

## Relaciones amonio/nitrato en soluciones nutritivas ácidas y alcalinas para arándano\*

### Ammonium/nitrate ratios in acid and alkaline solutions nutritious blueberry

María Natividad Crisóstomo Crisóstomo<sup>1</sup>, Ofelia Adriana Hernández Rodríguez<sup>1§</sup>, José López Medina<sup>2</sup>, Carlos Manjarrez-Domínguez<sup>1</sup> y Alfredo Pinedo-Alvárez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Agrotecnológicas Universidad Autónoma de Chihuahua. Escorza Núm. 900, Col. Centro. C. P. 31000. Chihuahua, Chihuahua, México. A. P. 24. Tel. 614 439 18 44. (aernande@uach.mx; carlosmd23@hotmail.com; aapinedo@gmail.com). <sup>2</sup>Facultad de Agrobiología Presidente Juárez. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Avenida Francisco J. Mujica S/N Ciudad Universitaria. C. P. 58030. Morelia, Michoacán. Tel. (+52) (443) 32 23 500. <sup>§</sup>Autor de correspondencia: aernande@uach.mx.

#### Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar el crecimiento del arándano (*Vaccinium* sp.) cv. Biloxi, durante la fase vegetativa, con la aplicación de relaciones de  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  en soluciones nutritivas de Steiner ácidas y alcalinas a través de las variables: altura de la planta, longitud de brotes y la concentración nutrimental en tejido foliar. El experimento se condujo bajo un diseño en bloques completamente al azar con diez tratamientos y doce repeticiones; los análisis de varianza de las variables estudiadas se realizaron con el Proc GLM del SAS versión 8.2; para la comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ). Las plantas mostraron un mayor crecimiento cuando la relación  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  fue 0/100 y pH de 5, en tanto que una relación  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  de 50/50 favoreció tanto la longitud como el tamaño de hojas solamente durante la semana 1, sin mostrar significancia en las etapas posteriores. Respecto a las concentraciones nutrimentales en el tejido foliar, una relación  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  de 100/0 y pH 5 favoreció un mayor contenido de Ca y Mg (2.02 y 0.21%, respectivamente), así como de Mn y Zn (300 y 9.75 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente); pero en el caso de K, el mayor contenido foliar de este elemento (4.97%) fue para las plantas con una relación  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  de 0/100 y pH 6.

#### Abstract

The aim of this study was to evaluate the growth of cranberry (*Vaccinium* sp.) Cv. Biloxi during the vegetative phase, application of  $\text{NH}_4^+$  ratios / $\text{NO}_3^-$  in nutrient solutions of acid and alkaline Steiner through the variables: plant height, shoot length and nutrient concentration in leaf tissue. The experiment was conducted under a design in randomized complete block with ten treatments and twelve repetitions, the analysis of variance of the variables were performed using the Proc GLM of SAS version 8.2, for the mean comparison test Tukey ( $p < 0.05$ ). Plants showed increased growth when the  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  ratio was 0/100 and pH of 5, while a ratio  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  50/50 favored the length and the size of sheets only during week 1 without showing significant in the later stages. Regarding the nutrient concentrations in the leaf tissue, a ratio  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  100/0 and pH 5 favored a higher content of Ca and Mg (2.02 and 0.21%, respectively) as well as Mn and Zn (300 and 9.75 mg L<sup>-1</sup>, respectively), but in the case of K, the higher leaf content of this element (4.97%) was for plants with a  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  ratio of 0/100 and pH 6. These results suggest that cranberry cv. Biloxi is capable of taking both N as  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{NO}_3^-$  during the vegetative phase.

Éstos resultados sugieren que el arándano cv. Biloxi es capaz de tomar N tanto en forma de  $\text{NH}_4^+$  como de  $\text{NO}_3^-$  durante la fase vegetativa.

**Palabras clave:** Steiner, pH, relación amonio/nitrato, solución nutritiva.

El arándano o blueberry (*Vaccinium* sp.) es una frutilla que en los últimos años ha tomado gran relevancia en varios países, incluido México. Debido a su valor nutricional, es considerado un alimento libre de sodio, grasas y colesterol, con bajo contenido de calorías y rico en fibras y vitamina C. Contiene además antocianinas, responsables del color de los frutos, las cuales intervienen en el metabolismo celular humano disminuyendo el cáncer, el envejecimiento, problemas cardíacos y la enfermedad de Alzheimer entre otras (Neto, 2007; Russell *et al.*, 2007).

Los arándanos son originarios de suelos ácidos, donde absorben el nitrógeno (N) como amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) característico de estos suelos como la forma predominante de N (Korcak, 1988). Varios estudios han indicado que la concentración foliar de N puede aumentar el crecimiento de arándano alto (*V. corymbosum* L.) y Lowbush (*V. angustifolium* Ait) cuando se fertiliza con  $\text{NH}_4^+$  en lugar de  $\text{NO}_3^-$  (Townsend, 1970). Por otro lado, se ha mencionado que las diferencias en el crecimiento vegetativo no son debidas a la fuente de N sino al pH de la solución (Peterson *et al.*, 1988; Takamizo y Sugiyama, 1991).

Rosen *et al.* (1990) al utilizar tres formas de N ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , y  $\text{NO}_3^-$ ) y dos niveles de pH (4.5 y 6.5) en hidroponía, encontraron en arándano medio-alto (*V. corymbosum* L. x *V. angustifolium* Ait.) que el crecimiento vegetativo y el contenido total de materia seca fueron mayores a pH de 4.5 independientemente de la forma de N empleada. En otro caso similar, el crecimiento vegetativo fue significativamente mayor en plantas fertilizadas con N en forma de  $\text{NH}_4^+$  que con  $\text{NO}_3^-$ . Sin embargo, Sugiyama y Hanawa (1992) observaron una interacción entre las fuentes de N y el pH en la respuesta de crecimiento del arándano "Tifblue" ojo de conejo.

El contenido de materia seca fue mayor en plantas fertilizadas con  $\text{NH}_4^+$  frente a las de  $\text{NO}_3^-$  a pH 3 y 4; sin embargo, no hubo diferencias en crecimiento entre las fuentes de N a pH 5. Por otro lado, Hammett y Ballinger (1972) observaron que el arándano alto del norte creció de manera similar con N en forma tanto de  $\text{NH}_4^+$  como de  $\text{NO}_3^-$  cuando el pH de la solución nutritiva fue menor de 6.2. Sin embargo, Hayden, (2001) encontró que los arándanos requieren un pH de

**Keywords:** Steiner, pH, ammonium/nitrate ratio nutrient solution.

The cranberry or blueberry (*Vaccinium* sp.) Is a strawberry in recent years has taken great importance in several countries, including Mexico. Because of its nutritional value, it is considered a food free from sodium, fat and cholesterol, low in calories and rich in fiber and vitamin C. It also contains anthocyanins, responsible for the color of the fruits, which are involved in cellular metabolism and decreases human cancer, aging, heart disease and Alzheimer's disease among others (Neto, 2007; Russell *et al.*, 2007).

Blueberries are native to acidic soils, which absorb nitrogen (N) and ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) characteristic of these soils as the dominant form of N (Korčák, 1988). Several studies have indicated that foliar N concentration can increase the growth of highbush blueberry (*V. corymbosum* L.) and Lowbush (*V. angustifolium* Ait) when fertilized with  $\text{NH}_4^+$  rather than  $\text{NO}_3^-$  (Townsend, 1970). Furthermore, it has been mentioned that the differences in the natural increase is not due to the power of N but the pH of the solution (Peterson *et al.*, 1988; Takamizo and Sugiyama, 1991).

Rosen *et al.* (1990) using three forms of N ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , and  $\text{NO}_3^-$ ) Moreover, two levels of pH (4.5 and 6.5) in hydroponics, found in medium-high blueberry (*V. corymbosum* L. x *V. angustifolium* Ait.) vegetative growth and the total dry matter content was higher at pH 4.5 regardless of the form of N used. In another similar case, the growth rate was significantly higher in plants fertilized with N as  $\text{NH}_4^+$  than  $\text{NO}_3^-$ . However, Sugiyama and Hanawa (1992) observed an interaction between nitrogen sources and pH on the growth response Blueberry "Tifblue" rabbit eye.

The dry matter content was higher in plants fertilized with  $\text{NH}_4^+$  compared to  $\text{NO}_3^-$  at pH 3 and 4, but there was no difference in growth between the sources of N to pH 5. Furthermore, Ballinger Hammett (1972) observed that high northern cranberry grew similarly with N in the form of both  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{NO}_3^-$  as the pH of the nutrient solution was less than 6.2. However, Hayden (2001) found that blueberries will require a soil pH of about 4.5 to 5, since alkaline soils can cause nutrient deficiencies, especially of iron, with a consequent negative impact on the harvest.

suelo de alrededor de 4.5 a 5, ya que suelos básicos pueden ocasionar deficiencias en nutrientes, en especial de fierro, con el consiguiente efecto negativo sobre la cosecha.

En base a lo anterior, se estableció como objetivo del presente estudio evaluar el crecimiento (altura de la planta así como longitud de hoja) y la concentración nutrimental foliar de arándano cv Biloxi a la aplicación de relaciones de amonio/nitrato en soluciones nutritivas ácidas y alcalinas.

El trabajo se estableció el 03 de enero de 2012 en Chihuahua, Chihuahua, México, en un invernadero tipo capilla con dimensiones de 16\*45 m con estructura de fierro galvanizado y láminas de policarbonato, en donde se registraron temperaturas máximas de 32.3° y mínimas de 17.7 °C. El material vegetal utilizado consistió en 120 plantas de arándano cultivar Biloxi de 8 meses de edad, que se transportaron de la ciudad de Uruapan, Mich., en noviembre del 2011. Las plantas se seleccionaron tomando como característica una altura de 25 cm y sin brotes. Cada una de las plantas fue sacada con cepellón y puestas en macetas de plástico de 5 L. El trasplante se realizó el 20 de febrero y la primera aplicación de los tratamientos se hizo el 24 del mismo mes. El experimento se dio por concluido el 28 de junio de 2012.

El diseño experimental fue en bloques completamente al azar con doce repeticiones; cada unidad experimental estuvo constituida por una planta. Los tratamientos consistieron en soluciones nutritivas preparadas con la solución universal modificada de Steiner (Steiner, 1961), utilizando  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$  como fuentes de N con diferentes valores de pH (Cuadro 1).

Based on the above, it was established as an objective of the present study to evaluate the growth (plant height and leaf length) and nutrient concentration leaf blueberry cv Biloxi implementation relations ammonium/nitrate in acidic nutrient solutions and alkaline.

The work was established on January 3, 2012 in Chihuahua, Chihuahua, Mexico, in a greenhouse chapel type with dimensions of 16\*45 m with iron structure galvanized polycarbonate sheet, where maximum temperatures of 32.3° was recorded and minimum 17.7 °C. The plant material used consisted of 120 plants blueberry cultivar Biloxi 8 months old, who were transported to the city of Uruapan, Michoacán, In November 2011. Plants were selected using as feature a height of 25 cm with no sprouts. Each plant with root ball was taken and placed in plastic pots of 5 L. The transplant was performed on February 20 and the first application of treatments was made on 24 March. The experiment was terminated on June 28, 2012.

The experimental design was a randomized complete block with twelve repetitions; each experimental unit consisted of a plant. Treatments consisted of nutrient solutions prepared with the modified universal solution Steiner (Steiner, 1961), using  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{NO}_3^-$  as N sources with different pH values (Table 1).

The nutrient solutions were prepared in tanks 10 L concentrated 100 times, where the amounts of fertilizer required according to the treatments were added. The

**Cuadro 1. Concentración de iones en las soluciones nutritivas para los distintos tratamientos.**

**Table 1. Ion concentration in nutrient solutions for different treatments.**

Tratamientos	Aniones ( $\text{mmol L}^{-1}$ )			Cationes ( $\text{mmol L}^{-1}$ )				(%)		pH	CE ( $\text{dSm}^{-1}$ )
	$\text{NO}_3^-$	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{NH}_4^+$	$\text{K}^+$	$\text{Ca}_2^+$	$\text{Mg}_2^+$	$\text{NO}_3^-$	$\text{NH}_4^+$		
1	5.67	0.5	1.11	0.05	3.31	0.34	0.73	100	0	5	0.55
2	5.67	0.5	0.97	0.05	3.31	0.34	0.73	100	0	5.5	0.55
3	5.67	0.5	0.66	0.05	3.31	0.34	0.73	100	0	6	0.55
4	5.67	0.5	0.21	0.05	3.31	0.34	0.73	100	0	6.5	0.55
5	5.67	0.5	0.34	0.05	3.31	0.34	0.73	100	0	7	0.59
6	0	0.5	5.88	6	3.31	0	0	0	100	5	0.93
7	0	0.5	5.74	6	3.31	0	0	0	100	5.5	0.93
8	2.67	0.5	3.25	3	3.31	0	0	50	50	5.5	0.63
9	5.48	0.5	0	0	3.31	0	0	100	0	5.5	0.33
10	1.67	1	3.66	4	3.31	0	0	33	67	5.5	0.73

Las soluciones nutritivas se prepararon en tanques de 10 L de capacidad y 100 veces concentradas, en donde se agregaron las cantidades de fertilizantes requeridas de acuerdo a los tratamientos. Los fertilizantes utilizados fueron: ácido nítrico, ácido fosfórico, ácido sulfúrico, nitrato de calcio, nitrato de potasio, sulfato de potasio, sulfato de magnesio, MKP (0-52-34), nitrato de magnesio y sulfato de amonio. Se mezcló y ajustó el pH entre 5.5 y 6; los suministros en cada tratamiento fueron de 250 y 500 ml y los intervalos de riego inicialmente fueron diarios, cambiándose posteriormente a cada tercer día. El Cuadro 1 muestra, en general, los balances de cada nutrimento en relación con las concentraciones de  $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$ .

Se evaluaron las siguientes variables: altura de la planta, medida a partir del cuello de la raíz hasta el meristemo apical utilizando un flexómetro con escala en milímetros, longitud de brotes, tomada a partir del cuello del brote al ápice de la última hoja, para lo cual se seleccionaron 6 brotes de la parte media superior de cada planta, y concentración nutricional foliar. El muestreo foliar se realizó tomando 50 hojas totalmente expandidas del tercio superior de las ramillas de las plantas. Las muestras foliares se secaron a la sombra y posteriormente en estufa a 60 °C por 24 h; luego se molieron y tamizaron en molino Wiley con malla 35.

El N-total se cuantificó por el método Micro-Kjeldahl (APHA, 1992), el N- $\text{NO}_3^-$  por el método de Brucina y espectrofotometría UV-visible (APHA, 1992); los iones  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  y  $\text{Zn}^{2+}$  se cuantificaron mediante digestión húmeda con mezcla triácida (ácido nítrico, sulfúrico y clorhídrico) y espectrofotómetro de absorción atómica (Perkin Elmer Analyst 100, New Jersey, US); el P-total mediante el método del vanadato-molibdeno de amonio y análisis mediante espectrofotometría UV-visible. Todas las variables fueron sometidas a un análisis de varianza y comparación de medias (Tukey,  $p < 0.05$ ) con el Proc GLM del SAS versión 8.2.

Dentro de los resultados encontrados, la altura de la planta presentó diferencias en cuanto a la relación  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  y pH; el coeficiente de variación observado fue de 14.15%. Al realizar la comparación de medias, se observaron seis grupos de significancia: el tratamiento 1, con aportación de  $\text{NO}_3^-$  y pH de 5, fue estadísticamente superior en altura, con una media de 54.88 cm, seguido por los tratamientos 4, 5 y 9, los cuales se manejaron con una concentración similar de  $\text{NO}_3^-$  y pH's de 5.5, 7 y 5.5, respectivamente.

fertilizers used were nitric acid, phosphoric acid, sulfuric acid, calcium nitrate, potassium nitrate, potassium sulfate, magnesium sulfate, MKP (0-52-34), magnesium nitrate and ammonium sulfate. Was mixed and adjusted the pH between 5.5 and 6; supplies in each treatment were 250 and 500 ml and irrigation intervals were initially daily, then switching to every other day. Table 1 shows, in general, the balance of each nutrient in relation to the concentrations of  $\text{NH}_4^+$  and  $\text{NO}_3^-$ .

Plant height, measured from the root collar to the apical meristem segment using a tape measure in millimeters: the following variables were evaluated shoot length, taken from the bud neck to the apex of the last sheet, for which six buds were selected middle top of each plant, and foliar nutrient concentration.

Foliar sampling was made on 50 fully expanded upper third of the twigs of the plants leaves. Leaf samples were dried in the shade and then heated at 60 °C for 24 h, then ground and sieved to 35 mesh Wiley mill.

The N-total is quantified by the micro-Kjeldahl method (APHA, 1992) method, the N- $\text{NO}_3^-$  by the method of Brucine and UV-visible spectrophotometry (APHA, 1992), the  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  ions,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  and  $\text{Zn}^{2+}$  were measured by wet triacid digestion mixture (nitric acid, sulfuric acid and hydrochloric) and an atomic absorption spectrophotometer (Perkin Elmer Analyst 100, New Jersey, U.S.), the P-total by the method of ammonium vanadate, molybdenum and analysis by UV-visible spectrophotometry. All variables were subjected to analysis of variance and comparison of means (Tukey,  $p < 0.05$ ) with Proc GLM of SAS version 8.2.

Among the results, the plant height showed differences in the  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  ratio and pH; the coefficient of variation observed was 14.15%. When comparing means, six groups of significance were observed: treatment 1, contribution of  $\text{NO}_3^-$  and pH 5, was statistically superior in height, with an average of 54.88 cm, followed by treatments 4, 5 and 9, which is handled with a similar concentration of  $\text{NO}_3^-$  and pH's of 5.5, 7 and 5.5, respectively.

In work by Goyal *et al.* (1982) and Marques *et al.* (1983) found that greater height in bean and radish plants were presented with nutrient solutions containing N source

En trabajos realizados por Goyal *et al.* (1982) y Marques *et al.* (1983) encontraron que la mayor altura en plantas de rábano y frijol se presentaron con soluciones nutritivas donde la fuente de N se proporcionó con  $\text{NO}_3^-$  al 100% y se observaron efectos adversos en aquellas plantas nutridas mayormente con  $\text{NH}_4^+$ , coincidiendo con los resultados encontrados en este estudio.

Las concentraciones de  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  en las soluciones nutritivas utilizadas presentaron efecto significativo en la longitud de los brotes de las plantas de arándano. Los tratamientos 8 y 10, con una proporción de  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  igual a 50/50 y 67/33, respectivamente, presentaron mayor crecimiento (Cuadro 2), lo que difiere con lo observado por Kyunghawan y Yongbeom (2004), quienes al utilizar relaciones de  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  de 30/70 y de 15/85 en albahaca, obtuvieron un incremento en el crecimiento de las hojas.

**Cuadro 2. Efecto de la relación de  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  y pH en la longitud de los brotes (cm) de arándano cv Biloxi durante ocho semanas.**

**Table 2. Effect of the ratio of  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  and pH in shoot length (cm) of cranberry cv Biloxi for eight weeks.**

Tratamiento	Semana							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	2.30 $ab$	2.40 $ab$	3.60 $ab$	6.10 $a$	5.40 $a$	4.90 $a$	2.40 $ab$	2.80 $a$
2	2.30 $abc$	1.10 $d$	2.10 $b$	3.70 $d$	3.60 $a$	2.90 $b$	2.40 $ab$	2.60 $a$
3	1.70 $bc$	1.40 $cd$	3.50 $ab$	4.70 $bcd$	3.40 $a$	1.70 $b$	2.10 $ab$	2.40 $a$
4	2.20 $abc$	2.50 $a$	4.50 $a$	5.90 $ab$	5.50 $a$	1.90 $b$	1.60 $b$	2.30 $a$
5	2.30 $abc$	2.20 $abc$	3.50 $ab$	5.30 $abcd$	5.10 $a$	1.70 $b$	3.10 $b$	2.90 $a$
6	1.80 $bc$	1.50 $bcd$	2.60 $b$	4.40 $bcd$	4.60 $a$	2.30 $b$	2.30 $a$	2.80 $a$
7	1.70 $c$	1.70 $abcd$	3.60 $ab$	5.50 $a$	5.40 $a$	1.60 $b$	1.70 $b$	2.20 $a$
8	2.90 $a$	1.30 $d$	2.50 $b$	4.50 $abcd$	4.10 $a$	1.50 $b$	1.90 $ab$	2.70 $a$
9	1.90 $bc$	1.70 $abcd$	2.80 $ab$	5.30 $abcd$	3.90 $a$	1.70 $b$	1.60 $b$	2.40 $a$
10	2.60 $a$	1.50 $cd$	3.50 $ab$	4.10 $cd$	5.00 $a$	1.70 $b$	2.30 $b$	2.80 $a$

Medias con letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas (Tukey  $p \leq 0.05$ ).

En la semana dos y tres el tratamiento 4 resultó con mayor crecimiento mientras que para la semana cuatro el tratamiento 1 fue el que resultó con mayor crecimiento. Para la semana seis, el tratamiento 1 presentó mayor crecimiento con respecto al resto de los tratamientos (Cuadros 2). Éstos resultados difieren con la información presentada por Merhaut y Darnell (1995), quienes indicaron que el  $\text{NH}_4^+$  es absorbido y translocado a los brotes más rápido que el  $\text{NO}_3^-$  en arándano Sharp blue que en el resto de plantas.

No se observó efecto significativo de las relaciones  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  de las soluciones nutritivas sobre la concentración de Nt y  $\text{NO}_3^-$  foliar. Estos resultados pueden deberse al antagonismo entre el N con nutrientes como el Ca y K (Uvalle, 2000).

was supplied with  $\text{NO}_3^-$  at 100% and adverse effects were observed in those plants fed mostly with  $\text{NH}_4^+$ , coinciding with the results found in this study.

Concentrations of  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  in the nutrient solutions used had significant effect on the length of the shoots of blueberry plants. Treatments 8 and 10, with a ratio of

$\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  equal to 50/50 and 67/33 respectively, had higher growth (Table 2), which differs from what is observed and Yongbeom Kyunghawan (2004), those using ratios of  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  30/70 and 15/85 in basil, they obtained an increase in leaf growth.

In week two three treatment 4 was more growth while for week four treatments 1 was the fastest growing proved. By week six, treatment 1 showed higher growth compared to

other treatments (Tables 2). These results differ from the information submitted by Merhaut and Darnell (1995), who indicated that  $\text{NH}_4^+$  is absorbed and translocated faster than the  $\text{NO}_3^-$  sprouts in Blueberry Sharp blue in the other plants.

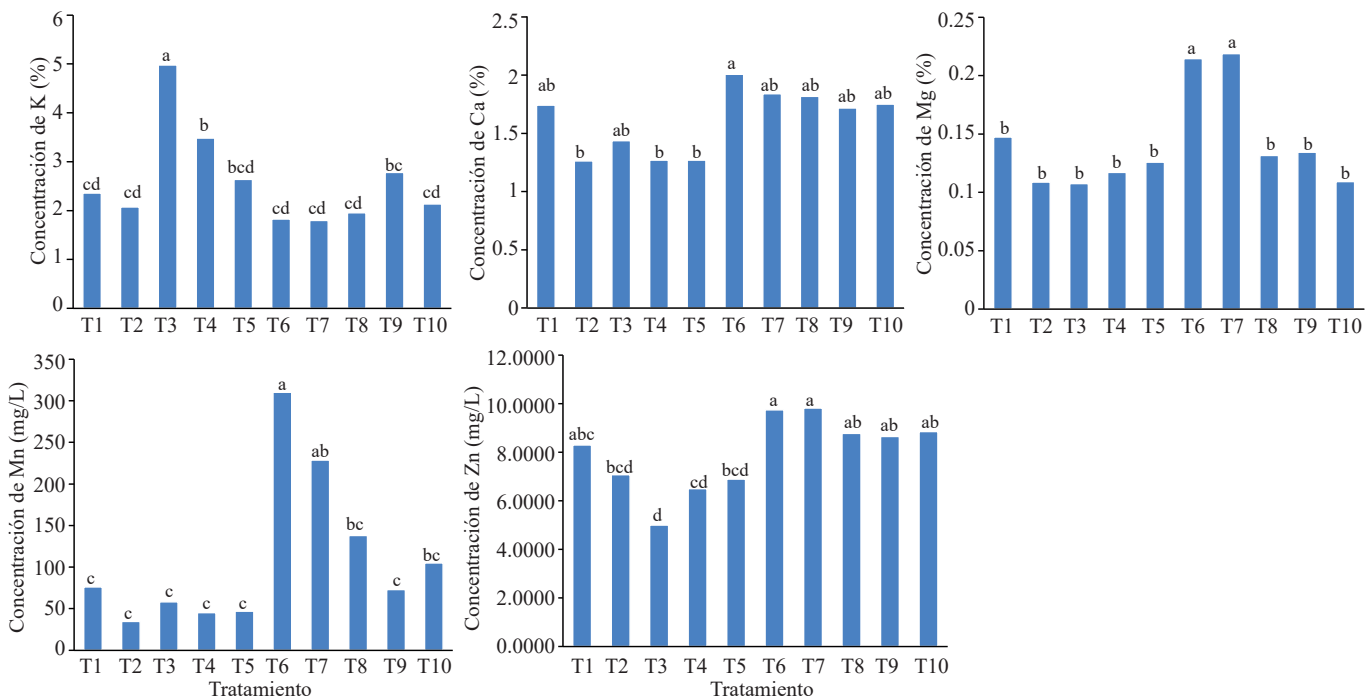
Of nutrient solutions on the concentration of TN and  $\text{NO}_3^-$  foliar No significant effect of  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  ratios was observed. These results may be due to the antagonism between the N with nutrients like Ca and K (Uvalle, 2000). Nt levels observed in this study (1.20-1.70%) are considered low according to the criteria of Hanson and Hancock (1996) and Benton and Mills (1997), who reported an optimum value of 1.7-2.1% for this item.

Los niveles de Nt observados en este estudio (1.20-1.70%) se consideran bajos de acuerdo a los criterios de Hanson y Hancock (1996) y Benton y Mills (1997), quienes reportaron un valor óptimo de 1.7-2.1% para este elemento.

Se observó efecto significativo de las combinaciones de  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  sobre la concentración de K, Ca y Mg en las hojas de arándano (Figura 1). Los valores más altos de K se observaron en los tratamientos 3 y 4 con 4.97 y 3.48%, respectivamente, los cuales contenían N solamente en forma de  $\text{NO}_3^-$ . Estos niveles de  $\text{K}^+$  rebasaron por mucho a los señalados por Hanson y Hancock (1996) como óptimos para arándano (0.4-0.65%). Se ha señalado (Szczerba *et al.*, 2006) que la absorción, y por tanto la concentración de  $\text{K}^+$  en hojas y otro tejidos de la planta dependen en gran medida de nivel de  $\text{NH}_4^+$ , ya que éstos compiten para ingresar a la célula.

On the concentration of K, Ca and Mg in blueberry leaves (Figure 1) significant effect of combinations of  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  was observed. Higher values of K were observed in treatments 3 and 4 with 4.97 and 3.48%, respectively, which contained only N as  $\text{NO}_3^-$ . These levels of  $\text{K}^+$  greatly exceeded by those reported by Hanson and Hancock (1996) as optimal for Blueberry (0.4 to 0.65%). It has been noted (Szczerba *et al.*, 2006) that the absorption, and therefore the  $\text{K}^+$  concentration in leaves and other tissues of the plant depend greatly on the level of  $\text{NH}_4^+$ , as they compete to enter the cell.

Treatment 6 had the highest (2.02%) of Ca content, this treatment had  $\text{NH}_4^+$  as the main source of nitrogen and a pH of 5. Hanson and Hancock (1996) established the optimal range of foliar for blueberry from 0.3 to 0.8% Ca,



**Figura 1. Concentración nutrimental en plantas de arándano cv Biloxi cultivadas en hidroponía en soluciones Steiner con diferentes relaciones de  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  y pH. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey,  $p < 0.05$ ).**

**Figure 1. Nutrient concentration in cv Biloxi blueberry plants grown in hydroponics Steiner solutions with different ratios of  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  and pH. Bars with the same letter are statistically equal (Tukey,  $p < 0.05$ ).**

El tratamiento 6 presentó el contenido más alto (2.02%) de Ca; este tratamiento tuvo  $\text{NH}_4^+$  como fuente principal de nitrógeno y un pH de 5. Hanson y Hancock (1996) establecieron el intervalo óptimo de Ca foliar para arándano de 0.3 a 0.8%, por lo que las concentraciones obtenidas en

so the concentrations obtained in this work are found in excess, which could cause antagonism with  $\text{NH}_4^+$  and rapid leaching, causing this deficiency (Greeff, 2005). Mengel and Kirkby (2000) reported that the uptake of  $\text{NH}_4^+$  is limited by competition from Ca.

este trabajo se encontraron en exceso, lo que pudo causar antagonismo con  $\text{NH}_4^+$  y su rápida lixiviación, causando la deficiencia de este (Greef, 2005). Mengel y Kirkby (2000) mencionaron que la absorción de  $\text{NH}_4^+$  es limitada por la competencia del Ca.

Para Mg, los tratamientos 6 y 7 presentaron los mayores contenidos del mismo (0.21 y 0.22%, respectivamente), los cuales contenían  $\text{NH}_4^+$  como fuente de nitrógeno, pero pH de 5 y 5.5, respectivamente. Los niveles observados de Mg estuvieron en el nivel permisible para el arándano, de acuerdo con Hanson y Hancock (1996), quienes reportaron un nivel óptimo de 0.15 a 0.3%.

Las relaciones de  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  y pH diferentes no tuvieron efecto significativo en las concentraciones en Cu y Fe, pero sí para las concentraciones de Mn y Zn. Las diferencias se mostraron en el tratamiento 6, con  $310.28 \text{ mg k}^{-1}$  al cual se aportó  $\text{NH}_4^+$  como fuente de N con  $6 \text{ mM L}^{-1}$  y un pH de 5 y el tratamiento 7 con  $228.53 \text{ mg k}^{-1}$  con la misma concentración de  $\text{NH}_4^+$  que el tratamiento 6 pero con un pH de 5.5. Los resultados obtenidos de Mn se situaron en el intervalo permisible para el cultivo de arándano, el cual es de 50 a  $350 \text{ mg k}^{-1}$  (Hanson y Hancock, 1996). Además, las mejores concentraciones correspondieron a las soluciones con pH de 5 a 5.5. Así mismo, autores(as) como Kilby (2006) y Wood (2007) mencionaron que este elemento puede estar disponible para la planta a pH de 5 a 7.

La concentración de Zn foliar de los tratamientos 6 y 7 ( $9.7$  y  $9.8 \text{ mg k}^{-1}$ , respectivamente) fueron estadísticamente diferentes al resto de los tratamientos (Figura 1). Estos tratamientos fueron manejados con soluciones nutritivas Steiner basadas solamente en fuentes de  $\text{NH}_4^+$  a pH de 5 y 5.5, respectivamente. Las concentraciones de Zn observadas en el presente trabajo son aceptables según los requerimientos de este elemento en plantas de arándano (Hanson y Hancock, 1996). Se ha encontrado que altas concentraciones de este nutriente puede inducir a una clorosis de las hojas tanto del arándano del sur como el ojo de conejo, y tomando en cuenta los niveles de pH, se ubicaron en los límites señalados óptimos para su disponibilidad (Gupton y Spiers, 1996).

A la vista de los resultados expuestos anteriormente, podemos derivar las conclusiones siguientes: las plantas de arándano Biloxi mostraron un mayor crecimiento cuando la relación  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  fue de 0/100 respectivamente, con

For Mg, treatments 6 and 7 had the highest contents of the same (0.21 and 0.22%, respectively), which contained  $\text{NH}_4^+$  as the nitrogen source, but pH 5 and 5.5, respectively. The observed levels of Mg were in the allowable level for the cranberry, according to Hanson and Hancock (1996), who reported an optimum level of 0.15 to 0.3%.

The relations of  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  and different pH had no significant effect on Cu and Fe concentrations, but the concentrations of Mn and Zn. Differences in treatment were 6, with  $\text{k}^{-1} 310.28 \text{ mg NH}_4^+$  which is provided as a source of N with  $6 \text{ mM L}^{-1}$  and a pH of 5 and treatment 7  $228.53 \text{ mg k}^{-1}$  with the same concentration of  $\text{NH}_4^+$  6, but that treatment with a pH of 5.5. The results of Mn were in the allowable range for growing blueberries, which is 50 to  $350 \text{ mg k}^{-1}$  (Hanson and Hancock, 1996). Also, the best concentrations correspond to solutions with pH of 5 to 5.5. Likewise, author (s) and Kilby (2006) and Wood (2007) mentioned that this element might be available to the plant at pH 5-7.

The concentration of Zn foliar treatments 6 and 7 ( $9.7$  and  $9.8 \text{ mg k}^{-1}$ , respectively) were statistically different from other treatments (Figure 1). Such treatments were managed with nutrient solutions Steiner based solely on sources of  $\text{NH}_4^+$  at pH of 5 and 5.5, respectively. Zn concentrations observed in this study are acceptable under this element requirements blueberry plants (Hanson and Hancock, 1996). It has been found that high concentrations of this nutrient can induce leaf chlorosis both blueberry south as the rabbit eye, and taking into account the levels of pH, were located in the limits indicated optimal for availability (Gupton and Spiers, 1996).

In view of the above results, we can derive the following conclusions: Biloxi blueberry plants showed greater growth when the  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  ratio was 0/100 respectively, with pH of the nutrient solution of 5. A ratio  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  50/50 favored both the length and size of leaves during week 01, but this proportion had no significance for the remaining weeks. Regarding nutritional foliar concentration of K, Ca, Mg, Mn and Zn was observed that acid pH levels of 5 to 6 were better in nutrient solutions with addition of N in  $\text{NH}_4^+$  form.

*End of the English version*



pH de la solución nutritiva de 5. Una relación  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$  de 50/50 favoreció tanto la longitud como el tamaño de hojas durante la semana 01; sin embargo, estas mismas proporciones no mostraron significancia para las semanas restantes. Respecto a las concentraciones nutrimentales foliares de K, Ca, Mg, Mn y Zn, se observó que niveles de pH ácidos de 5 a 6 fueron mejores en soluciones nutritivas con aporte de N en forma de  $\text{NH}_4^+$ .

## Literatura citada

- American Public Health Association (APHA). 1992. Standard methods for the examination of water and wastewater. 18<sup>th</sup> edition. Washinton, DC. USA. 48 p.
- Benton, J. J. and Mills, H. A. 1997. Plant analysis handbook II: a practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide. Micro Macro Publishing, Athens, GA. 422 p.
- Goyal, S. S.; Huffaker, R. C. and Lorenz, O. A. 1982. Inhibitory effects of ammoniacal nitrogen on growth of radish plants. II. Investigations on the possible causes of ammonium toxicity to radish plants and its reversal by nitrate. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 107:130-135.
- Greef, M. 2005. Fine tuning high bush blueberry fertilizer programs. Proceedings of the 12th Biennial Southeast Blueberry Conference. Savannah, GA, USA. 75-87 p.
- Gupton, C. L. and Spiers, J. M. 1996. High Zinc concentrations in the growing medium contribute to chlorosis in blueberry. *HortScience* 31:955-956.
- Hayden, R. A. 2001. Fertilizing Blueberries. Department of Horticulture. Purdue University Cooperative Extension Service. West Lafayette, IN. Fruit. HO-65-W. 1-2 p.
- Hammett, L. K. and Ballinger, W. E. 1972. A nutrient solution-sand culture system for studying the influence of N form on high bush blueberries. *HortScience* 7:498-499.
- Hanson, E. and Hancock, J. 1996. Managing the nutrition of high bush blueberries. Michigan State University, Department of Horticulture. Extension Bulletin E-2011.
- Kilby, M. W. 2006. Fall-applied foliar zinc for pecan. *HortScience*. 41:275-276.
- Korcak, R. F. 1988. Nutrition of blueberry and other calcifuges. *Horticultural Reviews* 10:183-227.
- Kyunghawan, Y. and Yongbeom, L. 2004. The effect of  $\text{NO}_3^-$ -N and  $\text{NH}_4^+$ -N ratio in the nutrient solution on growth and quality of sweet basil. *J. Hortic. Sci. Technol.* 22:29:36.
- Marques, Y. A.; Oberholzer, M. J. and Erismann, K. H. 1983. Effects of different nitrogen sources on photosynthetic carbon metabolism in primary leaves of non-nodulated *Phaseolus vulgaris* L. *Plant Physiol.* 71:555-561.
- Mengel, K. y Kirkby, E. A. 2000. Aplicación de fertilizantes. Principios de nutrición vegetal. Basilea (Suiza) . IPI. Cap. 6:267-304.
- Merhaut, D. J. and Darnell, R. L. 1995. Ammonium and nitrate uptake in containerized southern highbush blueberries. *HortScience*. 30:1378-1381.
- Neto, C. C. 2007. Cranberry and blueberry: evidence for protective effects against cancer and vascular diseases. *Molecular Nutr. Food Res.* 51:652-664.
- Peterson, L. A.; Stang, E. J. and Dana, M. N. 1988. Blueberry response to  $\text{NH}_4^+$ -N and  $\text{NO}_3^-$ -N. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 113:9-12.
- Rosen, C. J.; Allan, D. L. and Luby, J. J. 1990. Nitrogen form and solution pH influence growth and nutrition of two *Vaccinium* clones. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 115:83-89.
- Russell, W. R.; Labat, A.; Scobbie, L. and Duncan, S. H. 2007. Availability of blueberry phenolics for microbial in the colon and the potential inflammatory implications. *Molecular Nutr. Food Res.* 51:726-731.
- Steiner, A. A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant and Soil.* 15:134-154.
- Sugiyama, N. and Hanawa, S. 1992. Growth responses of rabbit eye blueberry plants to N forms at constant pH in solution culture. *J. Japanese Soc. Hortic. Sci.* 61:25-29.
- Szczerba, M. W.; Britto, D. T. and Kronzucker, H. J. 2006. Rapid, futile  $\text{K}^+$  cycling and pool-size dynamics define low-affinity potassium transport in barley. *Plant Physiol.* 141:1494-1507.
- Takamizo, T. and Sugiyama, N. 1991. Growth responses to N forms in rabbit eye and high bush blueberries. *J. Japanese Soc. Hortic. Sci.* 60(1):41-45.
- Townsend, L. R. 1970. Effect of form of N and pH on nitrate reductase activity in low bush blueberry leaves and roots. *Canadian J. PlantSci.* 50:603-605.
- Uvalle, B. J. X. 2000. Diagnóstico: análisis de agua, suelo y planta, su interpretación y utilidad Agrícola, Hermosillo, Sonora, México. 68 p.
- Wood, B. 2007. Correction of zinc deficiency in pecan by soil banding. *HortScience* 42:1554-1558.