

# APLICACIÓN DE AMONIO Y NITRATO EN PLANTAS DE *Physalis peruviana* L.

## AMMONIUM AND NITRATE APPLICATION ON *Physalis peruviana* L. PLANTS

Oscar M. Antúnez-Ocampo<sup>1</sup>, Manuel Sandoval-Villa<sup>1\*</sup>, Gabriel Alcántar-González<sup>1</sup>, Martín Solís-Martínez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Colegio de Postgraduados. Programa de Edafología. 56230. Montecillo, Estado de México, México. <sup>2</sup>Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Cocula, Guerrero, México. (msandoval@colpos.mx).

### RESUMEN

La uchuva (*Physalis peruviana* L.) es una planta de hábito indeterminado, durante su crecimiento vegetativo el nitrógeno es el nutriente que más demanda y por lo general lo absorbe como nitrato. Una combinación de  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$ , donde  $\text{NH}_4^+$  es menor o igual a 50 % del nitrógeno total, aumenta el crecimiento de la planta, sólo bajo ciertas circunstancias y este efecto benéfico varía entre cultivos, pero no se conoce la respuesta al amonio en la uchuva. Por tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar la respuesta morfológica, rendimiento y calidad de fruto de plantas de *Physalis peruviana* L., en plantas de dos años de edad (rebrote) y en plantas nuevas derivadas de semilla, a la aplicación conjunta de  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$ . Los experimentos se realizaron en invernadero con un diseño experimental completamente aleatorio y los tratamientos del primer experimento fueron el resultado de la combinación de la relación  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  (0:100, 25:75 y 50:50), y vigor de los brotes (bajo, medio y alto). En un segundo experimento se usaron plantas nuevas derivadas de semillas y con las mismas relaciones  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  de el primer experimento. Los resultados fueron analizados con un ANDEVA y las medias de los tratamientos se compararon con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). En plantas de rebrote, los valores más altos de altura y diámetro final de tallo se obtuvieron en plantas con vigor alto y con la aplicación de 25 % de  $\text{NH}_4^+$  ( $p \leq 0.05$ ), mientras que el mayor rendimiento se presentó en plantas con vigor alto y medio, y con 50 y 25 % de  $\text{NH}_4^+$  ( $p \leq 0.05$ ). Ni la relación  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  en la solución nutritiva ni el vigor de los rebrotes afectaron la concentración de sólidos solubles o vida de anaquel de los frutos. En plantas de semilla tampoco hubo efecto de la relación  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  sobre la altura de la planta, pero con 50 % de  $\text{NH}_4^+$  aumentó el diámetro

### ABSTRACT

Golden berry (*Physalis peruviana* L.) is an indeterminate habit plant, during its vegetative growth nitrogen is the nutrient most demanded and usually absorbs it as nitrate. A combination of  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{NO}_3^-$ , where  $\text{NH}_4^+$  is lower than or equal to 50 % of total nitrogen increases plant growth, only under certain circumstances and this beneficial effect varies across cultivars, but the response to ammonium in golden berry is not known. Therefore, the objective of this study was to evaluate the morphologic response, fruit yield and quality of *Physalis peruviana* L. plants in two year-old plants, (re-sprout) and in new plants derived from seed, to the joint application of  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{NO}_3^-$ . Experiments were carried out in a greenhouse with a completely randomized design and treatments of the first experiment were the result of combining the ratio  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  (0: 100, 25:75 and 50:50), and sprout vigor (low, medium and high). In a second experiment new plants derived from seeds were used and with the same ratios  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  used in the first experiment. Results were analyzed using ANOVA and treatment means were compared with the Tukey's test ( $p \leq 0.05$ ). In re-sprouting plants, the highest values of final height and stem diameter were obtained in plants with high vigor and with the application of 25 % of  $\text{NH}_4^+$  ( $p \leq 0.05$ ), whereas the highest yield was obtained in plants with high and medium vigor, and with 50 and 25 % of  $\text{NH}_4^+$  ( $p \leq 0.05$ ). Neither  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  ratio in the nutrient solution nor the vigor of the re-sprouts affected the concentration of soluble solids or shelf life of the fruits. In plants from seeds there was also not effect of the  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  ratio on plant height, but with 50 % of  $\text{NH}_4^+$  the diameter of stem increased. The higher yields were obtained in plants treated with the ratio 50/50, and the concentration of soluble solids in fruits did not show a clear effect on the ratio  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ , although at 119 d after transplanting the greatest value in fruits of plants treated only with nitrate (0/100) ( $p \leq 0.05$ ) was reached. Thus, the combined application of ammonium and nitrate increases yield but reduces soluble solids in fruit

\*Autor responsable ❖ Author for correspondence.

Recibido: enero, 2014. Aprobado: octubre, 2014.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 48: 805-817. 2014.

de tallo. Los mejores rendimientos se obtuvieron en plantas tratadas con la relación 50/50, y la concentración de sólidos solubles en frutos no mostró efecto claro por la relación  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ , aunque a los 119 d después del trasplante se alcanzó el mayor valor en frutos de plantas tratadas sólo con nitrato (0/100) ( $p \leq 0.05$ ). Así, la aplicación conjunta de amonio y nitrato aumenta el rendimiento pero disminuye los sólidos solubles en fruto y la vida de anaquel y el vigor de los rebrotes no es determinante ni consistente sobre el rendimiento.

**Palabras clave:** nitrógeno, vigor, relación  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ , morfología, uchuva.

## INTRODUCCIÓN

La planta de uchuva (*Physalis peruviana* L.) crece silvestre en zonas altas de América del Sur, su centro de origen, pertenece a las Solanáceas, es de hábito indeterminado y hay poco más de 80 ecotipos en el mundo. El incremento en el consumo del fruto fresco de uchuva se debe a su alto valor nutricional y porque es una fruta medicinal al reconstruir y fortificar el nervio óptico, eliminar la albúmina de los riñones, ayudar a la purificación de la sangre y ser eficaz en el tratamiento de infecciones de garganta (Fischer, 2000). El fruto de *P. peruviana* L. se vende en EE.UU. y la UE, principalmente en Inglaterra y Alemania. La planta se cultiva en Perú, Ecuador, Colombia, California, Sudáfrica, Australia, Kenia, India, el Caribe, Asia y Hawai (Fischer y Almanza, 1993).

El nitrógeno tiene el mayor efecto sobre el crecimiento de las plantas (Zandstra y Liptay, 1999) y es parte de compuestos orgánicos, incluidas las hormonas de crecimiento (Wild y Jones, 1992), esenciales en el metabolismo de la planta. Además se encuentra en proteínas, ácidos nucleicos, clorofilas y enzimas del grupo de los citocromos, indispensables para la fotosíntesis y la respiración, y en varias coenzimas, como los nicotinamida-adenin-dinucleótidos (Navarro y Navarro, 2000). El nitrógeno se absorbe principalmente como nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y, en menor medida, como amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) el cual es tóxico para las plantas (Salsac *et al.*, 1987) y se usa en cantidades pequeñas en cultivos hidropónicos. En suelo, los microorganismos nitrificantes transforman el amonio en nitrato en una o dos semanas. Según Hageman (1992), se pueden obtener producciones y rendimientos mayores cuando ambas

and shelf life and vigor of re-sprouts is neither determinant nor consistent on yield.

**Key words:** nitrogen, vigor,  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  ratio, morphology, golden berry.

## INTRODUCTION

Golden berry (*Physalis peruviana*) grows wild in highlands of South America, its center of origin, it belongs to the Solanaceae family, it is of indeterminate habit and there are just over 80 ecotypes in the world. The increased consumption of fresh fruit of golden berry is due to its high nutritional value and because it is a medicinal fruit to rebuild and fortify the optic nerve, it removes albumin from kidneys, helps purifying the blood and is effective in the treatment of throat infections (Fischer, 2000). The fruit of *P. peruviana* L. is sold in the USA and the EU, mainly in England and Germany. The plant is grown in Peru, Ecuador, Colombia, California, South Africa, Australia, Kenya, India, the Caribbean, Asia and Hawaii (Fischer & Almanza, 1993).

Nitrogen has the greatest effect on plant growth (Zandstra and Liptay, 1999) and is part of organic compounds, including growth hormones (Wild and Jones, 1992), which are essential in plant metabolism. It is also found in proteins, nucleic acids, chlorophyll and enzymes of the group of cytochromes essential for photosynthesis and respiration, and several coenzymes, as nicotinamide-adenine dinucleotides (Navarro and Navarro, 2000). Nitrogen is mainly absorbed as nitrate ( $\text{NO}_3^-$ ) and, to a lesser extent, as ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) which is toxic to plants (Salsac *et al.*, 1987) and is used in small quantities in hydroponics. In soil, the nitrifying microorganisms convert ammonium into nitrate in one or two weeks. According to Hageman (1992), higher productions and yields may be obtained when both nitrogen sources are supplied combined ( $\text{N} - \text{NH}_4^+ / \text{N} - \text{NO}_3^-$ ). In this regard, Degiovanni *et al.* (2010) mention that the highest rates of vegetative growth and yield of crops are obtained with the addition of supplements of  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{NO}_3^-$  combined; furthermore, a ratio of  $\text{NH}_4^+$  lower than or equal to 50 % increases grain production and dry matter of wheat (Sandoval *et al.*, 1994). Gonzalez *et al.* (2009) reported that the yield of basil (*Ocimum basilicum* L.) increased

fuentes nitrogenadas se suministran combinadas ( $N - NH_4^+ / N - NO_3^-$ ). Al respecto, Degiovanni *et al.* (2010) mencionan que las mayores tasas de crecimiento vegetal y de rendimiento de cultivos se obtienen con la adición de suplementos de  $NH_4^+$  y  $NO_3^-$  combinados; además, una proporción de  $NH_4^+$  menor o igual a 50 % aumenta la producción de grano y materia seca en trigo (Sandoval *et al.*, 1994). González *et al.* (2009) reportaron que el rendimiento de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) aumentó 15 % con la adición de  $NH_4^+ / NO_3^-$  en una relación 20/80, comparado con plantas tratadas con solución nutritiva con sólo  $NH_4^+$  o  $NO_3^-$ . Además, la aplicación de una relación 40:60 aumentó el área foliar y la materia seca total en eneldo (*Anethum graveolens* L.), respecto a las plantas que recibieron tratamiento con sólo  $NH_4^+$  o  $NO_3^-$  (González *et al.*, 2009).

La adición de  $NH_4^+$  a una solución nutritiva que contenga  $NO_3^-$  aumenta la eficiencia de absorción de N y promueve mayor crecimiento en las plantas, cuando las condiciones de crecimiento son favorables (Elliot y Nelson, 1983). Sin embargo, altas proporciones de  $NH_4^+$  pueden ocasionar desórdenes fisiológicos, como menor concentración de Ca, K y Zn en hojas (Fleming *et al.*, 1987). En la presente investigación, el objetivo fue determinar el efecto de la aplicación de amonio y nitrato sobre el rendimiento, altura de planta, diámetro de tallo, concentración de sólidos solubles totales y vida de anaquel de los frutos de uchuva. La hipótesis fue que la presencia de amonio en la solución nutritiva y los rebrotes vigorosos mejoran esas variables.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se realizó en un invernadero en el Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados, Estado de México, y se usaron dos tipos de plantas de uchuva (*Physalis peruviana* L.) de dos edades: una fue el rebrote de plantas ya establecidas con dos años de edad, y la otra fueron plantas nuevas obtenidas de semilla. Los tratamientos del primer experimento resultaron de la combinación de la relación  $NH_4^+ / NO_3^-$  (0:100, 25:75 y 50:50) y del vigor de los rebrotes (bajo, medio y alto). En un segundo experimento se usaron plantas nuevas derivadas de semillas y se expusieron a las mismas relaciones  $NH_4^+ / NO_3^-$  de el primer experimento. El diseño experimental, en ambos experimentos, fue completamente aleatorio con 5 repeticiones para plantas de rebrote y 4 repeticiones para plan-

15 % with the addition of  $NH_4^+ / NO_3^-$  in a 20/80 ratio, compared to plants treated with nutrient solution containing only  $NH_4^+$  or  $NO_3^-$ . Also, the application of a 40:60 ratio increased leaf area and total dry matter in dill (*Anethum graveolens* L.), respect to plants that received treatment only with  $NH_4^+$  or  $NO_3^-$  (González *et al.*, 2009).

Addition of  $NH_4^+$  to a nutrient solution containing  $NO_3^-$  increases the efficiency of N uptake and promotes a higher increase in plant growth, when growing conditions are favorable (Elliot and Nelson, 1983). However, higher  $NH_4^+$  rates can cause physiological disorders, as a lower concentration of Ca, K and Zn in leaves (Fleming *et al.*, 1987). In this research, the objective was to determine the effect of application of ammonium and nitrate on the yield, plant height, stem diameter, total soluble solids concentration and fruit shelf life of golden berry. The hypothesis was that the presence of ammonium in the nutrient solution and the vigorous re-sprouts improve these variables.

## MATERIALS AND METHODS

This research was conducted in a greenhouse at Montecillo Campus, Colegio de Posgraduados, Estado de Mexico, and two types of golden berry (*Physalis peruviana* L.) plants of two ages were used: one was re-sprout of plants already established with two years of age and new plants obtained from seed. The treatments of the first experiment resulted from the combination of the ratio  $NH_4^+ / NO_3^-$  (0:100, 25:75 and 50:50) and re-sprouting vigor (low, medium and high). In a second experiment new plants derived from seeds were used and exposed to the same ratios  $NH_4^+ / NO_3^-$  used in the first experiment. A completely randomized design was used for both experiments with 5 replications for re-sprouting plants and 4 replicates for plants with seed origin. Re-sprouting plants were classified according to the sprouting vigor: high, medium and low. The experimental unit was a plant placed in a black polyethylene bag with tezontle (volcanic rock) as substrate, particle size: 1 to 10 mm, average bulk density of  $0.82 \text{ g cm}^{-3}$ , 50 % of total porosity, 45 % of aeration porosity, 5.42 % of water readily available, without cation-exchange capacity and electrical conductivity near zero. Plants were maintained in a vertical position using a trellis system with raffia placed along the rows and subject to wooden stakes at the ends of the rows. The nutrient solutions were prepared based on the universal solution Steiner (1984), which was modified according to the treatments when using N in form of  $NH_4^+$  as originally  $NO_3^-$  is used, and also based on the best

tas con origen de semilla. Las plantas de rebrote se clasificaron según el vigor del brote: alto, medio y bajo. La unidad experimental fue una planta colocada en una bolsa negra de polietileno con el sustrato tezontle, con granulometría de 1 a 10 mm, densidad aparente promedio de  $0.82 \text{ g cm}^{-3}$ , 50 % porosidad total, 45 % porosidad de aireación, 5.42 % de agua fácilmente disponible, sin capacidad de intercambio de cationes y conductividad eléctrica cercana a cero. Las plantas se mantuvieron en posición vertical mediante tutoreo utilizando rafia colocada a lo largo de las hileras y sujeta a postes de madera en los extremos de las mismas. Las soluciones nutritivas se elaboraron con base en la solución universal Steiner (1984), la cual se modificó de acuerdo con los tratamientos al usar N en forma de  $\text{NH}_4^+$  ya que originalmente se usa  $\text{NO}_3^-$ , y también con base en el mejor tratamiento, según Gastelum *et al.* (2013), y fue la solución Steiner a 50 % de su fuerza iónica original.

Las variables evaluadas fueron altura y diámetro de tallo a 5 cm de altura del tallo, para lo cual se realizaron mediciones cada 15 d. En plantas de rebrote se inició a los 15 d después de la poda (ddp), mientras que en plantas con origen de semilla se empezó 46 d después del transplante (ddt). La altura se midió desde el sustrato hasta el ápice de la rama más larga.

Los frutos maduros, cuando el cáliz se tornó totalmente amarillo, se contaron y pesaron con y sin cáliz, por cada planta en dos cosechas: 102 y 119 ddp. Por cada unidad experimental se seleccionaron aleatoriamente, dos frutos para medir los sólidos solubles totales (°Brix) y un fruto para determinar la vida de anaquel, cuantificando los días transcurridos, desde la cosecha hasta que el fruto presentó corrugaciones en su pericarpio, a temperatura ambiente entre 20 y 25 °C.

El análisis de varianza se realizó para verificar el efecto de la relación amonio:nitrato y el vigor de los rebrotes, y las medias de los tratamientos se compararon con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). En el segundo experimento se evaluó el efecto de la relación amonio:nitrato. Los análisis se realizaron con SAS 9.0.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Plantas con origen de rebrote

La relación  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  no causó diferencias significativas sobre altura de planta y el diámetro de tallo ( $p > 0.05$ ). El vigor no afectó la altura final de la planta, pero sí al diámetro final de tallo, el cual fue mayor en plantas con alto vigor (Cuadro 1).

Abascal (1984) indica que las variaciones en el vigor de la planta se atribuyen a la constitución genética, condiciones ambientales, disponibilidad de agua y nutrición de la planta madre, así como el grado de

treatment, according to Gastelum *et al.* (2013), and it was the Steiner solution at 50 % of its original ionic strength.

The variables assessed were stem height and diameter at 5 cm in height of the stem, for which measurements were made every 15 d. In re-sprouting plants measurements were initiated at 15 d after pruning (dap), whereas in plants with origin of seed measurements were started 46 d after transplanting (dat). The height was measured from the substrate to the apex of the longest branch.

Ripe fruits, when the calyx is turned completely yellow, were counted and weighed with and without calyx per plant in two crops: 102 and 119 dap. For each experimental unit two fruits were randomly selected to measure total soluble solids (°Brix) and one fruit to determine the shelf life quantifying the days elapsed from harvest until the fruit presented corrugations in its pericarp at room temperature between 20 and 25 °C.

Analysis of variance was performed to verify the effect of the ammonium: nitrate ratio and re-sprouting vigor, and treatment means were compared with Tukey's test ( $p \leq 0.05$ ). In the second experiment the effect of the ammonium: nitrate ratio was evaluated. Analyses were performed using SAS 9.0.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Plants with re-sprouting origin

The ratio  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  did not cause significant differences on plant height and stem diameter ( $p > 0.05$ ). The vigor did not affect the final height of the plant, but it did the final diameter of stem, which was higher in plants with high vigor (Table 1).

Abascal (1984) indicates that variations in the plant vigor are attributed to genetic constitution, environmental conditions, water availability and nutrition of the mother plant as well as the degree of aging and presence of pathogens. The stem diameter is an indicator of plant vigor, and reflects photosynthate accumulation, which is translocated to demand sites (Liptay *et al.*, 1981; Preciado *et al.*, 2002). A thicker stem minimizes or prevents lodging of the plant from action of the wind in the field (Orzolek, 1991).

A combination of  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{NO}_3^-$  where  $\text{NH}_4^+$  occupies less than 20 % promotes growth of the tomato plant (*Solanum lycopersicum* L.) (Jingquan and Dewei, 1988). Elliot and Nelson (1983) argue that  $\text{NH}_4^+$  addition to the nutrient solution in concentrations less than 30 % of total N increases growth rates in chrysanthemum plants. Tucuch-Haas

envejecimiento y la presencia de patógenos. El diámetro de tallo es un indicador del vigor de la planta, y refleja la acumulación de fotosintatos, los cuales se translocan a los sitios de demanda (Liptay *et al.*, 1981; Preciado *et al.*, 2002). Un mayor grosor de tallo minimiza o previene el acame de la planta por acción del viento en el campo (Orzolek, 1991).

Una combinación de  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$  donde el  $\text{NH}_4^+$  ocupe menos del 20 % favorece el crecimiento de la planta de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) (Jingquan y Dewei, 1988). Elliot y Nelson (1983) afirman que la adición de  $\text{NH}_4^+$  a la solución nutritiva en concentraciones menores de 30 % de N total incrementa las tasas de crecimiento en plantas de crisantemo. Tucuch-Haas *et al.* (2011) tampoco encontraron efecto de la relación  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  sobre el diámetro de tallo en plantas de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.). González *et al.* (2009) aplicaron la relación 20:80 ( $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ) y el rendimiento de cultivo de albahaca aumentó 15 %, mientras que en el eneldo (*Anethum graveolens* L.) el aumento fue con la aplicación de una relación 40:60; además aumentó el área foliar y la materia seca total en ambos cultivos. Con una proporción adecuada de  $\text{NH}_4^+$ , menos de 30 %, aumentó la actividad de la enzima fosfoenolpiruvato carboxilasa (PEPC) en la raíz (Vuorinen *et al.*, 1992), lo cual se atribuye a una función anaplerótica de la enzima para favorecer la asimilación de  $\text{NH}_4^+$  en las raíces mediante la producción de esqueletos carbonados usados en la síntesis de aminoácidos (Bialczyk y Lechowski, 1995), y por disminuir el transporte y acumulación de  $\text{NH}_4^+$  en las hojas. Al respecto, Preciado *et al.* (2002) mencionan que la importancia fisiológica del área foliar está relacionada con la fotosíntesis y la producción de esqueletos carbonados, los cuales son usados y almacenados en el tallo de la planta.

El suministro de  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  sólo influyó en el número de frutos en la primera cosecha (102 ddp), y el mayor número de frutos se obtuvo con la relación 50:50 y el menor con 25:75 ( $p \leq 0.05$ ) (Cuadro 2). Parra *et al.* (2012) no encontraron efecto positivo de la relación  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ :urea y la concentración de potasio en la solución nutritiva sobre el número de frutos por planta (17.3 a 19.5) de tomate cv. IB-9. Estos resultados contrastan con los de Siddiqi *et al.* (2002) y Bialczyk *et al.* (2007), quienes al añadir 10 y 20 % de N –  $\text{NH}_4^+$  en la solución nutritiva, obtuvieron incrementos de 20 % en el número de frutos

**Cuadro 1. Altura final de planta y diámetro final de tallo en plantas de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con origen de rebrote 135 días después de la poda.**

**Table 1. Final plant height and final stem diameter in golden berry (*Physalis peruviana* L.) plants with re-sprouting origin 135 days after pruning.**

Factor	Altura de planta	Diámetro de tallo
Relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ (%)	cm	mm
0/100	144.64 a	13.23 a
25/75	155.36 a	14.10 a
50/50	149.53 a	14.09 a
Vigor de rebrote		
Bajo	156.60 a	15.07 a
Medio	151.92 a	13.82 ab
Alto	143.00 a	12.84 b

Letras distintas en una columna indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) ❖ Different letters in a column indicate significant differences ( $p \leq 0.05$ ).

*et al.* (2011) neither found effect of the  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  ratio on the stem diameter in habanero pepper plants (*Capsicum chinense* Jacq.). Gonzalez *et al.* (2009) used the ratio 20:80 ( $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ) and basil crop yield increased 15 %, whereas in the dill (*Anethum graveolens* L.) crop the increase was done with a 40:60 ratio; besides, the leaf area and the total dry matter increased in both cultivars. With an appropriate  $\text{NH}_4^+$  proportion, less than 30 %, the activity of the phosphoenolpyruvate carboxylase (PEPC) enzyme increased in the root (Vuorinen *et al.*, 1992), which is attributed to an anaplerotic function of the enzyme to promote the  $\text{NH}_4^+$  assimilation in roots by producing carbonaceous skeletons used in the synthesis of amino acids (Bialczyk and Lechowski, 1995), and by reducing  $\text{NH}_4^+$  transport and accumulation in leaves. In this regard, Preciado *et al.* (2002) mention that the physiological significance of leaf area is related to photosynthesis and production of carbonaceous skeletons, which are used and stored in the stem of the plant.

$\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  supply only influenced on the number of fruits in the first harvest (102 dap), and the largest number of fruits was obtained with the ratio 50:50 and the lowest number with the ratio 25:75 ( $p \leq 0.05$ ) (Table 2). Parra *et al.* (2012) did not found a positive effect of the ratio  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ :urea and potassium concentration in the nutrient solution on the number of fruits per plant (17.3 to 19.5) of

**Cuadro 2. Rendimiento de plantas de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con origen de rebrote en respuesta a los efectos de la relación  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  y el vigor de la planta.**

**Table 2. Yield of golden berry (*Physalis peruviana* L.) plants with re-sprouting origin in response to the effects of ratio  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  and plant vigor.**

ddp	Relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ (%)			Vigor de la planta		
	0:100	25:75	50:50	Alto	Medio	Bajo
	Número de frutos planta <sup>-1</sup>					
102	2.75 ab	2.44 b	3.40 a	3.40 a	2.78 ab	3.38 b
119	13.33 a	15.50 a	14.67 a	14.14 a	15.57 a	13.25 a
	Peso de frutos con cáliz (g planta <sup>-1</sup> )					
102	22.88 a	33.06 a	25.60 a	25.70 a	28.21 a	24.01 a
119	53.94 a	64.31 a	59.20 a	63.46 a	59.54 a	51.56 a
	Peso de frutos sin cáliz (g planta <sup>-1</sup> )					
102	19.54 a	20.99 a	19.40 a	23.97 a	19.97 ab	15.75 b
119	48.46 a	55.46 a	51.24 a	57.05 a	51.53 a	45.40 a

Letras distintas en un renglón indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ). ddp: días después de la poda ❖ Different letters in a row indicate significant differences ( $p \leq 0.05$ ). ddp: days after pruning.

por planta de tomate cultivares Trust F1 y Perkoz F1 comparado con los de plantas tratadas exclusivamente con  $\text{NO}_3^-$ , lo cual puede atribuirse a que los cultivares de tomate responden genéticamente diferente a las fuentes de N (Ben-Oliel *et al.*, 2004), a variaciones en las condiciones ambientales y experimentales (Kotsiras *et al.*, 2005).

El número de frutos cosechados fue mayor en las plantas de vigor alto, aunque la diferencia fue significativa sólo en la primera cosecha (102 ddp; Cuadro 2). Las hojas superiores envían sus reservas para el desarrollo de la yema apical y de hojas inmaduras próximas a ésta; los fotoasimilados producidos por las hojas inferiores son utilizados por las raíces, mientras las hojas intermedias desvían sus productos en ambas direcciones (Taiz y Zeiger, 1991). Sin embargo, la distribución puede cambiar durante el desarrollo de la planta, en la etapa reproductiva y los frutos tienen prioridad por los fotoasimilados (Fischer *et al.*, 2012).

La relación  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  no afectó el peso de frutos con y sin cáliz (Cuadro 2), aunque el rendimiento en ambas cosechas siempre fue mayor con 25 % de  $\text{NH}_4^+$  en la solución nutritiva. Resultados similares obtuvieron Parra *et al.* (2012), al aplicar diferentes relaciones  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  y concentraciones de bicarbonato sobre el rendimiento acumulado por planta de tomate.

tomato cv. IB-9. These results contrast with those of Siddiqi *et al.* (2002) and Bialczyk *et al.* (2007), who by adding 10 and 20 % of N –  $\text{NH}_4^+$  in the nutrient solution, obtained increases of 20 % in the number of fruits per plant of tomato cultivars Trust F1 and Perkoz F1 compared with that of plants treated exclusively with  $\text{NO}_3^-$ , which can be attributed to the fact that tomato cultivars respond genetically different to N sources (Ben-Oliel *et al.*, 2004), to variations in environmental and experimental conditions (Kotsiras *et al.*, 2005).

The number of harvested fruits was higher in high vigor plants, although the difference was significant only in the first harvest (102 dap; Table 2). The upper leaves send their reserves for the development of the apical bud and immature leaves next to it; photoassimilates produced by the lower leaves are used by the roots, while the intermediate leaves divert their products in both directions (Taiz and Zeiger, 1991). However, the distribution may change during plant development, in the reproductive stage and the fruits have priority by photoassimilates (Fischer *et al.*, 2012).

The ratio  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  did not affect fruit weight with and without calyx (Table 2), although yield in both crops was always greater with 25 % of  $\text{NH}_4^+$  in the nutrient solution. Similar results were obtained by Parra *et al.* (2012), when applying different  $\text{NH}_4^+$

La inclusión de  $\text{NH}_4^+$  en porcentajes menores de 20 % incrementa la absorción de N en más del 75 % contra lo que absorben cuando se fertiliza exclusivamente con  $\text{NO}_3^-$  o  $\text{NH}_4^+$ . El N en la raíz es incorporado rápidamente en esqueletos carbonados (Resh, 2001), para evitar toxicidad y formar aminoácidos, evitando así toxicidad de amonio en la planta. En estas condiciones aumenta la actividad de la enzima fosfoenolpiruvato carboxilasa (PEPC) en raíz (Vuorinen *et al.*, 1992), la cual recicla el C liberado de la respiración en la raíz y que se usa en la síntesis de aminoácidos (Bialczyk y Lechowski, 1995).

El peso de frutos sin cáliz fue mayor en el primer muestreo, aunque sin diferencias significativas, en plantas de vigor alto (Cuadro 2). En la uchuva hay crecimiento simultáneo de nuevos brotes, ramas, hojas, flores y frutos, por lo cual el rendimiento será mayor en plantas vigorosas debido a un mayor suministro de agua y carbohidratos de reserva para crecimiento vegetativo y reproducción, especialmente para el llenado del fruto (Fischer, 2000). La poda estimula el crecimiento vegetativo vigoroso de la planta (el cual está relacionado con la energía de reserva) e incrementa la concentración de citoquinas, atribuidos a los cambios provocados en el transporte y acumulación de carbohidratos, favoreciendo la tasa de crecimiento del fruto y mejorando el cuajado y peso (Dadomo *et al.*, 1994; Dumas *et al.*, 1994; Rodríguez *et al.*, 1994 y Martínez *et al.*, 2008).

La concentración de sólidos solubles totales y vida de anaquel no presentaron diferencias significativas atribuibles al vigor de la planta o a la relación  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  (Cuadro 3). La mayor concentración de azúcares (°Brix) se presentó en frutos de plantas con alto vigor en ambas cosechas, y con solo nitrato (0/100;  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ) también en ambos cortes (12.47 y 10.18 °Brix, respectivamente). Esto contrasta con Yang *et al.* (2003) quienes indican que con el  $\text{NH}_4^+$  en la solución nutritiva aumenta la concentración de azúcar.

La forma de N y el vigor de los rebrotes no afectan la vida de anaquel del fruto (Cuadro 3), la cual es función de las podas, época de cosecha, estado de maduración del fruto cosechado, balance nutricional e hídrico y factores ambientales, ocasionando frutos de mala calidad y menor vida de estante (Fischer, 2000a). Villamizar y Ospina (1995) señalan que la

$/\text{NO}_3^-$  ratios and bicarbonate concentrations on accumulated yield per tomato plant.

The inclusion of  $\text{NH}_4^+$  in percentages lower than 20 % increases the N absorption by more than 75 % against what the plant absorbs when fertilized only with  $\text{NO}_3^-$  or  $\text{NH}_4^+$ . At the root, N is rapidly incorporated in carbonaceous skeletons (Resh, 2001), to avoid toxicity thus and forming amino acids, thus avoiding toxicity of ammonium in the plant. Under these conditions, the activity of phosphoenolpyruvate carboxylase (PEPC) enzyme increases in root (Vuorinen *et al.*, 1992), which recycles the C released from respiration in the root and which are used in the synthesis of amino acids (Bialczyk and Lechowski, 1995).

The fruit weight without calyx was higher in the first sampling, although without significant differences in high vigor plants (Table 2). In golden berry there is simultaneous growth of new sprouts, branches, leaves, flowers and fruits, whereby the yield will be higher in vigorous plants due to a higher water supply and reserve carbohydrates for vegetative growth and reproduction, especially for fruit filling (Fischer, 2000). Pruning encourages vigorous vegetative growth of the plant (which is related to reserve energy) and increases the concentration of cytokinins, attributed to the changes caused in transport and accumulation of carbohydrates, favoring the fruit growth rate and improving fruit set and weight (Dadomo *et al.*, 1994; Dumas *et al.* 1994; Rodríguez *et al.*, 1994 and Martínez *et al.*, 2008).

Total soluble solids concentration and shelf life did not show significant differences attributable to the plant vigor or the ratio  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  (Table 3). The highest sugar concentration (°Brix) was found in fruits of plants with high vigor in both crops and with nitrate (0/100;  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ) also in both crops (12.47 and 10.18 °Brix, respectively). This contrasts with Yang *et al.* (2003) who indicate that with  $\text{NH}_4^+$  in the nutrition solution, sugar concentration increases.

The N form and sprouting vigor do not affect shelf life of the fruit (Table 3), which is a function of pruning, harvest season, ripening state of the fruit harvested, nutritional and water balance and environmental factors causing fruit of poor quality and lower shelf life (Fischer, 2000a). Villamizar and Ospina (1995) point out that nutrition and age of the golden berry plant affect size, firmness and

**Cuadro 3. Concentración de sólidos solubles y vida de anaquel de frutos de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con origen de rebrote en respuestas a la relación  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  y el vigor de la planta.****Table 3. Concentration of soluble solids and shelf life of golden berry (*Physalis peruviana* L.) fruits with re-sprouting origin in response to ratio  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  and plant vigor.**

ddp	Relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ (%)			Vigor de la planta		
	0:100	25:75	50:50	Alto	Medio	Bajo
	Concentración de sólidos solubles totales (°Brix)					
102	12.47 a	12.27 a	12.37 a	12.67 a	12.25 a	12.06 a
119	10.18 a	9.52 a	9.61 a	10.00 a	9.35 a	9.93 a
	Vida de anaquel (días)					
102	13.17 a	12.60 a	12.67 a	12.83 a	13.00 a	12.33 a
119	11.67 a	11.20 a	11.33 a	11.36 a	11.33 a	11.40 a

Letras distintas en un renglón y factor indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ). ddp: días después de la poda ❖ Different letters in a row and factor indicate significant differences ( $p \leq 0.05$ ). ddp: days after pruning.

nutrición y edad de la planta de uchuva afectan el tamaño, firmeza y respiración de los frutos cosechados, actuando así sobre la calidad interna y externa. No hubo diferencias significativas en la vida de anaquel, lo cual es similar a los resultados reportados por Villareal *et al.* (2002), quienes no encontraron efecto positivo de las relaciones  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  usadas en las distintas etapas de desarrollo del cultivo de tomate.

### Plantas con origen de semilla

En plantas con origen de semilla la relación  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  no afectó la altura de la planta (138.75, 141.0 y 137.75 cm; 0:100, 25:75 y 50:50  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ , respectivamente); pero en el diámetro final de tallo hubo diferencias significativas (14.52b, 15.1b y 16.59a mm; 0:100, 25:75 y 50:50  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ , respectivamente). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Sandoval-Villa *et al.* (2001) quienes no encontraron efecto sobre la altura por el suministro de relaciones  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  aplicadas en ciertas etapas fenológicas de *Solanum lycopersicum* L., cultivados en hidroponía e invernadero. En cambio, Parra *et al.* (2012) encontraron efecto positivo de la relación  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  sobre la altura de plantas jóvenes de tomate y el máximo valor se obtuvo en plantas tratadas con la relación 30:70. Según Gonzalez *et al.* (2009), el mayor grosor de tallo en cebollín fue con la relación 0:100  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  y en plantas de albahaca fue con

respiration of harvested fruits thus acting on internal and external quality. There were no significant differences in shelf life, which is similar to results reported by Villareal *et al.* (2002), who did not find positive effect of the ratios  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  used at different stages of development of the tomato crop.

### Plants with origin of seed

In plants with origin of seed the ratio  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  did not affect the plant height (138.75, 141.0 and 137.75 cm; 0:100, 25:75 and 50:50  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ , respectively); however, in the final diameter of stem there were significant differences (14.52b, 15.1b and 16.59a mm; 0:100, 25:75 and 50:50  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ , respectively). These results agree with those obtained by Sandoval-Villa *et al.* (2001) who did not find effect on height by the supply of  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  applied in certain phenological stages of *Solanum lycopersicum* L., grown in hydroponics and greenhouse. However, Parra *et al.* (2012) found positive effect of the ratio  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  on height of young tomato plants the maximum value was obtained in plants treated with the ratio 30:70. According to Gonzalez *et al.* (2009), the thickest of the chives stem was with the ratio 0:100  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  and in basil plants with 80/20, whereas in plants of dill there was not a positive effect of  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  on stem diameter.

The ratio  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  did not affect the number of fruits per plant in the two crops (Table



80/20, mientras que en plantas de eneldo no hubo efecto positivo de  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  sobre el diámetro de tallo.

La relación  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  no afectó el número de frutos por planta en las dos cosechas (Cuadro 4). Sin embargo, en la primera el mayor número de frutos se observó en plantas tratadas solo con nitrato, mientras que en la segunda el mayor número de frutos se obtuvo en plantas tratadas con la relación 50:50. En contraste, en la última cosecha hubo efecto significativo de la relación  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ , y el valor más alto se presentó en plantas tratadas con 25:75. Al respecto, Parra *et al.* (2012) no encontraron efecto significativo para las relaciones  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ : 0:100, 15:85 y 30:70, y concentraciones de bicarbonato sobre el rendimiento de *Solanum lycopersicum* L. El mayor rendimiento fue en plantas tratadas con 15 % de  $\text{NH}_4^+$  (4.503 kg planta<sup>-1</sup>). En contraste, Dong *et al.* (2004) indican que 25:75  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  aumenta el peso fresco y seco de frutos en plantas de tomate. Es evidente que el comportamiento de *P. peruviana* L. es similar al de *S. lycopersicum* L. en altura, pero no en diámetro de tallo y rendimiento.

4). However, in the first crop the largest number of fruits was observed in plants treated only with nitrate, whereas in the second one the largest number of fruits was obtained from plants treated with the 50:50 ratio. In contrast, in the last harvest there was a significant effect of the  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  ratio, whose highest value was recorded in plants treated with 25:75. In this regard, Parra *et al.* (2012) did not find a significant effect for ratios  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ : 0:100, 15:85 and 30:70, and bicarbonate concentrations on the yield of *Solanum lycopersicum* L. plants. The highest yield was in treated plants with 15 % of  $\text{NH}_4^+$  (4.503 kg plant<sup>-1</sup>). In contrast, Dong *et al.* (2004) indicate that providing 25:75  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  to tomato plants the fresh and dry weight of fruits increases. Obviously, the behavior of *P. peruviana* L. is similar to *S. lycopersicum* L. in height but not in stem diameter and yield.

The weight of fruit, with or without calyx, was not affected by the ratio  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  in the first two harvests (Table 4). Granmore-Neuman and Kafkafi (1980), and Hartman *et al.* (1986) state that for obtaining higher tomato yields, the optimal

**Cuadro 4. Rendimiento de plantas de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con origen de semilla en respuesta a la relación  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ .**  
**Table 4. Yield of golden berry (*Physalis peruviana* L.) plants with seed origin in response to the ratio  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ .**

ddt	Relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ (%)		
	0:100	25:75	50:50
Número de frutos planta <sup>-1</sup>			
92	4.50 a	3.50 a	4.00 a
102	11.00 a	11.50 a	12.50 a
119	18.50 b	44.25 a	29.50 ab
Peso de frutos con cáliz (g planta <sup>-1</sup> )			
92	14.83 a	14.20 a	15.80 a
102	34.00 a	36.33 a	50.00 a
119	60.30 b	168.38 a	106.58 ab
Peso de frutos sin cáliz (g planta <sup>-1</sup> )			
92	11.40 a	10.47 a	12.95 a
102	30.74 a	38.50 a	45.25 a
119	54.75 b	153.60 a	97.35 b

Letras distintas en un renglón indican diferencias significativas (p≤0.05). ddt: días después del transplante ❖ Different letters in a row indicate significant differences (p≤0.05). ddt: days after transplanting.

El peso de frutos, con y sin cáliz, no fue afectado por la relación  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  en las dos primeras cosechas (Cuadro 4). Granmore-Neuman y Kafkafi (1980) y Hartman *et al.* (1986) afirman que para obtener rendimientos más altos de tomate, las concentraciones óptimas de  $\text{NH}_4^+$  deben ser de 25 a 30 % de N total en la solución. Al respecto, Tucuch *et al.* (2011), al aplicar diferentes relaciones  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  en plantas de *Capsicum chinense* Jacq., encontraron efecto sobre el rendimiento. La mayor producción fue en plantas tratadas con la relación 20/80, en comparación con plantas tratadas solo con nitrato. En contraste, Sandoval-Villa *et al.* (2001) no encontraron diferencia significativa sobre el rendimiento de tomate al suministrar diferentes relaciones  $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$  en los estados vegetativo, vegetativo + floración, floración + fructificación y fructificación y en todo el ciclo de producción de tomate.

La relación  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  no afectó la concentración de sólidos solubles totales (SST) en la primera cosecha (Cuadro 5). En cambio, en la segunda y tercera cosecha (102 y 119 ddt) la concentración de SST fue afectada y el valor máximo fue en frutos de plantas tratadas con la relación 25:75 y 100:0, pero estos valores disminuyeron lo cual se atribuye a la edad de la planta y la forma del nitrógeno suministrada. Villareal *et al.* (2002) observaron que la concentración de SST (°Brix) presentó tendencia descendente en los tratamientos con proporción alta de N- $\text{NH}_4^+$  en todas las etapas de desarrollo del cultivo. La proporción 1:3 ( $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ) tuvo un efecto positivo para conservar calidad de postcosecha alta de los frutos (firmeza, °Brix y acidez titulable) y una producción alta.

La vida de anaquel fue mayor en la primera cosecha en plantas alimentadas con solo nitrato, mientras que en la segunda y tercera la vida de anaquel fue similar, es decir, no hay un efecto claro de la relación (Cuadro 5). El efecto en la primera cosecha coincide con el reportado por Tabatabaie *et al.* (2006) de que un incremento de la proporción de  $\text{NH}_4^+$  en la solución de 0 a 75 % redujo significativamente la vida postcosecha en fresa. Para *P. peruviana* Valencia (1985) señala que la vida de anaquel será mayor para frutos con el cáliz, ya que estarán cubierto por una sustancia pegajosa segregada por tejidos glandulares ubicados en la base del cáliz, y cuya función es repeler el ataque de hongos e insectos. Lo anterior fue confirmado por Herrera (2000), quien indica que el cáliz del fruto prolonga 2/3 la vida postcosecha.

concentrations of  $\text{NH}_4^+$  should be 25 to 30 % of total N in the solution. In this regard, Tucuch *et al.* (2011) found an effect on the yield when applying different ratios  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  in plants of *Capsicum chinense* Jacq. The highest production was obtained in plants treated with the ratio 20/80, in comparison with plants treated solely with nitrate. In contrast, Sandoval-Villa *et al.* (2001) did not find significant difference on yield of tomato when supplying different ratios  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  in the vegetative states, vegetative + flowering, flowering + fructification and fructification throughout the production cycle of tomato.

The ratio  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  did not affect the concentration of total soluble solids (TSS) in the first harvest (Table 5). In contrast, in the second and third crop (102 and 119 dat) TSS concentration was affected and the maximum value was in fruits of plants treated with the ratio 25:75 and 100: 0, but these values decreased, which is attributed to the age of the plant and the form of nitrogen supplied. Villareal *et al.* (2002) observed that the TSS (°Brix) concentration showed a downward trend in treatments with high proportion of N- $\text{NH}_4^+$  at all stages of crop development. The ratio 1:3 ( $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ) had a positive effect to maintain high quality of postharvest fruit (firmness, °Brix and titratable acidity) and a high production.

Shelf life was higher in the first harvest in plants fed nitrate only, while in the second and third harvest shelf life is similar, *i.e.*, there is no clear effect of the ratio (Table 5). The effect on the first crop coincides with that reported by Tabatabaie *et al.* (2006) of an increase from 0 to 75 % of the  $\text{NH}_4^+$  ratio in the solution which significantly reduced postharvest life in strawberry. For *P. peruviana* Valencia (1985) points out that shelf life will be longer for fruits with calyx, as they will be covered with a sticky substance secreted by glandular tissues located at the base of the calyx, and whose function is to repel the attack of fungi and insects. This was confirmed by Herrera (2000) who indicates that the calyx of fruit extends 2/3 postharvest life.

## CONCLUSIONS

In sprouting plants the joint application of ammonium and nitrate had no effect on growth (plant height and stem diameter), yield (fruit weight

**Cuadro 5. Concentración de sólidos solubles totales y vida de anaquel en *Physalis peruviana* L. con origen de semilla en respuesta a la relación  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ .**

**Table 5. Concentration of total soluble solids and shelf life in *Physalis peruviana* L. with seed origin in response to the ratio  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ .**

ddt	Relación $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ (%)		
	0:100	25:75	50:50
Concentración de sólidos solubles totales (°Brix)			
92	15.65 a	15.23 a	15.25 a
102	13.00 b	13.35 a	14.60 a
119	15.65 a	9.93 b	10.60 b
Vida de anaquel (días)			
102	9.50 a	5.50 ab	4.00 b
115	12.00 b	12.00 b	12.67 a
130	7.00 a	7.00 a	6.75 a

Letras distintas en un renglón indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ). ddt: días después del transplante ❖ Different letters in a row indicate significant differences ( $p \leq 0.05$ ). ddt: days after transplanting.

### CONCLUSIONES

En plantas de rebrote la aplicación conjunta de amonio y nitrato no influyeron sobre el crecimiento (altura de la planta y diámetro de tallo), rendimiento (peso de frutos con y sin cáliz) y calidad de fruto (sólidos solubles totales y vida de anaquel). El vigor de la planta cambió el crecimiento de la planta (diámetro de tallo) y rendimiento (número de frutos por planta y peso de frutos sin cáliz), pero no la calidad de fruto (sólidos solubles totales y vida de anaquel).

En plantas de semilla la aplicación de amonio afectó positivamente el diámetro de tallo y el rendimiento, pero no cambió la altura de planta ni la calidad de los frutos.

### LITERATURA CITADA

Abascal, J. 1984. Manual de métodos de ensayo de vigor. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, España. 56 p.

Ben-Oliel G., S. Kant, M. Naim, H. D. Rabinowitch, G. R. Takeoka, G. Buttery, and U. Kafkafi. 2004. Effects of ammonium to nitrate ratio and salinity on yield and fruit quality of large and small tomato fruit hybrids. *J. Plant Nutr.* 27: 1795-1812.

Bialczyk, J., and Z. Lechowski. 1995. Chemical composition of xylem sap of tomato grown on bicarbonate containing medium. *J. Plant Nutr.* 18: 2005-2021.

with and without calyx and fruit quality (total soluble solids and shelf life). Plant vigor changed plant growth (stem diameter) and yield (number of fruits per plant and fruit weight without calyx, but not fruit quality (total soluble solids and shelf life).

In seed plants the application of ammonium positively affected stem diameter and yield, but it did not change plant height neither fruit quality.

—End of the English version—



Bialczyk J., Z. Lechowski, D. Dziga, and E. Mej. 2007. Fruit yield of tomato cultivated on media with bicarbonate and nitrate/ammonium as the nitrogen source. *J. Plant Nutr.* 30: 149-161.

Dadomo, M., A. M. Gaínza, Y. Dumas, P. Bussiérés, J. Macua, M. Christou, and X. Brantho. 1994. Influence of water and nitrogen availability on yield components of processing tomato in the European Union Countries. *Acta Hort.* 376: 271-273.

Degiovanni B., V., C. P. R. Martínez, y F. O. Motta. 2010. Producción eco-eficiente de arroz en América Latina. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. Tomo I. pp: 1-25.

Dumas, Y., C. Leoni, C. A. M. Portas, and B. Bieche. 1994. Influence of water and nitrogen availability on yield components of processing tomato in the European Union Countries. *Acta Hort.* 376: 185-189.

- Dong, C., Q. Shen, and G. Wang. 2004. Tomato growth and organic acid changes in response to partial replacement of  $\text{NO}_3^- - \text{N}$  by  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ . *Pedosphere* 14: 159-164.
- Elliot, C. G., and P. V. Nelson. 1983. Relationships among nitrogen accumulation, nitrogen assimilation and plant growth in chrysanthemums. *J. Plant Physiol.* 57: 250-259.
- Fleming, L. A., D. T. Krizek, and R. M. Mirecki. 1987. Influence of ammonium nutrition on the growth and mineral composition of two chrysanthemum cultivars differing in drought tolerance. *J. Plant Nutr.* 10: 1869-1881.
- Fischer, G. 2000. Crecimiento y desarrollo. In: Flórez, V. J., G. Fischer, y A. D. Sora (eds). *Producción, Poscosecha y Exportación de la Uchuva (Physalis peruviana L.)*. Unibiblos, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia pp: 9-26.
- Fischer, G. 2000a. Fisiología del cultivo de la uchuva *Physalis peruviana L.* In: *Memorias Tercer Seminario de Frutales de Clima Frío Moderado*. Centro de Desarrollo Tecnológico de Frutales C. D. T. F. Manizales, Caldas, Colombia. pp: 9-26.
- Fischer, G., y P. J. Almanza. 1993. Nuevas tecnologías en el cultivo de la uchuva, *Physalis peruviana L.* *Rev. Agrodesarrollo* 4: 290-294.
- Fischer, G., P. J. Almanza-Merchán, and F. Ramírez. 2012. Source-sink relationships in fruit species: A review. *Rev. Colomb. Ciencias Hortíc.* 6: 238-253.
- Ganmore-Neuman, R., and U. Kafkafi. 1980. Root temperature and percentage  $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$  effect on tomato plant development. I. Morphology and growth. *Agron. J.* 72: 758-761.
- Gastelum O., D. A., M. Sandoval V., C. Trejo L., y R. Castro B. 2013. Fuerza iónica de la solución nutritiva y densidad de plantación sobre la producción y calidad de frutos de *Physalis peruviana L.* *Rev. Chapingo Serie Hort.* 19: 197-210.
- González G., J. L., M. N. Mendoza R., P. Sánchez G., y E. A. Gaytan A. 2009. Relación amonio/nitrato en la producción de hierbas aromáticas en hidroponía. *Agric. Téc. Méx.* 35: 5-11.
- Hageman, R. H. 1992. Ammonium versus nitrate nutrition of higher plants. In: Hauck, R. D., J. D. Beaton, C. A. I. Goring, R. G. Hoef, G. W. Randall, and D. A. Russel (eds). *Nitrogen in Crop Production*. Am. Soc. Agron., Crop Sci. Soc. Am., Soil Sci. Soc. Am. Madison, WI, USA. pp: 67-88.
- Hartman, P. L., H. A. Mills, and J. B. Jones, Jr. 1986. The influence of nitrate: ammonium ratios on growth, fruit development, and element concentration in "Floradel" tomato plants. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 111: 487-490.
- Herrera, A. 2000. Manejo poscosecha. In: Flórez, V. J., G. Fischer, y A. D. Sora (eds). *Producción, Poscosecha y Exportación de la Uchuva (Physalis peruviana L.)*. Unibiblos, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. pp: 109-127.
- Jingquan, Y., and C. Dewei. 1988. Effects of different nitrogen forms on tomato grown in carbonized rice hull. *Soilless Culture* 4: 51-61.
- Kotsiras, A., C. M. Olympios, and H. C. Passam. 2005. Effects of nitrogen form and concentration on yield and quality of cucumbers grown on rockwool during Spring and Winter in Southern Greece. *J. Plant Nutr.* 28: 2027-2035.
- Liptay, A., C. A. Jaworski, and S. C. Phatak. 1981. Effect of tomato transplant stem diameter and ethephon treatment on tomato yield, fruit size and number. *Can. J. Plant Sci.* 61: 13-415.
- Martínez, F. E., J. Sarmiento, G. Fischer, y F. Jiménez. 2008. Efecto de la deficiencia de N, P, K, Ca, Mg y B en componentes de producción y calidad de la uchuva (*Physalis peruviana L.*). *Agron. Colomb.* 26: 389-398.
- Navarro, S., y G. Navarro. 2000. *Química Agrícola*. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 487 p.
- Orzolek, M. D. 1991. Establishment of vegetables in the field. *HortTechnology*. 1: 78-81.
- Parra T., S., M. Lara P., M. Villareal R., y S. Hernández V. 2012. Crecimiento de plantas y rendimiento de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) en diversas relaciones nitrato/amonio y concentraciones de bicarbonato. *Rev. Fitotec. Mex.* 35: 143-153.
- Parra T., S., G. Mendoza P., y M. Villarreal R. 2012a. Relación nitrato/amonio/urea y concentración de potasio en la producción de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) hidropónico. *Rev. Mex. Ciencias Agríc.* 3: 113-124.
- Preciado R., P., G. A. Baca C., J. L. Tirado T., J. Kohashi S., L. Tijerina C., y A. Martínez G. 2002. Nitrógeno y potasio en la producción de plántulas de melón. *Terra* 20: 67-276.
- Resh, H. M. 2001. *Cultivos Hidropónicos*. Mundi-Prensa. Madrid, España. 558 p.
- Rodríguez, A., S. Leoni, P. Bussiéres, M. Dadomo, M. Christou, I. J. Macua, and P. Cornillon. 1994. Influence of water and nitrogen availability on yield components of processing tomato in the European Union Countries. *Acta Hort.* 376: 275-277.
- Salsac, L., S. Chaillou, S. F. Morot-Gaudry, C. Lesaint, and E. Jolivet. 1987. Nitrate and ammonium nutrition in plants. *Plant Physiol. Biochem.* 25: 805-812.
- Sandoval V., M., G. Alcántar G., y J. L. Tirado T. 1994. Producción y distribución de materia seca en plantas de trigo por efecto de diferentes relaciones amonio/nitrato. *Terra* 14: 408-413.
- Sandoval-Villa, M., E. A. Guertal, and C. W. Wood. 2001. Greenhouse tomato response to low ammonium-nitrogen concentrations and duration of ammonium-nitrogen supply. *J. Plant Nutr.* 24: 1787-1798.
- 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 hydroponic tomato crop. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 165: 191-197.
- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. In: *Proc. 6th Int. Congress on Soilless Culture*. ISOSC. Wageningen, The Netherlands. pp: 633-649.
- Tabatabaie, S. J., L. S. Fatemi, and E. Fallahi. 2006. Effect of ammonium nitrate ratio on yield, calcium concentration, and photosynthesis rate in strawberry. *J. Plant Nutr.* 29: 1273-1285.
- Taiz, L., and E. Zeiger. 1991. *Plant Physiology*. The Benjamin Cummings Pub., Redwood City, CA. USA. 565 p.
- Tucuch-Haas, C. J., G. Alcántar-González, V. M. Ordaz-Chaparro, J. M. Santizo-Rincón, y A. Larqué-Saavedra. 2011. Producción y calidad de chile habanero (*Capsicum chinense Jacq.*) con diferente relación  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  y tamaño de partícula de sustratos. *Terra Latinoam.* 30: 8-15.
- Valencia M., L. 1985. Anatomía del fruto de la uchuva (*Physalis peruviana L.*). *Acta Biol. Colomb.* 1: 63-89.

- Villamizar, F., y J. Ospina. 1995. Frutas y hortalizas. Manejo Tecnológico en Postcosecha. SENA. Bogotá, Colombia. 84 p.
- Villareal R., M., R. S. García E., T. Osuna E. y A. D. Armenta B. 2002. Efecto de dosis y fuentes de nitrógeno en rendimiento y calidad postcosecha de tomate en fertirriego. *Terra* 20: 311-320.
- Vuorinen, A. H., E. M. Vapaavuori, and R. O. Lapinjoki. 1992. Metabolism of inorganic carbon taken up by roots in salix plants. *J. Exp. Bot.* 43:789-795.
- Wild, A., y L. H. P. Jones. 1992. Nutrición mineral de las plantas cultivadas. *In*: Wild, A. (ed). *Condiciones del Suelo y Desarrollo de las Plantas Según Russel*. Mundi-Prensa, Madrid, España. pp: 73-119.
- Yang, Y., F. Zhang, and X. Qiao. 2003. Effect of different nitrogen forms on growth, yield and fruit quality of tomato in culture media. *Acta Agric. Bor. Sin.* 18: 86-89.
- Zandstra, J. W., and A. Liptay. 1999. Nutritional effects on transplant root and shoot growth. A review. *Acta Hort.* 504: 23-32.