

# FLORACIÓN Y FRUCTIFICACIÓN DE *Physalis peruviana* L. POR LA APLICACIÓN DE AMONIO Y NITRATO, EDAD Y VIGOR DE LA PLANTA

## FLOWERING AND FRUCTIFICATION OF *Physalis peruviana* L. BY AMMONIUM AND NITRATE APPLICATION, VIGOR AND PLANT AGE

O. Martín Antúnez-Ocampo, Manuel Sandoval-Villa\*, Gabriel Alcántar-González,  
Jorge Alvarado-López, J. Elias Sabino-López

Edafología. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados. 56230. Montecillo, Estado de México. (msandoval@colpos.mx)

### RESUMEN

El consumo y el valor económico del fruto de uchuva (*Physalis peruviana* L.) aumentan debido a su sabor, aroma y características nutricionales y medicinales. El suministro simultáneo de  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$  aumenta los carbohidratos y las proteínas en la planta y favorece el rendimiento, respecto al suministro de solo  $\text{NO}_3^-$ . Sin embargo, las especies responden diferente al  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$  en la solución nutritiva. El objetivo del presente estudio fue evaluar la floración y fructificación de *P. peruviana* L., en respuesta a la aplicación conjunta de  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$  y edad de la planta (brotes con alto, medio y bajo vigor y plantas producidas por semilla). El estudio se realizó en invernadero; los tratamientos del primer experimento resultaron de la combinación de la relación  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  (0:100, 25:75 y 50:50) y el vigor del brote (bajo, medio y alto). En otro experimento se usó un nuevo lote de plantas producidas por semillas, y con las mismas relaciones  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ . Con los resultados se realizó un ANDEVA y las medias de tratamientos se compararon con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ). En plantas de brote, los valores máximos de SPAD, número de botones florales, flores y frutos verdes se presentaron en plantas con vigor alto y medio, y con 25 y 50 % de  $\text{NH}_4^+$  ( $p \leq 0.05$ ). En plantas de semilla, el  $\text{NH}_4^+$  incrementó las lecturas SPAD, número de botones florales, flores y frutos verdes ( $p \leq 0.05$ ). Una aplicación conjunta de  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$  favorece la floración y fructificación, pero disminuye SPAD; en contraste, el vigor de los brotes no es determinante pero sí consistente sobre SPAD.

**Palabras clave:** Uchuva; nitrógeno; relación  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ; vigor del brote.

### ABSTRACT

The consumption and economic value of Cape gooseberry fruit (*Physalis peruviana* L.) increase due to its flavor, aroma and nutritional and medicinal qualities. The simultaneous application of  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{NO}_3^-$  increases carbohydrates and proteins of the plant and favors yield, with respect to the application of only  $\text{NO}_3^-$ . However, the species respond differently to  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{NO}_3^-$  and age of the plant (shoots with high, medium and low vigor against new plants derived from seed). The study was conducted in a greenhouse; the treatments of the first experiment resulted from the combination of the ratio  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  (0:100, 25:75 and 50:50) and shoot vigor (low, medium and high). In another experiment a new lot of plants derived from seed was used, and with the same ratios  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ . An ANOVA was carried out with the results and treatments means were compared with the Tukey test ( $p \leq 0.05$ ). In shoot plants, maximum SPAD readings, number of floral buds, flowers and green fruits were presented in plants with high and medium vigor, and with 25 and 50 % of  $\text{NH}_4^+$  ( $p \leq 0.05$ ). In seed plants, the  $\text{NH}_4^+$  increased SPAD readings, number of floral buds, flowers and green fruits ( $p \leq 0.05$ ). A joint application of  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{NO}_3^-$  favors flowering and fructification, but reduces SPAD; in contrast, shoot vigor is not determinative but is consistent over SPAD.

**Key words:** Cape gooseberry; nitrogen; ratio  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ ; shoot vigor.

### INTRODUCTION

The Cape gooseberry plant (*Physalis peruviana* L.) is wild, its origin and diversification are American, principally in the Andes valleys of Peru, Colombia and Ecuador. It was later introduced in Africa and India, and there are more than 80

\* Autor responsable ♦ Author for correspondence.

Recibido: octubre, 2015. Aprobado: abril, 2016.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 50: 603-615. 2016.

## INTRODUCCIÓN

La planta de uchuva (*Physalis peruviana* L.) es silvestre, su origen y diversificación son americanos, principalmente en los valles andinos de Perú, Colombia y Ecuador; después se introdujo en África e India y hay más de 80 variedades en el mundo (Medina, 1991). Desde la época de los incas se conoce su fruto, quienes lo utilizaban para autoconsumo; la planta se consideraba como maleza, pues se desconocía su valor alimenticio y comercial (Fischer *et al.*, 2014).

El consumo y valor económico del fruto ha aumentado porque es una fruta exótica debido a su aroma, sabor dulce, y bondades nutraceuticas. La principal forma de consumir el fruto es en fresco o procesado, en jugos, mermeladas, conservas en almíbar, vinos y salsas. Entre sus propiedades nutraceuticas contiene vitamina A (3000 UI de caroteno), vitamina C (43 mg), hierro (1.70 mg) y fósforo (38 mg) (Fischer, 2000), se usa como antioxidante y antiinflamatorio (Wu *et al.*, 2006) y tiene actividad hipoglucémica (Mushagalusa-Kasali *et al.*, 2013).

El N es el nutriente que más influye en el crecimiento y la fructificación de la planta de uchuva, al promover el crecimiento de tallos, ramas, hojas y frutos (Samra y Arora, 1997; Navarro y Navarro, 2000), lo que determina el crecimiento reproductivo de la planta; se absorbe durante la etapa vegetativa y se almacena en los tejidos meristemáticos para su traslocación (Navarro y Navarro, 2000). Según Fischer y Angulo (1999), N es el nutriente con mayor influencia sobre el rendimiento de las plantas de uchuva; su deficiencia se manifiesta en una reducción en número y longitud de ramas, provocando la disminución del tamaño y la calidad de los frutos.

Un suministro adecuado de N en la planta acelera las tasas de división y diferenciación celular, así como la actividad fotosintética, lo cual aumenta la biomasa vegetativa o reproductiva por la mayor eficiencia en la intercepción y conversión de la radiación (Uhart y Andrade, 1995). El contenido de N en la biomasa de la planta varía de 1 a 5 % (Hammad *et al.*, 2007; Marschner, 2012). La planta absorbe N en forma de  $\text{NO}_3^-$  y, en menor medida, como  $\text{NH}_4^+$ . El  $\text{NO}_3^-$  en la planta se convierte en  $\text{NH}_4^+$  y se usa para la síntesis de proteínas (Adams *et al.*, 1984). El  $\text{NO}_3^-$  se absorbe más porque el  $\text{NH}_4^+$  se oxida a  $\text{NO}_3^-$ , por acción de las bacterias nitrificantes (Taiz, y Zeiger,

varieties in the world (Medina, 1991). Its fruit are known since the time of the Incas, who used it for self-consumption. The plant was considered a weed, since its nutritional and commercial value were unknown (Fischer *et al.*, 2014).

The consumption and economic value of the fruit has increased, because it is considered an exotic fruit due to its aroma, sweet flavor and nutraceutic qualities. The fruit is mainly consumed fresh or processed, in juices, marmalades, conserved in syrup, wines and sauces. Among its nutraceutic properties, it contains vitamin A (3000 UI of carotene), vitamin C (43 mg), iron (1.70 mg) and phosphorus (38 mg) (Fischer, 2000). It is used as an antioxidant and anti-inflammatory (Wu *et al.*, 2006) and for its hypoglucemic activity (Mushagalusa-Kasali *et al.*, 2013).

Nitrogen is the nutrient with the highest influence on the growth and fructification of the gooseberry plant, promoting growth of stems, branches, leaves and fruits (Samra and Arora, 1997; Navarro and Navarro, 2000), which determines the reproductive growth of the plant. It is absorbed during the vegetative stage and is stored in the meristematic tissues for its translocation (Navarro and Navarro, 2000). According to Fischer and Angulo (1999), nitrogen is the nutrient with the most influence on yield of gooseberry plants; Its deficiency is manifested in a reduction of the number and length of branches, provoking reduction in size and quality of the fruits.

An adequate supply of N in the plant accelerates the rates of division and cellular differentiation, as well as photosynthetic activity, which increases vegetative or reproductive biomass through a greater efficiency in the interception and conversion of radiation (Uhart and Andrade, 1995). Nitrogen content in the biomass of the plant varies from 1 to 5 % (Hammad *et al.*, 2007; Marschner, 2012). The plant absorbs the N in the form of  $\text{NO}_3^-$ , and to a lesser extent, as  $\text{NH}_4^+$ . The  $\text{NO}_3^-$  in the plant converts to  $\text{NH}_4^+$  and is used for the synthesis of proteins (Adams *et al.*, 1984).  $\text{NO}_3^-$  is absorbed more because the  $\text{NH}_4^+$  is oxidized to  $\text{NO}_3^-$  due to the action of the nitrifying bacteria (Taiz and Zeiger, 2010). However,  $\text{NH}_4^+$  would be the preferred source of N due to its low energetic cost for the synthesis of proteins, compared to  $\text{NO}_3^-$ , although in high concentrations it is toxic for the plant. Therefore, the plants that use  $\text{NH}_4^+$  as N source present higher levels of carbohydrates and

2010). Sin embargo, el  $\text{NH}_4^+$  sería la fuente preferida de N dado su bajo costo energético para la síntesis de proteínas, comparado con el  $\text{NO}_3^-$  aunque en altas concentraciones es tóxico para la planta. Entonces, las plantas que usan  $\text{NH}_4^+$  como fuente de nitrógeno presentan mayores niveles de carbohidratos y proteínas, respecto a las plantas que usan  $\text{NO}_3^-$ . Pero no todas las especies se comportan de la misma forma cuando estas dos fuentes de nitrógeno se encuentran en el medio de cultivo (Echeverría y Sainz, 2005).

Un suministro combinado y en proporción adecuadas de  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$  favorece a la mayoría de las especies, al propiciar un balance en el metabolismo y una eficiente absorción de N (Hageman, 1992; Villalobos, 2001). Según Britto y Kronzucker (2002), la absorción de  $\text{NH}_4^+$  está influenciada por la presencia de  $\text{NO}_3^-$  y  $\text{K}^+$  (Szczerba *et al.*, 2006) en la solución, los cuales pueden reducir la toxicidad del  $\text{NH}_4^+$ . La absorción de  $\text{NO}_3^-$  aumenta la concentración de algunas hormonas del crecimiento en el xilema (Rahayu *et al.*, 2005), regulando la división y la expansión celular (Francis y Sorell, 2001), y el  $\text{NH}_4^+$  absorbido por la raíz se incorpora a los aminoácidos u otros compuestos con N reducido (Resh, 2001), por lo que la demanda de energía es menor (5 moles de ATP) comparado con el nitrato (12 moles de ATP). Pero altas proporciones de  $\text{NH}_4^+$  causan desórdenes fisiológicos como una menor concentración de  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{K}^+$  y  $\text{Zn}^{+2}$  en hojas (Fleming *et al.*, 1987).

Con base en lo anterior, esta investigación tuvo como objetivo evaluar la floración y fructificación de *P. peruviana* L., con la aplicación conjunta de  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$  y edad de la planta (brotes con alto, medio y bajo vigor contra plantas nuevas derivadas de semilla). La hipótesis fue que la presencia de  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$  en la solución nutritiva y los brotes vigorosos mejoran la morfología de la planta.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó de agosto a diciembre de 2013, en un invernadero tipo túnel, con cubierta de polietileno UVII-720, y estructura de acero galvanizado, con ventilación lateral. La temperatura máxima fue 38 °C y 9 °C la mínima, con una intensidad luminosa de 653.43  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , en el Campus Montecillo del Colegio de Postgraduados, Estado de México. Las plantas de uchuva tenían dos edades: una fue el brote de plantas establecidas, con dos años de edad; otra fueron plantas nuevas obtenidas de semilla. El material vegetal utilizado fue

proteins with respect to the plants that use  $\text{NO}_3^-$ . However, not all of the species behave the same when these two nitrogen sources are found in the culture medium (Echeverría and Sainz, 2005).

A combined supply in adequate proportions of  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{NO}_3^-$  favors most of the species, by providing a balance in the metabolism and an efficient absorption of N (Hageman, 1992; Villalobos, 2001). According to Britto Kronzucker (2002), the absorption of  $\text{NH}_4^+$  is influenced by the presence of  $\text{NO}_3^-$  and  $\text{K}^+$  (Szczerba *et al.*, 2006) in the solution, which could reduce the toxicity of the  $\text{NH}_4^+$ . The absorption of  $\text{NO}_3^-$  increases the concentration of some of the growth hormones in the xylem (Rahayu *et al.*, 2005), regulating cellular division and expansion (Francis and Sorell, 2001), and the  $\text{NH}_4^+$  absorbed by the root is incorporated to the amino acids or other compounds that contain reduced N (Resh, 2001), thus the energy demand is lower (5 moles of ATP) compared with the nitrate (12 moles of ATP). However, high proportions of  $\text{NH}_4^+$  cause physiological disorders such as a lower concentration of  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{K}^+$  and  $\text{Zn}^{+2}$  in leaves.

Based on the above, the objective of this research was to evaluate the flowering and fructification of *P. peruviana* L., with the joint application of  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{NO}_3^-$  and age of the plant (shoots with high, medium and low vigor against new plants derived from seed). The hypothesis was that the presence of  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{NO}_3^-$  in the nutrient solution and vigorous shoots improve the morphology of the plant.

## MATERIALS AND METHODS

The study was conducted from August to December of 2013, in a tunnel type greenhouse, with polyethylene UVII-720 cover, and galvanized steel structure with lateral ventilation. Maximum temperature was 38 °C and minimum 9 °C, with a light intensity of 653.43  $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , at the Montecillo Campus of the Colegio de Postgraduados, Estado de Mexico. The gooseberry plants were of two ages: one was the established plants of two years of age; the other was new plants obtained from seed. The plant material used was provided by the Plant Nutrition Area. The treatments of the first experiment resulted from the combination of the  $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$  (0:100, 25:75 and 50:50) and shoot vigor (low, medium and high; 10, 15, 20 cm height, respectively). In the second experiment we used new plants derived from seed and with the same ratios of  $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$  as the first experiment. The experimental design in both experiments

proporcionado por el Área de Nutrición Vegetal. Los tratamientos del primer experimento resultaron de la combinación de la relación  $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$  (0:100, 25:75 y 50:50) y el vigor del brote (bajo, medio y alto; 10, 15, 20 cm de altura, respectivamente). En el segundo experimento se usaron plantas nuevas derivadas de semilla y con las mismas relaciones  $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$  del primer experimento. El diseño experimental en ambos experimentos fue completamente al azar, con cinco repeticiones en plantas de brote y cuatro repeticiones en plantas provenientes de semilla. La unidad experimental fue una planta colocada en una bolsa negra de polietileno con capacidad de 19 L, con tezontle como sustrato, con granulometría de 1 a 10 mm, densidad aparente promedio de  $0.82 \text{ g cm}^{-3}$ , 50 % de porosidad total, 45 % de porosidad de aireación, 5.42 % de agua disponible, sin capacidad de intercambio de cationes y conductividad eléctrica cercana a cero (Gutiérrez *et al.*, 2011). Las plantas se mantuvieron en posición vertical mediante tutoro 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 utilizar N en forma de  $\text{NH}_4^+$ , ya que originalmente se utiliza  $\text{NO}_3^-$  y también con base en el mejor tratamiento encontrado por Gastelum *et al.* (2013), que fue la solución Steiner con 50 % de su fuerza iónica original; el pH de las soluciones se ajustó a 6.0.

Las variables evaluadas fueron el número de botones florales, flores y frutos verdes por planta, respectivamente, y lecturas SPAD, para lo cual se hicieron mediciones cada 15 d. En plantas de brote, el número de botones florales, flores y frutos verdes se contó desde los 41 d después de la poda (ddp), mientras que la medición de lecturas SPAD inició 15 ddp. En plantas derivadas de semilla, el conteo del número de botones florales, flores y frutos verdes dio inició 41 d después del trasplante (ddt) y las lecturas SPAD comenzaron 60 ddt. Para las lecturas SPAD se usó el medidor del grado de verdor SPAD 502 (Minolta SPAD, Osaka, Japón) del laboratorio de Nutrición Vegetal del Postgrado de Edafología. Las mediciones se realizaron en cinco hojas recientemente maduras ubicadas en la parte alta en cada planta y se obtuvo un promedio. Para número de botones florales, flores y frutos verdes se contó el número total en la planta, en cada muestreo.

El análisis de varianza se realizó para comprobar el efecto de la relación amonio:nitrato y el vigor del brote; 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 efectuaron con SAS (SAS, 2002) versión 9.1.

was completely randomized, with five replicates in shoot plants and four replicates in seed derived plants. The experimental unit was one plant placed in a black polyethylene bag with 19 L capacity, with tezontle as substrate, with granulometry of 1 to 10 mm, average apparent density of  $0.82 \text{ g cm}^{-3}$ , 50 % total porosity, 45 % aeration porosity, 5.42 % of available water, without cation exchange capacity and electric conductivity close to zero (Gutiérrez *et al.*, 2011). The plants were maintained in vertical position with tutoring using raffia placed along the rows and attached to wooden posts at the ends. The nutrient solutions were made based on universal Steiner solution (1984) which was modified according to the treatments, by using N in the form of  $\text{NH}_4^+$ , given that originally  $\text{NO}_3^-$  is used and also based on the best treatment found by Gastelum *et al.* (2013), which was the Steiner solution with 50 % of its original ionic strength; the pH of the solutions was adjusted to 6.0.

The variables evaluated were the number of floral buds, flower and green fruits per plant, respectively, and SPAD readings, for which measurements were carried out every 15 d. In shoot plants, the quantification of the number of floral buds, flowers and green fruits was made from 41 d after pruning (dap), whereas the measurement of SPAD readings started 15 dap. In seed derived plants, the count of the number of floral buds, flowers and green fruits began 41 d after transplant (dat) and the SPAD readings initiated 60 dat. For the SPAD readings, the chlorophyll detector meter SPAD 502 (Minolta SPAD, Osaka, Japan) was used from the laboratory of Plant Nutrition of the Postgraduate Soil Science department. The measurements were made in five recently matured leaves located in the upper portion of each plant and an average was obtained. For the number of floral buds, flowers and green fruits, their total number in the plant was counted, in each sampling.

The analysis of variance was made to confirm the effect of the ammonium:nitrate ratio and shoot vigor; the mean of the treatments were compared with the Tukey test ( $p \leq 0.05$ ). In the second experiment the effect of the ammonium:nitrate ratio was evaluated. The analyses were made with SAS (SAS, 2002) version 9.1.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Plants from shoot

The number of floral buds per plant changed at 71 dap due the joint application of  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{NO}_3^-$ ; the maximum value was in plants treated with  $\text{NH}_4^+$  in the nutrient solution. Plant vigor only showed positive effect in the last sampling, at 116 dap; the

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Plantas originadas de brote

El número de botones florales por planta cambió a los 71 ddp por el suministro conjunto de  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$ ; el máximo valor fue en plantas tratadas con  $\text{NH}_4^+$  en la solución nutritiva. El vigor de la planta solo presentó efecto positivo en el último muestreo, a los 116 ddp; el mayor número de botones florales se encontró en plantas con vigor alto y medio (Cuadro 1).

Morgan (2001) evaluó el efecto de proporciones de  $\text{NH}_4^+$  (0, 10, 20 y 30 %) en plantas de espinaca (*Spinacia oleracea* L.) cultivadas en sistema NFT y baja luminosidad, y encontró que al aumentar el porcentaje de  $\text{NH}_4^+$  en la solución nutritiva se acelera la floración; los valores más altos se presentaron con 30 %  $\text{NH}_4^+$ , y los más bajos con 0 y 10 %  $\text{NH}_4^+$ .

Un suministro excesivo de  $\text{NH}_4^+$  aumenta la concentración de N reducido en la planta, lo cual causa una mayor producción de poliaminas asociadas con el aumento en la síntesis de giberelina, ADN, ARN y proteínas (Amberger, 1984). Al respecto, Marschner (2012) indica que la aplicación foliar de urea aumenta el vigor de la planta, al ser una fuente de N que participa en la síntesis de aminoácidos, y es el responsable de causar cambios hormonales en la planta, al aumentar la concentración de citocininas.

El vigor de la planta se correlaciona de manera directa con la capacidad de la raíz para almacenar una fuente de reserva de energía, que continúa durante toda su etapa de crecimiento. Después el almacenaje

highest number of floral buds was found in plants with high and medium vigor (Table 1).

Morgan (2001) evaluated the effect of proportions of  $\text{NH}_4^+$  (0, 10, 20 and 30 %) in spinach plants (*Spinacia oleracea* L.) cultivated in NFT system and with low light, and found that by increasing the percentage of  $\text{NH}_4^+$  in the nutritive solution, flowering is accelerated; the highest values were found with 30 % of  $\text{NH}_4^+$ , and the lowest with 0 and 10 % of  $\text{NH}_4^+$ .

An excessive application of  $\text{NH}_4^+$  increases the concentration of reduced N in the plant, which causes a higher production of polyamines that are associated with the increment in the synthesis of gibberellin, DNA, RNA and proteins (Amberger, 1984). To this respect, Marschner (2012) indicates that the foliar application of urea increases plant vigor, as it is a source of N that participates in the synthesis of amino acids, and is responsible for causing hormonal changes in the plant, by increasing the concentration of cytokinins.

Plant vigor is directly correlated with the capacity of the root to store a reserve energy source, which continues throughout its growth period. Afterwards, storage of the reserves (photo-assimilates) declines because it is used by the plant to initiate flowering, due to the fact that most of the N present in the energy reserve is directed to the formation of flowers and fruit ripening, or otherwise, to continue with vegetative growth (Taiz and Zeiger, 2010).

The ammonium-nitrate ratio affected the number of flowers per plant at 116 dap (Table 2); the highest number of flowers appeared in plants treated with

**Cuadro 1. Número de botones flores en plantas de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con origen de brote en respuesta a los efectos de la relación  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  y el vigor de la planta.**

**Table 1. Number of floral buds in gooseberry (*Physalis peruviana* L.) plants derived from shoots in response to the effects of the 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
41	8.76 a	9.00 a	10.43 a	9.58 a	9.08 a	9.64 a
56	13.00 a	13.00 a	14.30 a	12.88 a	14.78 a	12.78 a
71	18.29 b	18.63 b	27.70 a	21.63 a	22.75 a	22.11 a
86	29.89 a	31.56 a	28.00 a	32.11 a	28.10 a	29.22 a
101	31.22 a	28.00 a	32.00 a	35.63 a	27.83 a	28.50 a
116	12.30 a	15.90 a	12.89 a	13.60 ab	16.36 a	10.25 b

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 ( $p \leq 0.05$ ). dap = days after pruning.

de las reservas (fotoasimilados) declina porque se usa por la planta para iniciar a la floración, debido a que la mayor parte del N presente en la reserva de energía se dirige hacia la formación de flores y la maduración de los frutos o, en otro caso, para seguir con el crecimiento vegetativo (Taiz y Zeiger, 2010).

La relación amonio:nitrato afectó el número de flores por planta a los 116 ddp (Cuadro 2); el mayor número de flores se presentó en plantas tratadas con la relación 50:50 (9 flores). El vigor de la planta influyó a los 86 y 116 ddp; las plantas con alto (15 flores) y medio vigor (10 flores) presentaron el mayor número de flores por planta en cada muestreo, respectivamente (Cuadro 2).

Cantidades altas de N inhiben la floración y promueven el crecimiento vegetativo (Lovatt, 1990). Por lo tanto, concentraciones menores de 30 %  $\text{NH}_4^+$  del N total, favorecen de 3 a 7 d la precocidad de la floración, y tienen un efecto positivo sobre el número de inflorescencias/tallo, longitud de tallo y color verde de las hojas (Kasten y Sommer, 1990; Stensvand y Gisrelod, 1992). En cítricos (*Citrus* spp.) existe una relación entre la intensidad de la floración y el contenido de N reducido y poliaminas en la planta que pueden incrementar con aplicaciones foliares de urea (Lovatt, 1990).

El tamaño de la planta sirve como un indicador del rendimiento, por lo cual un crecimiento vigoroso y una adecuada diferenciación del meristemo apical de la planta permitirá una mayor productividad al determinar en gran medida el número de flores formadas,

the 50:50 ratio (9 flowers). Plant vigor had influence at 86 and 116 dap; the plants with high (15 flowers) and medium vigor (10 flowers) presented the highest number of flowers per plant in each sampling, respectively (Table 2).

High levels of N inhibits flowering and promotes vegetative growth (Lovatt, 1990). Therefore, concentrations lower than 30 %  $\text{NH}_4^+$  of the total N favor from 3 to 7 d the precocity of flowering, and have a positive effect on the number of inflorescences/stem, stem length and green color of the leaves (Kasten and Sommer, 1990; Stensvand and Gisrelod, 1992). In citrus (*Citrus* spp.) there is a relationship between the intensity of flowering and the content of reduced N and polyamines in the plant can increase with foliar applications of urea (Lovatt, 1990).

Plant size serves as an indicator of yield, thus vigorous growth and an adequate differentiation of the apical meristem of the plant will allow higher productivity by determining to a great extent the number of flowers formed, as a result of the dynamic of the process and cellular expansion that occurs in the interface, which depends on the rate of photosynthesis and the distribution of assimilates. Furthermore, the number of flowers will vary according to the genotype, environmental condition, plant health and management (Taiz and Zeiger, 2010; Jemmali and Boxus, 1993; Stapleton *et al.*, 2001).

The application of  $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$  at 41 dap affected the number of green fruits per plant (Table 3);

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

**Table 2. Number of flowers in gooseberry (*Physalis peruviana* L.) plants derived from shoots in response to the effects of the 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
41	3.82 a	4.38 a	4.45 a	3.82 a	4.88 a	4.11 a
56	4.36 a	4.71 a	5.10 a	5.09 a	4.27 a	4.77 a
71	12.86 a	14.60 a	12.50 a	13.88 a	12.67 a	12.63 a
86	13.00 a	11.88 a	12.50 a	15.38 a	11.71 ab	10.33 b
101	10.67 a	10.25 a	11.50 a	11.60 a	9.86 a	11.60 a
116	7.77 ab	6.40 b	9.21 a	7.60 b	10.07 a	5.08 c

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 ( $p \leq 0.05$ ). dap = days after pruning.

resultado de la dinámica del proceso y expansión celular que ocurre en la interfase, la cual depende de la tasa de fotosíntesis y de la distribución de asimilados. Además, el número de flores variará según el genotipo, condición ambiental, fitosanidad y manejo (Taiz y Zeiger, 2010; Jemmali y Boxus, 1993; Stapleton *et al.*, 2001).

La aplicación de  $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$  a los 41 ddp afectó el número de frutos verdes por planta (Cuadro 3); plantas tratadas con mayor proporción de  $\text{NH}_4^+$  en la solución nutritiva tuvieron un mayor número, pero desde los 56 hasta los 116 ddp no se encontró efecto de la relación  $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ . El vigor de la planta influyó a los 41, 101 y 116 ddp a el valor máximo se tuvo en plantas con alto vigor (Cuadro 3).

La combinación de  $\text{NO}_3^-$  con cantidades bajas de  $\text{NH}_4^+$  produce un mayor crecimiento; sin embargo, la proporción óptima difiere entre las especies y podría cambiar con la edad de la planta (Haynes, 1986). Concentraciones altas de  $\text{NH}_4^+$  se acumulan en los tejidos jóvenes, en este caso los brotes, y causan una disminución en la fotosíntesis, crecimiento y producción del cultivo (Marques *et al.*, 1983).

El crecimiento y la productividad de cada planta están determinados por su genética, condición ambiental, disponibilidad de agua y nutrición, pero, variaciones en estos aspectos se relacionan con el vigor y la cantidad de asimilados en la planta, como fuente de reserva para zonas de alta demanda. En plantas como el tomate (*Solanum lycopersicum* L.), el vigor influye muy fuerte sobre la distribución de los asimilados a largo plazo y afecta el número de frutos en la

plants treated with a higher proportion of  $\text{NH}_4^+$  in the nutrient solution had a higher number, but from 56 to 116 dap no effect was found of the ratio  $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ . Plant vigor influenced at 41, 101 and 116 dap; the maximum value was for plants with high vigor (Table 3).

The combination of  $\text{NO}_3^-$  with low amounts of  $\text{NH}_4^+$  produces higher growth; however, the optimum proportion differs among the species and could change with the age of the plant (Haynes, 1986). High concentrations of  $\text{NH}_4^+$  accumulate in the young tissues, in this case, in shoots, and cause a reduction in photosynthesis, growth and crop production (Marques *et al.*, 1983).

The growth and productivity of each plant are determined by its genetics, environmental conditions, availability of water and nutrition. However, variations in these aspects are related to vigor and the amount of assimilates in the plant, as energy reserve for zones of high demand. In plants such as tomato (*Solanum lycopersicum* L.), vigor has a very strong influence over the distribution of the assimilates over the long term and affects the number of fruits on the plant (Papadopoulos and Ormrod, 1990). Therefore, an increment in vigor results in an increase in the number of fruits, in simultaneous growth, and indirectly participates in the generation of biomass (Heuvelink, 1995).

The ratio  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  and plant vigor affected the SPAD readings (Table 4) at the start of the cycle. The ratio  $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$  only affected the SPAD readings at 30 dap, and the maximum value was in plants treated

**Cuadro 3. Número de frutos verdes en plantas de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con origen de brote en respuesta a los efectos de la relación  $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$  y el vigor de la planta.**

**Table 3. Number of green fruits in gooseberry (*Physalis peruviana* L.) plants derived from shoots in response to the effects of the 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
41	1.44 b	1.89 b	2.67 a	2.56 a	1.78 b	1.67 b
56	11.18 a	10.08 a	12.30 a	10.46 a	11.20 a	11.90 a
71	30.67 a	28.50 a	31.09 a	30.00 a	28.60 a	31.88 a
86	44.22 a	47.20 a	42.89 a	54.14 a	45.10 a	38.73 a
101	45.67 a	51.17 a	51.18 a	69.11 a	43.75 b	41.29 b
116	60.33 a	61.30 a	61.13 a	82.75 a	64.57 ab	44.25 b

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 ( $p \leq 0.05$ ). dap = days after pruning.

planta (Papadopoulos y Ormrod, 1990). Por lo tanto, un incremento en el vigor aumenta el número de frutos, en simultáneo crecimiento, e indirectamente participa en la generación de biomasa (Heuvelink, 1995).

La relación  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  y el vigor de la planta afectaron las lecturas SPAD (Cuadro 4) al inicio del ciclo. La relación  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  solo afectó las lecturas SPAD a los 30 ddp, y el valor máximo fue en plantas tratadas con la relación 50/50 (47.50). El vigor de la planta influyó en las lecturas SPAD a los 15 ddp, y la mayor lectura fue en plantas con vigor alto (39.30), mientras que de 45 hasta 105 ddp no hubo efecto de la relación  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  ni del vigor de la planta.

El contenido de clorofila y la absorción de N se correlacionaron con las lecturas SPAD en diversas condiciones ambientales, como intensidad luminosa, temperatura, humedad relativa, plagas, densidad de población, fuente de nitrógeno (Sandoval-Villa *et al.*, 1999; Dong *et al.*, 2004). Al respecto, Sandoval-Villa *et al.* (1999) encontraron que las lecturas SPAD en plantas de tomate aumentan al elevar en 25 % la concentración de  $\text{NH}_4^+$  en la solución nutritiva; en contraste, concentraciones altas de  $\text{NH}_4^+$  reducen el valor de las lecturas SPAD.

Para un crecimiento vigoroso, la planta debe tener una reserva de energía. Los carbohidratos que conforman esta reserva se utilizan para iniciar el nuevo crecimiento después de cada poda, y sobrevivir a condiciones de estrés (Ho *et al.*, 1983; Hellman *et*

with the ratio 50/50 (47.50). Plant vigor influenced the SPAD reading at 15 dap, and the highest reading was in plants with high vigor (39.30), whereas from 45 to 105 dap there was no effect of the ratio  $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$  nor of plant vigor.

Chlorophyll content and N absorption correlated with the SPAD readings under diverse environmental conditions, such as light intensity, temperature, relative humidity, pests, population density, nitrogen source (Sandoval-Villa *et al.*, 1999; Dong *et al.*, 2004). To this respect, Sandoval-Villa *et al.* (1999) found that the SPAD readings in tomato plants increase when the concentration of  $\text{NH}_4^+$  is increased by 25 % in the nutritive solution; in contrast, high concentrations of  $\text{NH}_4^+$  reduce the value of the SPAD readings.

For a vigorous growth, the plant must have an energy reserve. The carbohydrates that comprise this reserve are used to initiate new growth after each pruning, and to survive under stress conditions (Ho *et al.*, 1983; Hellman *et al.*, 2000; Stapleton *et al.*, 2001). The plant does not use energy to synthesize its amino acids because it absorbs them directly from the soil solution. Its means of action are: 1) as supplement of high consumption amino acids, which include glycine, necessary for the synthesis of porphyrins that are structural components of chlorophyll and the cytochromes and; 2) the formation of biologically active substances that provide vigor and stimulate the plant in critical periods, and in highly intensive

**Cuadro 4. Lecturas SPAD en plantas de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con origen de brote en respuesta a la relación  $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$  y el vigor de la planta.**

**Table 4. SPAD readings in gooseberry (*Physalis peruviana* L.) plants derived from shoot in response to the 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
15	36.69 a	37.75 a	37.89 a	39.30 a	37.27 ab	35.73 b
30	43.77 ab	43.41 b	47.50 a	45.25 a	44.76 a	43.97 a
45	46.31 a	46.04 a	46.02 a	46.54 a	45.37 a	46.49 a
60	50.88 a	49.74 a	50.98 a	51.48 a	51.11 a	49.36 a
75	46.69 a	47.23 a	47.97 a	47.56 a	47.30 a	47.14 a
90	47.14 a	46.08 a	47.46 a	47.18 a	47.42 a	46.32 a
105	47.21 a	47.23 a	47.95 a	48.62 a	46.83 a	46.97 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 ( $p \leq 0.05$ ). dap = days after pruning.



al., 2000; Stapleton *et al.*, 2001). La planta no usa energía para sintetizar sus aminoácidos porque los absorbe directamente de la solución del suelo. Sus modos de acción son: 1) como suplemento de aminoácidos de alto consumo, que incluye a la glicina, necesaria para la síntesis de porfirinas constituyentes estructurales de la clorofila y los citocromos; y 2) la formación de sustancias biológicamente activas, que proporcionan vigor y estimulan a la planta en periodos críticos, y en producciones altamente intensivas (Fischer *et al.*, 1998; Lalonde *et al.*, 2004).

### Plantas con origen de semilla

El suministro de  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$  influyó de manera positiva sobre el número botones florales, flores y frutos verdes por planta; la mayor cantidad ocurrió en plantas tratadas con  $\text{NH}_4^+$  en la solución nutritiva (Cuadro 5). El número de botones florales y flores por planta varió constantemente y disminuyó con el tiempo. En el número de frutos verdes por planta, la relación  $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$  afectó de manera constante en todo el ciclo, y el mayor número de frutos fue en plantas tratadas con la relación 25:75, excepto al final del ciclo, a los 116 ddt, cuando no hubo efecto de la relación  $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$  (Cuadro 5). Esta respuesta se atribuye al envejecimiento de la planta o al efecto de la forma del N en el medio, debido a que participa de manera importante en la síntesis de proteínas y formación de la clorofila, el crecimiento vegetativo y la determinación del número de flores y frutos. No

productions (Fischer *et al.*, 1998; Lalonde *et al.*, 2004).

### Seed derived plants

The application of  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{NO}_3^-$  had positive influence on the number of floral buds, flowers and green fruits per plant; the highest quantity appeared in plants treated with  $\text{NH}_4^+$  in the nutrient solution (Table 5). In the number of floral buds and flowers per plant varied constantly and decreased with time. The number of green fruits per plant, the ratio  $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$  had a constant effect throughout the cycle, and the highest number of fruits was found in plants treated with the ratio 25:75, except at the end of the cycle, at 116 dat, when there was no effect from the ratio  $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$  (Table 5). This response is attributed to the aging of the plant or to the effect of the form of N present in the medium, due to the fact that it participates importantly in the synthesis of proteins and formation of chlorophyll, vegetative growth and the determination of the number of flowers and fruits. However, this reduction could be attributed to a deficiency in phosphorus, which retards the development of the plant and delays the differentiation of the floral buds, causing a reduction in the number of fruits per plant (Rodríguez *et al.*, 1989; Menezes dos Santos, 1992).

Similar results were obtained by Bugarín *et al.* (1988), who evaluated the response to different concentrations of  $\text{NH}_4^+$  cations in the nutrient

**Cuadro 5. Número de botones florales, flores y frutos verdes en plantas de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con origen de semilla en respuesta a la relación  $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ .**

**Table 5. Table 5. Number of floral buds, flowers and green fruits in gooseberry plants (*Physalis peruviana* L.) derived from seed 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 botones florales por planta			Número de flores por planta			Número de frutos verdes por planta		
41	9.50 b	16.00 ab	20.50 a	6.50 a	8.25 a	8.33 a	6.00 b	9.75 a	7.25 ab
56	19.50 a	22.50 a	20.00 a	8.50 a	12.67 a	14.50 a	24.75 b	45.75 a	32.50 ab
71	19.50 a	24.50 a	21.50 a	6.67 b	15.33 a	14.67 ab	45.00 b	82.75 a	64.75 ab
86	22.00 ab	15.25 b	36.25 a	10.33 ab	8.50 b	16.33 a	77.50 b	137.75 a	115.00 ab
101	22.50 a	24.33 a	27.33 a	9.50 a	9.50 a	10.00 a	73.00 b	130.00 a	112.00 ab
116	7.33 b	17.00 a	10.67 ab	3.00 a	4.50 a	4.00 a	80.50 a	89.00 a	94.00 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 ( $p \leq 0.05$ ). dat = days after transplant.

obstante, esta disminución se puede atribuir a una deficiencia en fósforo, lo que atrasa el desarrollo de la planta, retarda la diferenciación de las yemas florales, y reduce el número de frutos por planta (Rodríguez *et al.*, 1989; Menezes dos Santos, 1992).

Resultados similares obtuvieron Bugarín *et al.* (1988), quienes evaluaron la respuesta a diferentes concentraciones de  $\text{NH}_4^+$ : cationes en la solución nutritiva en el crecimiento y la floración de tres variedades de crisantemo [*Dendranthema x glandiflorum* (Ramat) Kitam.]: Puma, Funflower e Improved Funshine, y encontraron un efecto positivo del  $\text{NH}_4^+$  sobre el número de inflorescencias en la cosecha. Los valores máximos se obtuvieron con las concentraciones de 4.5 y 3.0 meq  $\text{L}^{-1}$  de  $\text{NH}_4^+$ . Sandoval *et al.* (1992) indican que en trigo (*Triticum aestivum* L.) se puede obtener una mayor producción de grano y materia seca al usar  $\text{NH}_4^+$  en porcentajes menores o iguales a 50 % de la cantidad de N aplicado, respecto a la aplicación exclusiva de  $\text{NO}_3^-$  a la planta. Además, Osorio *et al.* (2003) y Chen *et al.* (1998) observaron una producción de biomasa mayor en plantas tratadas con mezclas de  $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ , respecto al uso independiente de  $\text{NH}_4^+$  o  $\text{NO}_3^-$ .

La relación  $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$  no causó diferencias significativas en las lecturas SPAD en todo el ciclo del cultivo (Cuadro 6). Los valores máximos de lecturas SPAD se alcanzaron en plantas tratadas exclusivamente con nitrato (0/100), en comparación con aquellas tratadas con  $\text{NH}_4^+$  en la solución nutritiva.

Después de 90 ddt hubo lecturas SPAD inferiores a los registrados en los otros muestreos, lo cual se relaciona con la etapa de floración-fructificación de la planta, por lo cual la demanda de N es mayor hacia el desarrollo de frutos (Sandoval-Villa *et al.*, 2001). Al respecto, Rodríguez *et al.* (1998) encontraron una correlación alta entre las lecturas SPAD, la concentración de clorofila extractable en la quinta hoja y el porcentaje de N en plantas de tomate cultivar Rio Grande. Asimismo, existe una relación directa entre las lecturas SPAD y la concentración de N en la planta, donde las plantas fertilizadas adecuadamente con  $\text{NO}_3^-$ , como fuente principal de N, presentan un color verde en sus hojas (Villar y Ortega, 2003). Lo contrario reportan González *et al.* (2009), quienes evaluaron diferentes relaciones  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  en la producción de hierbas aromáticas en hidroponía y no encontraron diferencias estadísticas entre las lecturas SPAD en cebollín (*Allium schoenoprasum* Regel

solution in the growth and flowering of three varieties of chrysanthemum [*Dendranthema x glandiflorum* (Ramat) Kitam.]: Puma, Funflower and Improved Funshine, and found a positive effect of the  $\text{NH}_4^+$  on the number of inflorescences at the harvest. The maximum values were obtained with the concentrations 4.5 and 3.0 meq  $\text{L}^{-1}$  of  $\text{NH}_4^+$ . Sandoval *et al.* (1992) indicate that in wheat (*Triticum aestivum* L.), a higher production of grain and dry matter can be obtained by using  $\text{NH}_4^+$  in percentages lower or equal to 50 % of the amount of N applied, with respect to the exclusive application of  $\text{NO}_3^-$  to the plant. Furthermore, Osorio *et al.* (2003) and Chen *et al.* (1998) observed a higher production of biomass in plants treated, as compared to an independent utilization of respect to plants treated independently with  $\text{NH}_4^+$  or  $\text{NO}_3^-$ .

The ratio  $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$  did not cause significant differences over the SPAD readings throughout the crop cycle (Table 6). The maximum values of SPAD readings were reached in plants treated exclusively with nitrate (0/100), with respect to those treated with  $\text{NH}_4^+$  in the nutrient solution.

After 90 dat, there were SPAD readings lower than those registered in the other samplings, which is related to the stage of flowering-fructification of the plant, thus the demand of N is higher toward fruit development (Sandoval-Villa *et al.*, 2001). To this respect, Rodríguez *et al.* (1998) found a high correlation among the SPAD readings, the

**Cuadro 6. Lecturas SPAD en plantas de uchuva (*Physalis peruviana* L.) con origen de semilla en respuesta a la relación  $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ .**

**Table 6. SPAD readings in gooseberry plants (*Physalis peruviana* L.) derived from seed in response to the ratio  $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ .**

ddt	Relación $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ (%)		
	100:0	75:25	50:50
60	50.73 a	52.08 a	52.00 a
75	52.93 a	51.03 a	51.70 a
90	50.40 a	49.40 a	48.43 a
105	52.28 a	51.18 a	52.00 a
120	52.30 a	50.95 a	50.73 a

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

& Tiling), albahaca (*Ocimum basilicum* L.) y eneldo (*Anethum graveolens* L.). Los máximos valores se presentaron en plantas tratadas con  $\text{NH}_4^+$  en la solución nutritiva, y la mejor relación fue la 20:80. Además, Kond y Higuchi (2012) indican que la aplicación de N en forma de amonio provoca bajos valores SPAD en *Passiflora edulis*.

La prueba de contrastes ortogonales, para comparar el efecto del origen de la planta (semilla y brote), mostró diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) en las lecturas SPAD y el número de frutos verdes totales por planta. Las mayores lecturas SPAD y el mayor rendimiento de frutos verdes por planta se encontraron en plantas nuevas obtenidas por semilla (Cuadro 7). Estas diferencias se deben a que la uchuva se propaga, principalmente y sin problemas, mediante semilla; lo cual puede originar variabilidad genética. Sandhu *et al.* (1989) mencionan que la uchuva propagada por semilla varía en crecimiento, vigor, rendimiento y calidad del fruto. Al respecto, Angarita y Santana (1997) señalan que la uchuva presenta gran variabilidad fenotípica, al ser una planta alógama y de propagación sexual; por lo cual, en las plantas obtenidas de semilla, el crecimiento, el rendimiento y la calidad de frutos son variables.

### CONCLUSIONES

En plantas de brote, la aplicación conjunta de amonio y nitrato, y el vigor de la planta no afectaron el número de botones florales, flores y frutos verdes por planta, ni el valor de lecturas SPAD, y solo se observó efecto del vigor del brote sobre el número de frutos verdes por planta.

concentration of extractible chlorophyll in the fifth leaf and the percentage of N in tomato plants cultivar Rio Grande. Similarly, there is a direct relationship between the SPAD readings and the concentration of N in the plant, where the plants fertilized adequately with  $\text{NO}_3^-$  as principal source of N present a green color in their leaves (Villar and Ortega, 2003). The contrary was reported by González *et al.* (2009), who evaluated different ratios  $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$  in the production of aromatic herbs in hydroponics and did not find statistical differences among the SPAD readings in chives (*Allium schoenoprasum* Regel & Tiling), basil (*Ocimum basilicum* L.) and dill (*Anethum graveolens* L.). Maximum values were found in plants treated with  $\text{NH}_4^+$  in the nutrient solution, and the best ratio was 20:80. Besides, Kond and Higuchi (2012) indicate that the application of N in the form of ammonium provokes low SPAD values in *Passiflora edulis*.

The orthogonal contrast test, to compare the effect of the origin of the plant (seed and shoot), significant differences ( $p \leq 0.05$ ), for the showed SPAD readings and the total number of green fruits per plant. The highest SPAD readings and the highest yield of green fruits per plant were found in new plants obtained from seed (Table 7). These differences are due to the fact that gooseberry propagates mainly and without problems, from seed; which could originate genetic variability. Sandhu *et al.* (1989) point out that the gooseberry propagated by seed varies in growth, vigor, yield and fruit quality. To this respect, Angarita and Santana (1997) indicate that gooseberry presents great phenotypic variability, being a pollinated plant of sexual propagation; therefore, in the plants

**Cuadro 7. Efecto de origen de la planta (semilla contra brote) sobre el número de frutos verdes, botones florales y flores totales por planta, y lecturas SPAD.**

**Table 7. Effect of origin of the plant (seed against shoot) over the number of green fruits, floral buds and total flowers per plant, and SPAD readings.**

Factor	Botones florales	Flores	Frutos verdes	Lecturas SPAD
Origen de planta	0.9994 ns	0.5189 ns	0.0006*	0.0122*
Media de plantas de semilla	71.23 a	34.22 a	321.69 a	51.23 a
Media de plantas de brote	71.17 a	31.93 a	151.09 b	45.82 b
Media general	71.19	33.07	236.39	48.07
C.V.	21.92	16.19	15.72	6.74

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

En plantas de semilla, la presencia de amonio en la solución nutritiva incrementó el número de botones florales, flores y frutos verdes por planta; en contraste, el valor de lecturas SPAD no fue afectado.

### LITERATURA CITADA

- Adams, C. R., K. Bamford M., y P. Early M. 1984. Principios de la Hortofruticultura. Acribia. España. 316 p.
- Amberger, A. 1984. Uptake and metabolism of hydrogen cyanamide in plants. Proceeding of bud dormancy in grapevines: Potential and practical uses of hydrogen cyanamide. UCD. pp: 5-10.
- Angarita, A., y G. Santana. 1997. Regeneración adventicia de somaclonales en uchuva (*Physalis peruviana*). Agron. Colomb. 14: 59-65.
- Britto, D. T., and H. J. Kronzucker. 2002.  $\text{NH}_4^+$  toxicity in higher plants. J. Plant Physiol. 159: 567-584.
- Bugarín M., R., G. A. Baca C., J. Martínez H., J. L. Tirado T., y G. Martínez A. 1998. Amonio/nitrato y concentración iónica total de la solución nutritiva en crisantemo. I. Crecimiento y floración. Terra 16: 113-124.
- Chen, J. G., S. H. Cheng, W. Cao, and X. Zhou. 1998. Involvement of endogenous plant hormones. In: the effect of mixed nitrogen source on growth and tillering of wheat. J. Plant Nutr. 21: 87-97.
- Dong, C., Q. Shen, and G. Wang. 2004. Tomato growth and organic acid changes in response to partial replacement of  $\text{NO}_3^-$ -N by  $\text{NH}_4^+$ -N. Pedosphere 14: 159-164.
- Echeverría, H., E., y H. R. Sainz. 2005. Nitrógeno en el suelo. In: Echeverría, H. E., y F. García (eds). Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos. Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina. pp: 69-97.
- Fischer, W. N., B. André, D. Rentsch, S. Krolkiewicz, M. Tegeeder, K. Breitzkreuz, and W.B. Frommer. 1998. Amino acid transport in plants. Trends Plant Sci. 3: 188-195.
- Fischer, G., y R. Angulo. 1999. Los frutales de clima frío en Colombia. La uchuva. Ventana al Campo Andino 2: 3-6.
- Fischer, G. 2000. Crecimiento y desarrollo. In: Flórez, V. J., G. Fischer, y A. D. Sora (eds). 2000. Producción, Poscosecha y Exportación de la Uchuva (*Physalis peruviana* L.). Unibiblos, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. pp: 9-26.
- Fischer, G., P. J. Almanza-Merchán, y D. Diego Miranda. 2014. Importancia y cultivo de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). Rev. Bras. Frutic. 36: 1-15.
- 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.
- Francis, D., and D. A. Sorell. 2001. The interface between the cell cycle and plant growth regulators: a mini review. Plant Growth Regul. 33: 1-12.
- 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.
- obtained from seed, growth, yield and fruit quality are variable.

### CONCLUSIONS

In plants derived from shoot, the joint application of ammonium and nitrate, and plant vigor did not affect the number of floral buds, flowers and green fruits per plant, nor the value of SPAD readings; only the effect of shoot vigor was observed over the number of green fruits per plant.

In seed derived plants, the presence of ammonium in the nutritive solution incremented the number of floral buds, flowers and green fruits per plant, in contrast, the SPAD readings were not affected.

—End of the English version—



- Gutiérrez C., M. C., Hernández Escobar, J., C. A., Ortiz Sorlorio, R., Anicua Sánchez, y M. E. Hernández Lara, 2011. Relación porosidad-retención de humedad en mezclas de sustratos y su efecto sobre variables respuesta en plántulas de lechuga (*Lactuca sativa* L.). Rev. Chapingo Ser. Hortic. 17: 183-196.
- Hageman, R. H. 1992. Ammonium versus nitrate nutrition of higher plants. In: Nitrogen in Crop Production. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America and Soil Science Society of America. Madison, WI, USA. pp: 67-68.
- Hammad, S. A., M. A. Abou-Seeda, A. M. El-Ghamry, and E. M. Selim. 2007. Nitrate accumulation in spinach plants by using N-fertilizer types in alluvial soil. J. Appl. Sci. Res. 3: 511-518.
- Haynes, R. J. 1986. Uptake and assimilation of mineral nitrogen by plants. In: Haynes, R. J., K. C. Cameron, K. M. Goh, and R. R. Sherlock (eds). Mineral Nitrogen in the Soil Plant System. Academic Press. Orlando, Florida, USA. pp: 303-358.
- Hellman, H., L. Barker, and W. Frommer. 2000. The regulation of assimilate allocation and transport. Austr. J. Plant Physiol. 27: 583-594.
- Heuvelink, E. 1995. Effect of plant density on biomass allocation to the fruits in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). Scientia Hort. 64: 193-201.
- Ho, L., V. Sjut, and V. Hoad. 1983. The effect of assimilate supply on fruit growth and hormone levels in tomato plants. Plant Growth Reg. 1: 155-171.
- Jemmali, A., and P. Boxus. 1993. Early estimation of strawberry floral intensity and its improvement under cold greenhouse. Acta Hort. 348: 357-359.
- Kasten, P., and K. Sommer. 1990. Cultivation of cut flowers with ammonium as nitrogen source. In: Van Beusichem, M. L. (ed). Plant Nutrition, Physiology and Application. Kluwer Academic. Publisher. pp: 533-537.

- Kond, T. and Higuchi, H. 2012. Effects of nitrogen form and concentration in fertilizer on vegetative growth, flowering, and leaf mineral contents of Passion fruit (*Passiflora edulis*). *Trop. Agr. Develop.* 56:123-128.
- Lalonde, S., D. Wipf, and W. B. Frommer. 2004. Transport mechanisms for organic forms of carbon and nitrogen between source and sink. *An. Rev. Plant Biol.* 55: 341-372.
- Lovatt, C. J. 1990. The role of nitrogen in citrus flowering and fruit set. Low-input citrus management. University of California. Riverside, USA. 10 p.
- Marschner, P. 2012. Mineral Nutrition of Higher Plants. 3a ed. Academic Press. London, U.K. 651 p.
- Marques, Y. A., M. J. Oberholzer, and K. H. Erismann. 1983. Effects of different nitrogen sources on photosynthetic carbon metabolism in primary leaves of non modulated *Phaseolus vulgaris* L. *Plant Physiol.* 71:555-561.
- Medina, M. 1991. El cultivo de la uchuva tipo exportación. *Rev. Agric. Trop.* Palmira 2: 55-58.
- Menezes dos Santos, J. R. 1992. Producción de tomate en América Latina y el Caribe. *In: Izquierdo J., G. Paltrinieri, y C. Arias (eds). Producción, Postcosecha, Procesamiento y Comercialización de Ajo, Cebolla y Tomate.* FAO. Santiago, Chile. pp: 173-215.
- Morgan, L., 2001. El gran debate: amonio vs nitrato ¿Cómo quieren las plantas el nitrógeno? *Practical Hydroponics & Greenhouse* No. 50. *In: Rodríguez D., A. (ed). RED Hidroponía, 2001. Boletín Informativo No. 10.* Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición Mineral. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú.
- Mushagalusa-Kasali, F., J. Ntokamunda-Kadima, P. Tshimankinda-Mpiiana, Koto-te-Nyiwa Ngbolua, and D. Sha-Tshibey-Tshibangu. 2013. Assessment of antidiabetic activity and acute toxicity of leaf extracts from *Physalis peruviana* L. in guinea-pig. *Asian Pac. J. Trop. Biomed.* 3: 841-846.
- Navarro, S., y G. Navarro. 2000. Química Agrícola. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. España. 487 p.
- Osorio, N. W., X. Shuai, S. Miyasaka, B. Wang, R. L. Shirley, and W. J. Wigmore. 2003. Nitrogen level and form affect taro growth and nutrition. *Hort. Sci.* 38: 36-40.
- Papadopoulos, A., and D. Ormron. 1990. Plant spacing effects on yield of the greenhouse tomato. *Canadian J. Plant Sci.* 70: 565-573.
- Rahayu, Y. S., P. Walch-Liu, G. Neumann, V. Romheld, N. Von Wiren, and F. Ban Gerth. 2005. Root-derived cytokinins as long-distance signals for NO<sub>3</sub><sup>-</sup> induced stimulation of leaf growth. *J. Exp. Bot.* 56:1143-1152.
- Resh, H. M. 2001. Cultivos Hidropónicos. Mundi-Prensa. Madrid, España. 558 p.
- Rodríguez, J. A., J. M Tabares, y J. A. Medina. 1989. Técnicas de cultivo. *In: Cultivo Moderno del Tomate.* Editorial Mundi-Prensa. Madrid. España. 189 p.
- Rodríguez, M., G. González, A. Aguilar, J. Etchevers, y J. Santizo R. 1998. Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate mediante un medidor portátil de clorofila. *Terra* 16: 135-141.
- Samra, J. S., and Y. K. Arora. 1997. Mineral nutrition. *In: Litz, R. E. (ed). The Mango: Botany, Production and Uses.* CAB International. pp: 175-201.
- Sandhu, A. S., S. N. Singh, P. P. S. Minhas, and G. P. Grewal. 1989. Rhizogenesis of shoot cuttings of raspberry (*Physalis peruviana* L.). *Indian J. Hort.* 46: 376-378.
- Sandoval V. M., G. Alcántar G., J. L. Tirado T., and A. Aguilar S. 1992. Effect of the NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ratio on GS and PEP Case activities and on dry matter production in wheat. *J. Plant Nutr.* 15:2545-2557.
- Sandoval-Villa, M., C. W. Wood, and E. A. Guertal. 1999. Ammonium concentration in solution effects chlorophyll meter readings in tomato leaves. *J. Plant Nutr.* 22: 1717-1729.
- 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.
- SAS Institute. (2002). SAS/STAT User's Guide. Version 9.1. Volumes 1-7. SAS Institute, Cary, NC, USA.
- Stapleton, S. C., C. K. Chandler, D. E. Legard, J. E. Price, and J. C. Sumler. 2001. Transplant source affects fruiting performance and pests of 'Sweet Charlie' strawberry in Florida. *Hor. Technol.* 11: 61-65.
- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. *In: Proceedings of the 6th International Congress on Soilless Culture.* ISOSC. Wageningen, The Netherlands. pp: 633-649.
- Stensvand, A., and H. R. Gislerod. 1992. The effect of the NO<sub>3</sub><sup>-</sup>/NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ratio of nutrient solution on growth and mineral uptake in *Chrysanthemum morifolium*, *Passiflora coerulea* and *Cordylin fruticulata*. *Gartenbau-wissenschaft* 57: 193-198.
- Szczerba, M. W., D. T. Britto, and H. J. Kronzucker. 2006. Rapid, futile K<sup>+</sup> cycling and pool-size dynamics define low-affinity potassium transport in barley. *J. Plant Physiol.* 141:1494-1507.
- Taiz, L., and E. Zeiger. 2010. *Plant Physiology.* 5a ed. Sinauer Associates. Sunderland, MA. USA. 782 p.
- Uhart, S. A., and F. H. Andrade. 1995. Nitrogen deficiency in maize: I. Effects on crop growth, development, dry matter partitioning, and kernel set. *Crop Sci.* 35:1376-1383.
- Villalobos, R. E. 2001. Fisiología de la Producción de los Cultivos Tropicales. Universidad de Costa Rica (ed). San José, Costa Rica. 227 p.
- Villar, D., y R. Ortega. 2003. Medidor de clorofila. Bases teóricas y su aplicación para la fertilización nitrogenada en cultivos. *Agron. For. UC.* 18:4-8.
- Wu, S. J., J.Y. Tsai, S. P. Chang, D. L. Lin, S. S. Wang, S. N. Huang, and L. T. Ng. 2006. Supercritical carbon dioxide extract exhibits enhanced antioxidant and anti-inflammatory activities of *Physalis peruviana* L. *J. Ethnopharmacol.* 108: 407-413.