52.66	857	75.62
R <sup>2</sup>	0.545	0.226	0.128
GL	16	16	16

Valores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey  $p \leq 0.05$ ; DMS= diferencia mínima significativa; CV= coeficiente de variación; GL= grados de libertad; R<sup>2</sup>= coeficiente de determinación.

## Albahaca

Los resultados observados en altura de planta fueron significativamente diferentes ( $\alpha=0.05$ ). El tratamiento 20/80 (58.2 cm) superó los tratamientos 40/60, 0/100 y 100/0 en 12, 15 y 14%, respectivamente (Cuadro 3); así mismo, se observó una mayor respuesta de la planta al ser nutrida con ambas fuentes de N ( $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$ ) a diferencia de los valores obtenidos en plantas tratadas con soluciones nutritivas que únicamente contenían alguna de la fuente individual de nitrógeno; esto concuerda con lo reportado con Zornoza *et al.* (1988) para el cultivo de pimiento, en donde la utilización de una relación 80/20 ( $\text{NO}_3^- / \text{NH}_4^+$ ) presentó un incremento de 10% en la altura de planta en comparación con plantas tratadas con la solución nutritiva que contenía  $\text{NO}_3^-$  como fuente única de N. Otros autores coinciden en que el crecimiento es mayor en plantas nutridas con ambas formas de nitrógeno de manera conjunta en comparación con la utilización de  $\text{NH}_4^+$  o  $\text{NO}_3^-$  de forma independiente (Greidanus *et al.*, 1972; Goyal *et al.*, 1982; Xu *et al.*, 1992).

Los resultados observados por el efecto de las relaciones de amonio/nitrato no presentaron diferencias significativas en el área foliar producida en el cultivo de albahaca; sin embargo, los valores más altos se obtuvieron al utilizar la relación 20/80 con un incremento de 5, 21 y 34% con respecto a las relaciones 40/60, 100/0 y 0/100 (Cuadro 3). Los más altos valores de área foliar se observaron con la utilización de ambas fuentes de nitrógeno en comparación con el uso individual de  $\text{NH}_4^+$  o  $\text{NO}_3^-$ . De la misma forma, Kyunghwan y Yongbeom, (2004) reportaron un incremento en la producción de biomasa en albahaca al utilizar relaciones de amonio:nitrato 30:70 y 15:85. Estos resultados coinciden con lo reportado por Miyoung y Byoungryong (2001) quienes obtuvieron resultados similares con la utilización de una relación ( $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ) 25/75 en el cultivo de petunia.

De igual manera a los efectos producidos con la utilización de diferentes relaciones  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  en los resultados de área foliar, la producción de biomasa total no se vio modificada por los tratamientos; sin embargo, al igual que en las otras variables la presencia de ambas formas de nitrógeno en la solución nutritiva incrementó la biomasa total en comparación con aquellos obtenidos en plantas tratadas con  $\text{NH}_4^+$  o  $\text{NO}_3^-$  de forma separada, obteniéndose la mayor producción de biomasa total con la utilización de la relación 40/60, en contraste con las relaciones 20/80, 0/100 y 100/0 (Cuadro 3). Muñoz (1993) reportó una producción

de biomasa total en albahaca de 10,000 a 15,000  $\text{kg ha}^{-1}$ , la cual fue superada en esta investigación, ya que a los 62 DDT la producción fue de 35,478  $\text{kg ha}^{-1}$  al utilizar la relación 20/80. Esta relación, aunque no alcanzó la mayor producción de biomasa total, presentó las mejores características físicas para su consumo, en comparación con las plantas tratadas con la relación 40/60 las cuales presentaron un amarillamiento en las hojas, probablemente provocado por toxicidad de amonio.

En general, el cultivo de albahaca respondió mejor a la nutrición con la relación 20/80 obteniéndose los mejores resultados en las variables agronómicas evaluadas (altura, área foliar y biomasa total) que al utilizar  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$  de forma separada (0/100 y 100/0); estos resultados coinciden con lo reportado por Cao y Tibbitts (1993) que al utilizar ambas fuentes de nitrógeno en la solución nutritiva con pequeñas proporciones de  $\text{NH}_4^+$  (8 a 20%), promovieron el crecimiento y desarrollo de tubérculos en el cultivo de papa, en comparación a la utilización de  $\text{NH}_4^+$  o  $\text{NO}_3^-$  de forma separada. Sandoval *et al.* (1992) reportaron en el cultivo de trigo (*Triticum aestivum* L.), que se puede obtener una mayor producción de grano y de materia seca al utilizar  $\text{NH}_4^+$  en porcentajes menores o iguales a 50% de la cantidad de nitrógeno aplicado que cuando la planta es suministrada exclusivamente con  $\text{NO}_3^-$ .

## Eneldo

La altura de las plantas tratadas con las diferentes relaciones amonio/nitrato no presentaron diferencias significativas; no obstante, la mayor altura de planta se observó con la relación 100/0 en comparación con las relaciones en las cuales hubo presencia de  $\text{NO}_3^-$  en cualquier proporción (20/80, 40/60 y 0/100) (Cuadro 4). En cuanto a el área foliar en este cultivo tampoco se observó diferencia significativa entre tratamientos; sin embargo, se incrementó cuando se utilizó conjuntamente  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$  en la solución nutritiva, en comparación con la utilización de  $\text{NH}_4^+$  o  $\text{NO}_3^-$  de manera independiente (0/100 y 100/0). Resultados similares fueron reportados por Kraus *et al.* (2002) en *Rudbeckia hirta*, quienes al suministrar diferentes relaciones de  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  (75/25, 50/50, 25/75) observaron mayor área foliar en comparación a la obtenida únicamente con  $\text{NO}_3^-$  como fuente de nitrógeno. Otros autores han observado en varios cultivos que cuando el amonio y el nitrato son utilizados de manera conjunta, el crecimiento y la producción mejoran en comparación cuando se adicionan éstos de manera separada (Barker y Mills, 1980; Edwards y Horton, 1982; Elmanin y Wilcox, 1986; Errebhi y Wilcox, 1990).

**Cuadro 4. Efecto de la relación  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  sobre altura, área foliar y biomasa total en el cultivo de eneldo a los 62 días después del transplante, bajo condiciones de invernadero. Montecillo, Estado de México. 2005.**

Relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$	Altura (cm)	Área foliar ( $\text{cm}^2$ )	Biomasa total (g)
20/80	49.70 a	707.5 a	56.06 a
100/0	50.56 a	564.0 a	54.10 a
0/100	43.64 a	704.8 a	63.80 a
40/60	48.10 a	777.9 a	67.22 a
DMS 0.05	8.13	589.4	58.26
CV (%)	9.36	47.30	53.40
Media	48	688.56	60.29
$R^2$	0.305	0.066	0.033
G.L.	16	16	16

Valores con la misma letra dentro de factor en cada columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey  $p \leq 0.05$ ; DMS= diferencia mínima significativa; CV= coeficiente de variación; GL= grados de libertad;  $R^2$ = coeficiente de determinación.

Los valores medios de biomasa total obtenidos no mostraron diferencias significativas entre tratamientos; sin embargo, los valores más altos se observaron en plantas nutridas con la relación 40/60 superando a los resultados observados por las relaciones 0/100, 20/80 y 100/0 (Cuadro 4). Osorio *et al.* (2003) y Chen *et al.* (1998) en plantas nutridas con mezclas de  $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$  observaron una mayor producción de biomasa en comparación con plantas nutridas con amonio o nitrato de manera independiente.

## CONCLUSIONES

Los cultivos de cebollín, albahaca y eneldo responden diferencialmente a la nutrición con  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  en diferentes relaciones.

En cebollín, la relación 0/100, de  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  favorece el desarrollo del área foliar y la producción de biomasa total.

En albahaca la relación 20/80 de amonio/nitrato incrementa significativamente el rendimiento.

En el cultivo de eneldo no se observó diferencia en altura de planta, área foliar y biomasa total producida por efecto de las relaciones  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  estudiadas.

## LITERATURA CITADA

- Barker, A. V. and Mills, H. A. 1980. Ammonium and nitrate nutrition of horticultural crops. Hort. Rev. 2:395-423.
- Cao, W. and Tibbitts, T. W. 1993. Study of various  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  mixtures for enhancing growth of potatoes. J. Plant Nutr. 16 (9):1691-1704.
- Chen, J. G.; Cheng, S. H.; Cao, W. and Zhou, X. 1998. Involvement of endogenous plant hormones in the effect of mixed nitrogen source on growth and tillering of wheat. J. Plant Nutr. 21(1):87-97.
- Edwards, J. H. and Horton, B. D. 1982. Interaction of peach seedlings to  $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$  ratios in nutrient solutions. J. Am. Soc. Hort. Sci. 107:142-147.
- Elmanin, O. M. and Wilcox, G. E. 1986. Nitrogen form ratio influence on muskmelon growth, composition, and manganese toxicity. J. Am. Soc. Hort. Sci. 111:320-322.

- Errebi, M. and Wilcox, G. E. 1990. Plant species response to ammonium-nitrate concentration ratios. *J. Plant Nutr.* 13(8):1017-1029.
- Ganmore-Neumann, R. and Kafkafi, U. 1983. Root temperature and percentage  $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$  effect on strawberry plants. I Growth, flowering and root development. *Agron. J.* 75:941-947.
- Goyal, S. S.; Huffaker, R. C. and Lorenz, O. A. 1982. Inhibitory effects of ammoniacal nitrogen on growth of radish plants. II. Investigations on the possible causes of ammonium toxicity to radish plants and its reversal by nitrate. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 107:130-135.
- Greidanus, T.; Peterson, L. A.; Schrader, L. E. and Dana, M. N. 1972. Essentiality of ammonium for cranberry nutrition. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 97:272-277.
- Hamlin, R. L.; Mills, H. A. and Randle W., N. 1999. Growth and nutrition of pansy as influenced by N-form ratio and temperature. *J. Plant Nutr.* 22(10):1637-1650.
- Haynes, R. J. 1986. Uptake and assimilation of mineral nitrogen by plants, 303-358. *In: Mineral Nitrogen in the Soil Plant System.* Haynes, R. J.; Cameron, K. C.; Goh, K. M.; Sherlock, R. R. (eds.). Academic Press, Inc. Florida, USA.
- Kyunghwan, Y. and Yongbeom, L. 2004. The effect of  $\text{NO}_3^-$ -N and  $\text{NH}_4^+$ -N ratio in the nutrient solution on growth and quality of sweet basil. *Korean J. Hort. Sce & Techn.* 22(1):29:36.
- Kraus, H. T.; Warren, S. L. and Anderson, C. E. 2002. Nitrogen form affects growth, mineral nutrient content, and root anatomy of cotoneaster and rudbeckia. *HortScience* 37(1):126-129.
- Marques, Y. A.; Oberholzer, M. J. and Erismann K., H. 1983. Effects of different nitrogen sources on photosynthetic carbon metabolism in primary leaves of non-nodulated *Phaseolus vulgaris* L. *Plant Physiol.* 71:555-561.
- Maynard, N. D.; Barker, A. V. and Lachman, W. H. 1968. Influence of potassium on the utilization of ammonium by tomato plants. *Proc. Amer. Soc. Hort. Science* 92:537-542.
- Mengel, K. and Kirkby, E. A. 1987. Nitrogen, pp. 347-374. *In: Principles of plant nutrition.* Mengel, K. and Kirkby, E. A. (eds.). 4<sup>th</sup> edition. International Potash Institute. WorldblaufenBern / Switzerland. 593p.
- Minero, A. A. 2004. Mercados nichos: hierbas finas. *Productores de Hortalizas* 13(10):24-31.
- Miyoung, L. and Byoungryong, J. 2001. Effect of N concentration and  $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$  ratio in nutrient solution on growth and flowering of *Petunia hybrida* 'Midnight' and 'Romeo'. *J. Korean Soc. Hort. Sce.* 42:748-751.
- Muñoz, F. 1993. Plantas medicinales y aromáticas: estudio, cultivo y procesado. Ed. Mundi Prensa. Madrid España.
- Osorio, N. W.; Shuai, X.; Miyasaka, S.; Wang, B.; Shirley, R. L. and Wigmore, W. J. 2003. Nitrogen level and form affect taro growth and nutrition. *HortScience* 38(1):36-40.
- Puritch, G. S. and Barker, A. V. 1967. Structure and function of tomato leaf chloroplasts during ammonium toxicity. *Plant Physiol.* 42(9):1229-1238.
- Salsac, L.; Chaillou, S.; Morot, J. F.; Lesaint, C. and Jolivet, E. 1987. Nitrate and ammonium nutrition in plants. *Plant Physiol. Biochem.* 25(6):805-812.
- Sandoval V. M., G. Alcántar G., J.L. Tirado T. and A. Aguilar S. 1992. Effect of the  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  ratio on GS and PEPCase activities and on dry matter production in wheat. *J. Plant Nutr.* 15(11):2545-2557.
- Satistical Analysis System Institute (SAS Institute) 1996. SAS/ STAT. Guide for personal computers. Version V8.1. Cary, N. C. USA. 1028 p.
- Steiner, A. A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant and Soil* 15:134-154.
- Xu, Q. F.; Tsai, C. L. and Tsai, C. Y. 1992. Interaction of potassium with the form and amount of nitrogen nutrition on growth and nitrogen uptake of maize. *J. Plant Nutr.* 15(1):23-33.
- Zornoza, P.; Caselles, J. and Carpena, O. 1988. Influence of Light and  $\text{NO}_3^-:\text{NH}_4^+$  ratio on nutrient uptake by pepper plant in sand culture. *Soilless Culture* 4:65-74.