

Relaciones NO_3^- /aniones y K^+ /cationes en la solución nutritiva para el crecimiento de plántulas de tomate*

Relations NO_3^- /anions and K^+ /cations in the nutrient solution for the growth of tomato seedlings

Saúl Parra-Terraza[§]

Universidad Autónoma de Sinaloa- Facultad de Agronomía, Área de Suelos y Agua. Carretera Culiacán-El dorado km 17.5. A. P. 726. Culiacán, Sinaloa. [§]Autor para correspondencia: saul.parra@uas.edu.mx.

Resumen

En Sinaloa, la producción de tomate en campo abierto y en agricultura protegida utiliza plántulas que se producen en invernadero. En la etapa previa al trasplante la nutrición es uno de los factores que afectan el crecimiento y el estado nutrimental de las plántulas, por lo que el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de tres relaciones NO_3^- /aniones y tres de K^+ /cationes en la solución nutritiva, en el crecimiento, composición mineral y extracción nutrimental de plántulas de tomate cv. 3832. El diseño experimental fue completamente al azar con arreglo factorial de tratamientos 3^2 con cuatro repeticiones. A 40 días después de la siembra, se tomaron datos del crecimiento y se determinó la concentración de N, P, K, Ca y Mg en hojas y tallos y la extracción nutrimental. La interacción NO_3^- /aniones x K^+ /cationes fue significativa para altura de plántula, diámetro y peso seco de tallo y afectó las concentraciones y las extracciones de N, P y K en tallos. La relación 80/100 NO_3^- /aniones aumento ($p \leq 0.05$) el peso seco, las concentraciones y extracciones de N y K en hojas, mientras que la relación porcentual 55/100 K^+ /cationes incrementó ($p \leq 0.05$) la concentración y extracción de K en hojas y redujo las de Mg. En la selección de plántulas de tomate para el trasplante se debe considerar el efecto de la interacción NO_3^- /aniones x K^+ /cationes sobre las variables altura, diámetro y peso seco de tallo, el estado nutrimental de las plántulas y las condiciones ambientales del área de producción.

Abstract

In Sinaloa, tomato production in open field and in protected agriculture using seedlings produced in greenhouses. In the pre-transplant nutrition it is one of factors affecting growth and nutrient status of seedlings, so that the objective of this study was to evaluate the effect of three ratios NO_3^- /anions and three K^+ /cations in the nutrient solution on growth, mineral composition and nutrient extraction tomato seedlings cv. 3832. The experimental design was completely randomized factorial arrangement of treatments 3^2 with four replications. At 40 days after planting, growth data were taken and the concentration of N, P, K, Ca and Mg in leaves and stems and nutrient extraction was determined. The NO_3^- /anions x K^+ /cation interaction was significant for seedling height, stem diameter and dry weight and affected the concentrations and removals of N, P and K in stems. The relationship 80/100 NO_3^- /anions increase ($p \leq 0.05$) dry weight, concentration and extraction of N and K in leaves, while the percentage ratio 55/100 K^+ /cations increased ($p \leq 0.05$) concentration and extracting sheet K and Mg reduced. In selecting tomato seedlings for transplantation should be considered the effect of NO_3^- /anions x K^+ /cation interaction on the variables height, diameter and dry weight of stem, the nutritional status of seedlings and environmental conditions of the area of production.

* Recibido: marzo de 2016
Aceptado: junio de 2016

Palabras clave: *Solanum lycopersicum* L., crecimiento de plántulas, relación porcentual NO_3^- /aniones, relación porcentual K^+ /cationes.

Keywords: *Solanum lycopersicum* L., percentage ratio K^+ /cations, percentage ratio NO_3^- /anions, seedling growth.

Introducción

En el año 2012, México fue el principal exportador de tomate a nivel mundial con 23.6% del total de las exportaciones, lo que generó un ingreso de divisas de 1 553 millones de dólares. En ese año, Sinaloa fue el primer productor de tomate con 21.8% de la producción total y un ingreso por valor de la producción de 254 millones de dólares (SAGARPA, 2012). En Sinaloa, el tomate se cultiva a campo abierto y en condiciones de agricultura protegida (invernadero y casa sombra). En estos sistemas de producción, el cultivo de tomate utiliza plántulas que se producen en invernadero, y después, son trasplantadas al sistema correspondiente.

La producción comercial de plántulas de tomate para el trasplante a campo abierto o en superficie protegida es una actividad que realizan algunos invernaderos sinaloenses, a petición de los productores interesados, los cuales proporcionan las semillas y pagan una remuneración económica al productor, para que se encargue de las labores culturales (siembra en recipientes con sustrato, riegos, fertilización, control de plagas y enfermedades) hasta que la plántula está lista para el trasplante.

En la etapa previa al trasplante la nutrición es uno de los factores que afectan el crecimiento y el estado nutrimental de las plántulas, lo cual está muy relacionado con precocidad, rendimiento y el número de frutos por planta (Marković *et al.*, 1997). De los 17 nutrimentos reconocidos como esenciales para las plantas, generalmente el productor de plántulas aplica una solución nutritiva que contienen 12 nutrimentos (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Zn, Mn, B y Mo), ya que el C, H, O, Cl y Ni no son aplicados, porque los cuatro primeros las plantas los obtienen del agua o del aire, mientras que el níquel no se aplica porque se desconoce su impacto en las hortalizas.

El N es un componente del DNA, RNA, proteínas, enzimas, clorofila, ATP, auxinas y citoquininas (Hawkesford *et al.*, 2012), y puede suministrarse a las plantas en cuatro formas: nítrica, amoniacal, ureica y aminoácidos, aunque la forma nítrica es absorbida preferentemente por la mayoría de los cultivos (Mengel y Kirkby, 2000), por lo que es la más usada en los cultivos hortícolas. Sin embargo, para aumentar algunos

Introduction

In 2012, Mexico was the largest exporter of tomato worldwide with 23.6% of total exports, which generated foreign exchange earnings of 1 553 million dollars. In that year, Sinaloa was the first producer of tomato with 21.8% of total production and income production value of 254 million dollars (SAGARPA, 2012). In Sinaloa, the tomato is grown in open field and protected conditions of agriculture (greenhouse and shade house). In these production systems, uses tomato crop seedlings produced in greenhouses, and then are transplanted to the appropriate system.

The commercial production of tomato seedlings for transplanting in the open field or protected area is an activity that some sinaloenses greenhouses, at the request of the producers concerned, which provide seeds and pay a financial compensation to the producer, to take charge of cultural practices (planting in containers with soil, irrigation, fertilization, pest and disease control) until the seedlings are ready for transplanting.

In the pre-transplant nutrition it is one of the factors affecting growth and nutritional status of seedlings, which is closely related to earliness, yield and number of fruits per plant (Marković *et al.*, 1997). Of the 17 nutrients recognized as essential to plants, usually the producer seedling applies a nutrient solution containing 12 nutrients (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Zn, Mn, B and Mo), as the C, H, O, Cl and Ni are not applied, because the first four plants get water or the air, while nickel does not apply because its impact on vegetables is unknown.

The N is a component of DNA, RNA, proteins, enzymes, chlorophyll, ATP, auxins and cytokinins (Hawkesford *et al.*, 2012), And can be supplied to plants in four ways: nitric, ammoniac, ureic and amino acids, although the nitrate form is preferentially absorbed by most crops (Mengel and Kirkby, 2000), which is the most widely used in horticultural crops. However, to increase quality parameters of tomato seedlings, can be replaced 15% of the total N nitric in the nutrient solution, with a similar percentage of ammoniacal N and urea or a mixture 7.5% of N nitric plus 7.5% of ammonia nitrogen (Parra *et al.*, 2010).

parámetros de calidad de las plántulas de tomate, puede sustituirse 15% del total de N nítrico en la solución nutritiva, con un porcentaje similar de N amoniacal y ureico o una mezcla 7.5% de N nítrico más 7.5% de N amoniacal (Parra *et al.*, 2010).

El K es un macronutriente esencial para las plantas; participa en el gradiente de potencial eléctrico en las membranas celulares, la turgencia, la activación de enzimas, la fotosíntesis, el metabolismo de azúcares y de almidón, la síntesis de proteínas, la apertura y cierre de los estomas, la estabilización del pH celular, y el balance catión-anión celular (Marschner, 1995; Mengel y Kirkby, 2000). Las concentraciones de NO_3^- y de K^+ en la solución nutritiva determinan la relación NO_3^-/K^+ , mejor conocida como la relación N/K, la cual puede ser evaluada mediante relaciones relativas de iones, por lo que una concentración alta de NO_3^- , respecto a los aniones H_2PO_4^- y SO_4^{2-} , y una baja concentración de K^+ , respecto a los cationes Ca^{2+} y Mg^{2+} en la solución nutritiva, indica una relación alta de NO_3^-/K^+ . Steiner (1961) menciona que, aunque muchas personas consideran importante la relación N/K, dicha importancia está sujeta a discusión.

En México, son escasos los estudios referentes a la relación N/K en la solución nutritiva, utilizando relaciones NO_3^- /aniones y K^+ /cationes sobre el crecimiento de tomate, aunque a nivel comercial se presentan algunas recomendaciones generales, con base en proporciones totales de N y K (Resh, 1992). Los objetivos de este estudio fueron determinar el efecto de tres relaciones NO_3^- /aniones (NO_3^- , H_2PO_4^- y SO_4^{2-}) y tres relaciones K^+ /cationes (K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+}) en la solución nutritiva, en el crecimiento, composición mineral y extracción nutrimental de un híbrido de tomate.

Materiales y métodos

Desde el 21 de marzo al 30 de abril de 2013 se realizó un experimento en un invernadero de la Facultad de Agronomía, localizado entre $22^\circ 30'$ y $27^\circ 40'$ latitud norte y $105^\circ 24'$ y $109^\circ 27'$ longitud oeste, a una altitud de 38 m y temperaturas promedio de $38/17^\circ\text{C}$ (día/noche). Las semillas de tomate de crecimiento indeterminado cv. 3832 se sembraron en charolas de poliestireno de 200 cavidades con volumen individual de 30 cm^3 ; que contenían una mezcla de turba y vermiculita (1:1 v/v). El diseño experimental fue completamente al azar con arreglo factorial de tratamientos 3^2 , y cuatro repeticiones, para un total de 36 unidades experimentales, donde cada unidad experimental consistió de 30 plantas.

The K is an essential macronutrient for plants; participates in the electric potential gradient in cell membranes, turgor, enzyme activation, photosynthesis, metabolism of sugars and starch, protein synthesis, the opening and closing of stomata, stabilization of cellular pH, and the cation-anion balance cell (Marschner, 1995; Mengel and Kirkby, 2000). The NO_3^- concentrations and K^+ in the nutrient solution determines the ratio NO_3^-/K^+ , better known as the N/K, which can be assessed by relative ratios ion, so a high concentration of NO_3^- , regarding H_2PO_4^- and SO_4^{2-} , anions, and a low concentration of K^+ , compared to cations Ca^{2+} and Mg^{2+} in the nutrient solution, it indicates a high ratio NO_3^-/K^+ . Steiner (1961) mentions that although many people consider important the relationship N/K, this importance is subject to discussion.

In Mexico, studies concerning the relationship N/K in the nutrient solution are scarce, using ratios NO_3^- /anions and K^+ /cationes on the growth of tomato, although commercially some general recommendations, based on total proportions N and K (Resh, 1992). The objectives of this study were to determine the effect of three ratios NO_3^- /anions (NO_3^- , H_2PO_4^- and SO_4^{2-}) and three ratios K^+ /cationes (K^+ , Ca^{2+} and Mg^{2+}) in the nutrient solution on growth, mineral composition and extracting a nutritional tomato hybrid.

Materials and methods

From March 21 to April 30, 2013 an experiment was conducted in a greenhouse of the Faculty of Agronomy, located between $22^\circ 30'$ and $27^\circ 40'$ north latitude and $105^\circ 24'$ and $109^\circ 27'$ west longitude, at an altitude of 38 m and average temperature of $38/17^\circ\text{C}$ (day/night). The tomato seeds indeterminate growth cv. 3832 were sown in polystyrene trays of 200 cavities with individual volume of 30 cm^3 ; containing a mixture of peat and vermiculite (1:1 v/v). The experimental design was completely randomized factorial arrangement of treatments 3^2 , and four repetitions, for a total of 32 experimental units, where each experimental unit consisted of 30 plants.

The factors and levels were evaluated: 1) percentage ratio NO_3^- /anions (NO_3^- , H_2PO_4^- , SO_4^{2-}) (40/100, 60/100 and 80/100); and 2) percentage ratio K^+ /cationes (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) (15/100, 35/100 and 55/100) (Table 1). By combining the three percentage ratios NO_3^- /anions with three of K^+ /cationes are nine nutrient solutions (SN), which are designed

Los factores y niveles evaluados fueron: 1) relación porcentual NO_3^- /aniones (NO_3^- , H_2PO_4^- , SO_4^{2-}) (40/100, 60/100 y 80/100); y 2) relación porcentual K^+ /cationes (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) (15/100, 35/100 y 55/100) (Cuadro 1). Al combinar las tres relaciones porcentuales NO_3^- /aniones con las tres de K^+ /cationes resultan nueve soluciones nutritivas (SN), las cuales se diseñaron a partir de modificaciones de la SN universal (Steiner, 1984) y consistieron en variar la concentración de NO_3^- con relación a H_2PO_4^- y SO_4^{2-} , así como la concentración de K^+ respecto a Ca^{2+} y Mg^{2+} . La composición química de las SN, se calculó y ajustó a un potencial osmótico de -0.072 MPa (Cuadro 2), de acuerdo con lo propuesto por Steiner (1984).

from modifications of the universal SN (Steiner, 1984) and consisted of varying the concentration of NO_3^- regarding H_2PO_4^- and SO_4^{2-} , and the concentration of K^+ regarding a Ca^{2+} and Mg^{2+} . The chemical composition of SN was calculated and adjusted to an osmotic potential of -0.072 MPa (Table 2), in accordance with proposed by Steiner (1984).

The SN were prepared with inorganic salts reagent grade and distilled water and concentrations of micronutrients (mg L^{-1}) following were added: Fe 2.5, Mn 0.5, B 0.5, Cu 0.02 and Zn 0.05 (Parra *et al.*, 2012). The Fe provided as

Cuadro 1. Relaciones porcentuales entre los iones de las soluciones nutritivas utilizadas.

Table 1. Relations between ions percentage of nutrient solutions used.

NO_3^- (%mol _c m ⁻³)	H_2PO_4^- (%mol _c m ⁻³)	SO_4^{2-} (%mol _c m ⁻³)	K^+ (%mol _c m ⁻³)	Ca^{2+} (%mol _c m ⁻³)	Mg^{2+} (%mol _c m ⁻³)
40	7.5	52.5	15	58.85	26.15
60	5	35	15	58.85	26.15
80	2.5	17.5	15	58.85	26.15
40	7.5	52.5	35	45	20
60	5	35	35	45	20
80	2.5	17.5	35	45	20
40	7.5	52.5	55	31.15	13.85
60	5	35	55	31.15	13.85
80	2.5	17.5	55	31.15	13.85

Cuadro 2. Composición química de las soluciones nutritivas empleadas en el experimento.

Table 2. Chemical composition of nutrient solutions used in the experiment.

NO_3^- (mol _c m ⁻³)	H_2PO_4^- (mol _c m ⁻³)	SO_4^{2-} (mol _c m ⁻³)	K^+ (mol _c m ⁻³)	Ca^{2+} (mol _c m ⁻³)	Mg^{2+} (mol _c m ⁻³)
9.14	1.71	12	3.43	13.45	5.98
12.86	1.07	7.5	3.21	12.61	5.6
16.13	0.5	3.53	3.03	11.87	5.27
8.5	1.59	11.15	7.43	9.56	4.25
12	1	7	7	9	4
15.12	0.47	3.31	6.61	8.5	3.78
7.93	1.49	10.41	10.91	6.18	2.75
11.25	0.94	6.56	10.31	5.84	2
14.22	0.44	3.11	9.78	5.54	2.46

Las SN se prepararon con sales inorgánicas grado reactivo y agua destilada y se añadieron las concentraciones de micronutrientes (mg L^{-1}) siguientes: Fe 2.5, Mn 0.5, B 0.5, Cu 0.02 y Zn 0.05 (Parra *et al.*, 2012). El Fe se proporcionó como Fe-EDTA y el pH de las SN se ajustó a 5.5 ± 0.1 con HCl 1N o NaOH 1N. Nueve días después de la siembra,

Fe-EDTA and the pH of the SN was adjusted 5.5 ± 0.1 with 1 N HCl or 1 N NaOH. Nine days after planting, when the seedlings had two true leaves, started the application of the SN, whose concentrations were increased 10 d in the order: 50, 75 and 100%. The plants were watered daily at 08:00 and 14:00 h spraying to foliage treatments atomizers

cuando las plántulas tenían dos hojas verdaderas, se inició la aplicación de las SN, cuyas concentraciones se aumentaron cada 10 d en el orden: 50, 75 y 100%. Las plantas se regaron diariamente a las 08:00 y 14:00 h asperjando al follaje los tratamientos con atomizadores (1 L de capacidad) hasta el escurrimiento de la solución por los orificios inferiores de las cavidades. Para evitar una posible acumulación de sales en el follaje de las plántulas, provenientes de las SN al evaporarse el agua, se roció agua destilada mediante atomizador después de cada aplicación de los tratamientos.

Para evaluar el efecto de los factores sobre las variables de crecimiento (altura, diámetro de tallo y peso seco de hojas, tallos y plántulas) se seleccionaron seis plantas por tratamiento, y para determinar la composición mineral del vástago se escogieron 20 plantas, a los 38 días después de la siembra, y se integraron cuatro repeticiones compuestas, cada una, con cinco plántulas, cuyos vástagos se fraccionaron en hojas y tallos. En estos órganos se realizó el análisis químico para determinar la concentración de N, P, K, Ca y Mg, conforme a las metodologías propuestas por Motsara y Roy (2008). El análisis de varianza incluyó los factores principales y su interacción. Los análisis estadísticos se hicieron con el programa SAS versión 8 (SAS, 1999).

Resultados y discusión

Variables de crecimiento

El análisis de varianza mostró efectos significativos ($p \leq 0.05$) de la interacción NO₃⁻/aniones x K⁺/cationes para altura de plántula (AP), diámetro de tallo (DT) y peso seco de tallo (PST), mientras que el factor relación porcentual NO₃⁻/aniones tuvo diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) para peso seco de hojas (PSH) y para peso seco de plántulas (PSP) (Cuadro 3). Las AP obtenidas con las tres relaciones NO₃⁻/aniones fueron similares para las relaciones 35 y 55/100 K⁺/cationes, sin embargo, para la relación 15/100 K⁺/cationes las AP variaron entre sí ($p \leq 0.05$). Las mayores AP (26.7 y 27.5 cm) se obtuvieron con las combinaciones 60 y 80/100 NO₃⁻/aniones con 15/100 K⁺/cationes (Cuadro 4), atribuido a que aumentos del N en la SN incrementan el crecimiento (Fageria, 2001). La AP es un indicador básico de la calidad de plántula y de acuerdo con Lazic *et al.* (1993), la AP de tomate al momento del trasplante debe estar entre 20 y 30 cm. En el presente estudio todas las combinaciones NO₃⁻/aniones x K⁺/cationes tuvieron valores adecuados de altura (22 a 27.5 cm).

(1 L capacity) until runoff from solution by the lower holes of the cavities. To avoid a possible accumulation of salts in the seedling foliage, from the SN to evaporate water, distilled water was sprayed by spray after each treatment application.

To evaluate the effect of the factors on the growth variables (height, stem diameter and dry weight of leaves, stems and seedlings) six plants were selected for treatment, and to determine the mineral composition of the stem 20 plants were chosen to 38 days after sowing, and four composite repetitions, each with five seedlings, whose branches fractionated on leaves and stems they were integrated. In these organs chemical analysis was performed to determine the concentration of N, P, K, Ca and Mg, according to methodologies proposed by Motsara and Roy (2008). The variance analysis included the main factors and their interaction. Statistical analyzes were performed using SAS version 8 (SAS, 1999).

Results and discussion

Growth variables

The analysis of variance showed significant effects ($p \leq 0.05$) of NO₃⁻/anion interaction x K⁺/cations for seedling height (AP), stem diameter (DT) and stem dry weight (PST), while factor percentage ratio NO₃⁻/anions had statistical differences ($p \leq 0.05$) for leaf dry weight (PSH) and seedling dry weight (PSP) (Table 3). The AP obtained with three ratios NO₃⁻/anions were similar for relations 35 and 55/100 K⁺/cations, however, for the relationship 15/100 K⁺/cations ranged AP if ($p \leq 0.05$). The AP higher (26.7 and 27.5 cm) were obtained with the combinations 60 and 80/100 NO₃⁻/anions with 15/100 K⁺/cations (Table 4), attributed to increases N in the SN increase growth (Fageria, 2001). The AP is a basic indicator of the quality of seedling and according to Lazic *et al.* (1993), the AP tomato at transplant must be between 20 and 30 cm. In this study all combinations NO₃⁻/anions x K⁺/cations were suitable height values (22 to 27.5 cm).

The diameters of stems (DT) obtained with the three ratios NO₃⁻/anions were similar for the three ratios K⁺/cations (Table 4); however, analyzing the DT obtained with the three K⁺/cations relationships within each level of the ratio NO₃⁻/anions, it was observed that the higher DT (3.24 mm)

Cuadro 3. Efecto de la relación NO₃⁻/aniones y K⁺/cationes en la solución nutritiva en la altura (AP), diámetro de tallo (DT), peso seco de hojas (PSH), peso seco de tallos (PST) y peso seco de plántulas (PSP) de tomate.

Table 3. Effect of NO₃⁻/anions and K⁺/cation ratio in the nutrient solution in height (AP), stem diameter (DT), dry weight of leaves (PSH), dry weight of stems (PST) and weight seedling dry (PSP) tomato.

Factor	AP cm	DT mm	PSH g	PST g	PSP g
Relación porcentual de NO ₃ ⁻ /aniones					
40/100	25.17 b [†]	2.92 a	0.33 b	0.18 b	0.5 b
60/100	26.28 ab	2.95 a	0.34 ab	0.19 ab	0.53 ab
80/100	27.06 a	2.89 a	0.4 a	0.21 a	0.62 a
Relación porcentual de K ⁺ /cationes					
15/100	25.39 b	2.73 b	0.36 a	0.19 a	0.54 a
35/100	26.89 a	2.92 ab	0.35 a	0.2 a	0.55 a
55/100	26.22 ab	3.1 a	0.36 a	0.19 a	0.56 a
NO ₃ ⁻ /aniones X K ⁺ /cationes	**	*	ns	**	ns

[†]Medias con las mismas letras en cada columna y cada factor, son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05); ns= no significativo.

Cuadro 4. Efecto de la interacción NO₃⁻/aniones x K⁺/cationes en la solución nutritiva sobre la altura (AP), diámetro de tallo (DT) y el peso seco de tallo (PST) de plántulas de tomate.

Table 4. Effect of NO₃⁻/anion x K⁺/cation interaction in the nutrient solution on the height (AP), stem diameter (DT) and dry weight of stem (PST) of tomato seedlings.

Factor NO ₃ ⁻ /aniones x K ⁺ /cationes	AP cm	DT mm	PST g
40/100 x 15/100	22 b	2.52 c	0.14 b
60/100 x 15/100	26.7 a	2.8 abc	0.19 ab
80/100 x 15/100	27.5 a	2.88 abc	0.23 a
40/100 x 35/100	27.1 a	3.05 ab	0.21 a
60/100 x 35/100	26.8 a	2.97 abc	0.19 ab
80/100 x 35/100	26.7 a	2.74 bc	0.19 ab
40/100 x 55/100	26.2 a	3.24 a	0.19 ab
60/100 x 55/100	25.5 a	3 abc	0.18 ab
80/100 x 55/100	27 a	3.05 ab	0.21 a

Medias con las mismas letras en cada columna y cada factor, son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

Los diámetros de tallos (DT) obtenidos con las tres relaciones NO₃⁻/aniones fueron similares para las tres relaciones K⁺/cationes (Cuadro 4); sin embargo, al analizar los DT obtenidos con las tres relaciones K⁺/cationes dentro de cada nivel de la relación NO₃⁻/aniones, se observó que el mayor DT (3.24 mm) se obtuvo con la combinación 40/100 NO₃⁻/aniones y 55/100 K⁺/cationes, mientras que el menor DT (2.52 mm) fue obtenido con 40/100 NO₃⁻/aniones y 15/100 K⁺/cationes, equivalente a una mayor relación N/K. El DT es un buen indicador del vigor de las plántulas, ya que refleja directamente la acumulación de fotosintatos, los cuales pueden trasladarse a los sitios de demanda (Preciado *et al.*, 1992).

Además, un mayor DT previene el acame de las plantas por acción del viento en el campo (Orzolek, 1991), por lo que las plántulas obtenidas con la combinación 40/100 NO₃⁻/

was obtained with the combination 40/100 NO₃⁻/anion and 55/100 K⁺/cationes, while the less DT (2.52 mm) was obtained with 40/100 NO₃⁻/anion and 15/100 K⁺/cationes, equivalent to a higher ratio N/K. the DT is a good indicator of seedling vigor, as it directly reflects the accumulation of photosynthates, which can move to demand sites (Preciado *et al.*, 1992).

Furthermore, more DT prevents further flattens plants by wind in the field (Orzolek, 1991), so the plantlets obtained with the combination 40/100 NO₃⁻/anion and 15/100 K⁺/cationes have a lower quality and therefore less chance of success during transplantation, especially in areas with high wind conditions (Table 4). The PST obtained with the three ratios NO₃⁻/anions were similar for relations 35 and 55/100 K⁺/cationes. However, for the relationship 15/100 K⁺/cationes ranged PST if ($p \leq 0.05$).

aniones y 15/100 $\text{K}^+/\text{cationes}$ tienen una menor calidad y por lo tanto, menor posibilidad de éxito durante el trasplante, especialmente en áreas con condiciones de vientos fuertes (Cuadro 4). Los PST obtenidos con las tres relaciones $\text{NO}_3^-/\text{aniones}$ fueron similares para las relaciones 35 y 55/100 $\text{K}^+/\text{cationes}$. Sin embargo, para la relación 15/100 $\text{K}^+/\text{cationes}$ los PST variaron entre sí ($p \leq 0.05$).

El mayor PST (0.23 g) se obtuvo con la combinación 80/100 $\text{NO}_3^-/\text{aniones}$ x 15/100 $\text{K}^+/\text{cationes}$, mientras que el menor (0.14 g) fue obtenido con 40/100 $\text{NO}_3^-/\text{aniones}$ x 15/100 $\text{K}^+/\text{cationes}$; es decir, que al aumentar el N en el nivel 15/100 $\text{K}^+/\text{cationes}$ (mayor relación N/K) el PST aumentó significativamente ($p \leq 0.05$). Un mayor contenido de materia seca de los tallos proporciona mayor resistencia al frío y al ser menos suculentos por tener menor contenido de agua son menos quebradizos, lo que es importante para disminuir el estrés después del trasplante (Marković *et al.*, 1997). La relación porcentual de $\text{NO}_3^-/\text{aniones}$ en la SN aumentó ($p \leq 0.05$) el PSH y el PSP, donde los mayores valores (0.40 y 0.62 g) fueron obtenidos con la relación 80/100 $\text{NO}_3^-/\text{aniones}$ y los menores valores (0.33 y 0.50 g) se obtuvieron con 40/100 $\text{NO}_3^-/\text{aniones}$ (Cuadro 3), valor que posiblemente no cubrió la demanda de N de las plántulas, lo que redujo el PSH y el PSP.

Concentración de nutrimentos en hojas

La interacción $\text{NO}_3^-/\text{aniones}$ x $\text{K}^+/\text{cationes}$ fue significativa ($p \leq 0.01$) para la concentración de Ca en hojas, mientras que el factor relación porcentual $\text{NO}_3^-/\text{aniones}$ en la SN afectó la concentración de N, P y K, y la relación $\text{K}^+/\text{cationes}$ fue diferente para N, K y Mg (Cuadro 5). No hubo efecto en las concentraciones de Ca obtenidas con las tres relaciones $\text{NO}_3^-/\text{aniones}$ para la relación 55/100 $\text{K}^+/\text{cationes}$, pero hubo diferencias para las relaciones 15 y 35/100 $\text{K}^+/\text{cationes}$. En estas dos relaciones $\text{K}^+/\text{cationes}$ los mayores valores (2.11 y 1.87% de Ca) se obtuvieron con 80/100 $\text{NO}_3^-/\text{aniones}$, las cuales fueron significativamente mayores a las concentraciones de Ca obtenidas con 40 y 60/100 $\text{NO}_3^-/\text{aniones}$ (Figura 1).

Estos resultados indican que aumentar la relación N/K en las relaciones bajas e intermedias de $\text{K}^+/\text{cationes}$ (15 y 35/100), incrementó la absorción de Ca en las hojas (Figura 1), lo que puede ser atribuido a las menores concentraciones de K, ya que este nutrimento cuando está presente en concentraciones elevadas tiene una movilidad alta y reduce la absorción de Ca (Kavvadias *et al.*, 2012; Fageria, 2001). La concentración

The greater PST (0.23 g) was obtained with the combination 80/100 $\text{NO}_3^-/\text{anions}$ x 15/100 $\text{K}^+/\text{cations}$, while the lowest (0.14 g) was obtained with 40/100 $\text{NO}_3^-/\text{anions}$ x 15/100 $\text{K}^+/\text{cations}$; i.e., that increasing the N level 15/100 $\text{K}^+/\text{cations}$ (higher ratio N/K) the PST significantly ($p \leq 0.05$). A higher dry matter content of the stems provides greater resistance to cold and less succulent to have lower water content are less brittle, so it is important to reduce stress after transplantation (Marković *et al.*, 1997). The percentage ratio of $\text{NO}_3^-/\text{anions}$ in the SN increased ($p \leq 0.05$) the PSH and the PSP, where the highest values (0.40 and 0.62 g) were obtained with the ratio 80/100 $\text{NO}_3^-/\text{anions}$ and lower values (0.33 and 0.50 g) were obtained with 40/100 $\text{NO}_3^-/\text{anions}$ (Table 3), a value that may not cover the demand for N of seedlings, reducing the PSH and PSP.

Nutrient concentration in leaves

The interaction $\text{NO}_3^-/\text{anion}$ x K^+/cation was significant ($p \leq 0.01$) for the Ca concentration in leaves, while percentage ratio $\text{NO}_3^-/\text{anions}$ factor in the SN affected the concentration of N, P and K, and ratio $\text{K}^+/\text{cations}$ was different for N, K and Mg (Table 5). There was no effect on Ca concentrations obtained with the three $\text{NO}_3^-/\text{anion}$ ratio relationships for 55/100 $\text{K}^+/\text{cations}$, but there were differences for relations 15 and 35/100 $\text{K}^+/\text{cations}$. In these two ratios $\text{K}^+/\text{cations}$ higher values (2.11 and 1.87% Ca) were obtained with 80/100 $\text{NO}_3^-/\text{anions}$, which were significantly higher concentrations of Ca obtained with 40 and 60/100 $\text{NO}_3^-/\text{anion}$ (Figure 1).

These results indicate that increasing the ratio N / K in the low and intermediate ratios $\text{K}^+/\text{cations}$ (15 and 35/100), increased Ca absorption in the leaves (Figure 1), which can be attributed to lower concentrations K, as this nutriment when present in high concentrations has a high mobility and reduces absorption of Ca (Fageria, 2001; Kavvadias *et al.*, 2012). The concentration of N in the leaves presented a linear trend with $\text{NO}_3^-/\text{anions}$ factor, because by increasing the percentage ratio $\text{NO}_3^-/\text{anions}$ in the SN, the N concentrations in the leaves increased, and the highest concentration (4.93% of N) was obtained with 80/100 $\text{NO}_3^-/\text{anions}$ and the lowest (4.42% N) was obtained with 40/100 $\text{NO}_3^-/\text{anions}$ (Table 5).

There was a negative trend between $\text{NO}_3^-/\text{anion}$ ratio in the NS and P concentrations in leaves, because by increasing the ratio $\text{NO}_3^-/\text{anion}$ concentrations P were significantly reduced ($p \leq 0.05$), so the highest value (0.81% of P) was obtained with 40/100 $\text{NO}_3^-/\text{anions}$ and the lowest (0.45% of P) was obtained with 80/100 $\text{NO}_3^-/\text{anions}$ (Table 5). This reduction in the concentration of P, possibly arising from a

de N en las hojas presentó una tendencia lineal con el factor NO₃⁻/aniones, porque al incrementar la relación porcentual NO₃⁻/aniones en la SN, las concentraciones de N en las hojas aumentaron, y la mayor concentración (4.93% de N) se obtuvo con 80/100 NO₃⁻/aniones y la menor (4.42% de N) fue obtenida con 40/100 NO₃⁻/aniones (Cuadro 5).

dilution effect due to increased production of dry matter in the leaves, developed in the relationship 80/100 NO₃⁻/anions (Table 3). In addition to this, the extraction of P by leaves from the relationship 80/100 NO₃⁻/anions had the lowest value (1.85 mg plant⁻¹), which provides further evidence of the effect of dilution (Table 6).

Cuadro 5. Efecto de la relación NO₃⁻/aniones y K⁺/cationes en la solución nutritiva y la concentración de nutrimentos en hojas de plantas de tomate.

Table 5. Effect of NO₃⁻/anions and K⁺/cation ratio in the nutrient solution and the concentration of nutrients in leaves of tomato plants.

Factor	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
Relación porcentual de NO ₃ ⁻ /aniones					
40/100	4.42 b	0.81 a	4.4 b	1.04 b	0.7 a
60/100	4.8 a	0.61 b	4.93 a	1.04 b	0.72 a
80/100	4.93 a	0.45 c	4.42 ab	1.62 a	0.69 a
Relación porcentual de K ⁺ /cationes					
15/100	4.87 a	0.64 a	3.67 c	1.59 a	0.88 a
35/100	4.52 b	0.61 a	4.24 b	1.31 b	0.76 b
55/100	4.76 ab	0.62 a	5.83 a	0.81 c	0.49 c
NO ₃ ⁻ /aniones X K ⁺ /cationes	ns	ns	ns	**	ns

Medias con letras iguales en cada columna para cada factor, son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05); ns= no significativo.

Hubo una tendencia negativa entre la relación NO₃⁻/aniones en la SN y las concentraciones de P en las hojas, debido a que al incrementar la relación NO₃⁻/aniones las concentraciones de P fueron reducidas significativamente (*p* ≤ 0.05), por lo que el mayor valor (0.81% de P) se obtuvo con 40/100 NO₃⁻/aniones y el menor (0.45% de P) fue obtenido con 80/100 NO₃⁻/aniones (Cuadro 5). Esta reducción en la concentración de P, posiblemente se origine por un efecto de dilución, debido a la mayor producción de materia seca en las hojas, desarrolladas en la relación 80/100 NO₃⁻/aniones (Cuadro 3). Aunado a lo anterior, la extracción de P por las hojas provenientes de la relación 80/100 NO₃⁻/aniones tuvieron el menor valor (1.85 mg planta⁻¹), lo que aporta más evidencias del efecto de dilución (Cuadro 6).

Hubo una tendencia cuadrática entre las relaciones NO₃⁻/aniones y las concentraciones de K, ya que al incrementar de 40/100 a 60/100 NO₃⁻/aniones en la SN las concentraciones de K en hojas aumentaron (*p* ≤ 0.05); sin embargo, con 80/100 NO₃⁻/aniones, la concentración de K disminuyó, respecto a 40/100 NO₃⁻/aniones (Cuadro 5), debido posiblemente al efecto de dilución discutido anteriormente. Las concentraciones de K en hojas se incrementaron linealmente (una concentración mayor de K podría aumentar

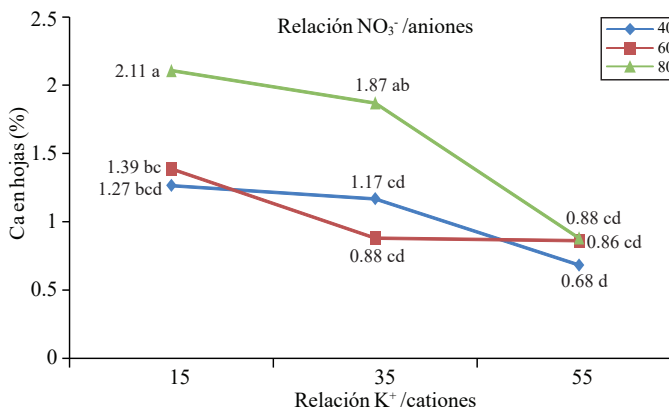


Figura 1. Efecto de la interacción NO₃⁻/aniones x K⁺/cationes en la solución nutritiva y la concentración de Ca en hojas de tomate cv. 3832. Puntos con letras diferentes en una columna y en una línea son estadísticamente diferentes (*p* ≤ 0.05).

Figure 1. Effect of NO₃⁻/ anion x K⁺/cation interaction in the nutrient solution and the concentration of Ca in leaves of tomato cv. 3832. Points with different letters in a column and a line are statistically different (*p* ≤ 0.05).

There was a tendency quadratic relationships NO₃⁻/anions and K concentrations, and that increasing 40/100 to 60/100 of NO₃⁻/anions in the SN concentrations K in leaves increased (*p* ≤ 0.05); however, 80/100 NO₃⁻/anions, the K concentration

(%) de K en las hojas), con las relaciones K⁺/cationes en la SN; la mayor concentración (5.83%) se obtuvo con 55/100 K⁺/cationes y la menor (3.67%) con 15/100 K⁺/cationes. Se presentó una tendencia negativa entre la relación K⁺/cationes y las concentraciones de Mg en hojas, debido a que las concentraciones de Mg se redujeron con los aumentos en la relación K⁺/cationes, indicando antagonismo entre K y Mg (Fageria, 2001), ya que el menor valor (0.49% de Mg) se obtuvo con 55/100 K⁺/cationes y el mayor (0.88% de Mg) fue obtenido con 15/100 K⁺/cationes (Cuadro 5). La relación K⁺/cationes afectó ($p \leq 0.05$) la concentración de N en hojas donde la mayor concentración (4.87%) se obtuvo con la relación 15/100 K⁺/cationes y la menor (4.52%) con 35/100 K⁺/cationes (Cuadro 5).

Concentración de nutrimentos en tallos

La interacción NO₃⁻/aniones x K⁺/cationes fue altamente significativa ($p \leq 0.01$) para las concentraciones de N, P, K y significativa ($p \leq 0.05$) para Mg, mientras que la relación NO₃⁻/aniones lo fue ($p \leq 0.05$) para la concentración de Ca (Cuadro 6). Las concentraciones de N obtenidas con las tres relaciones NO₃⁻/aniones fueron iguales para la relación 55/100 K⁺/cationes, pero para las relaciones 15 y 35/100 K⁺/cationes hubo diferencias (Cuadro 7). Para estas dos relaciones K⁺/cationes al aumentar la relación NO₃⁻/aniones en la solución nutritiva, las concentraciones de N tuvieron incrementos significativos. Las concentraciones de P obtenidas con las tres relaciones fueron diferentes para las tres relaciones K⁺/cationes.

Cuadro 6. Efecto de la relación NO₃⁻/aniones y K⁺/cationes en la solución nutritiva y la concentración de nutrimentos en tallos de plantas de tomate.

Table 6. Effect of NO₃⁻/anions and K⁺/cation ratio in the nutrient solution and the concentration of nutrients in stems of tomato plants.

Factor	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
Relación porcentual de NO ₃ ⁻ /aniones					
40/100	3.31 b	0.47 a	7.32 a	0.54 b	0.42 b
60/100	3.49 b	0.41 a	6.96 a	0.54 b	0.46 b
80/100	3.95 a	0.26 b	5.61 b	0.84 a	0.62 a
Relación porcentual de K ⁺ /cationes					
15/100	4.32 a	0.35 b	6.18 b	0.69 a	0.61 a
35/100	3.08 b	0.45 a	6.18 b	0.57 a	0.52 b
55/100	3.34 b	0.34 b	7.71 a	0.66 a	0.37 c
NO ₃ ⁻ /aniones x K ⁺ /cationes	**	**	**	ns	*

Medias con letras iguales en cada columna para cada factor, son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05); ns = no significativo.

decreased, concerning at 40/100 NO₃⁻/anions (Table 5), possibly due to the dilution effect discussed above. The K concentrations increased linearly sheet (a higher concentration of K could increase (%) of K in the leaves), with K⁺/cation relations in the SN; the highest concentration (5.83%) was obtained 55/100 K⁺/cationes and lower (3.67%) with 15/100 K⁺/cationes. A negative trend was introduced between the K⁺/cationes and Mg concentrations in leaves, because the Mg concentrations decreased with increases in the K⁺/cationes, indicating antagonism between K and Mg (Fageria, 2001), as the lower value (0.49% Mg) was obtained 55/100 K⁺/cationes and greater (0.88% Mg) was obtained with 15/100 K⁺/cationes (Table 5). The K⁺/cation ratio affected ($p \leq 0.05$) the N concentration in leaves where the highest concentration (4.87%) was obtained with the ratio 15/100 K⁺/cationes and the lowest (4.52%) with 35/100 K⁺/cationes (Table 5).

Nutrient concentration stems

The interaction NO₃⁻/anion x K⁺/cation was highly significant ($p \leq 0.01$) for concentrations of N, P, K and significant ($p \leq 0.05$) for Mg, while the ratio NO₃⁻/anions was ($p \leq 0.05$) for the concentration of Ca (Table 6). The N concentrations obtained with three ratios NO₃⁻/anion ratio were equal to 55/100 K⁺/cationes, but for relations 15 and 35/100 K⁺/cationes were differences (Table 7). For these two ratios K⁺/cationes to increase NO₃⁻/anion ratio in the nutrient solution, the concentrations of N had significant increases. The concentrations of P obtained with three ratios were different for the three relations K⁺/cationes.

Cuadro 7. Efecto de la interacción $\text{NO}_3^-/\text{aniones} \times \text{K}^+/\text{cationes}$ en la solución nutritiva en la concentración de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y magnesio (Mg) en tallos de plántulas de tomate.

Table 7. Effect of $\text{NO}_3^-/\text{anions} \times \text{K}^+/\text{cations}$ interaction in the nutrient solution in the concentration of nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K) and magnesium (Mg) in stems of tomato seedlings.

Factor	N (%)	P (%)	K (%)	Mg (%)
$\text{NO}_3^-/\text{aniones} \times \text{K}^+/\text{cationes}$				
40/100 x 15/100	3.8 b	0.55 ab	6.7 bc	0.57 abc
60/100 x 15/100	4.57 a	0.29 cde	7.47 abc	0.62 ab
80/100 x 15/100	4.6 a	0.2 de	3.93 e	0.63 ab
40/100 x 35/100	2.82 d	0.6 a	6.53 bc	0.4 cd
60/100 x 35/100	2.82 d	0.6 a	6.9 bc	0.45 bcd
80/100 x 35/100	3.6 bc	0.14 e	4.87 de	0.7 a
40/100 x 55/100	3.3 bcd	0.26 de	8.73 a	0.28 d
60/100 x 55/100	3.07 cd	0.34 cd	6.37 cd	0.31 d
80/100 x 55/100	3.65 bc	0.43 bc	8.03 ab	0.53 abc

Medias con letras iguales en cada columna, son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05).

Para las relaciones 15 y 35/100 $\text{K}^+/\text{cationes}$ al aumentar las relaciones $\text{NO}_3^-/\text{aniones}$ las concentraciones de P fueron reducidas, y los menores valores (0.20 y 0.14% de P) fueron obtenidos con 80/100 $\text{NO}_3^-/\text{aniones}$ y 15 ó 35/100 $\text{K}^+/\text{cationes}$. En contraste, para la relación 55/100 $\text{K}^+/\text{cationes}$, la mayor concentración de P (0.43 %) se obtuvo con 80/100 $\text{NO}_3^-/\text{aniones}$ y la menor (0.26 % de P) con 40/100 $\text{NO}_3^-/\text{aniones}$ (Cuadro 7). Las concentraciones de K obtenidas con las tres relaciones $\text{NO}_3^-/\text{aniones}$ fueron diferentes ($p \leq 0.01$) para las tres relaciones $\text{K}^+/\text{cationes}$. Para las relaciones 15 y 35/100 $\text{K}^+/\text{cationes}$ los mayores valores (7.47 y 6.90% de K) se obtuvieron con 60/100 $\text{NO}_3^-/\text{aniones}$ y al incrementar la relación a 80/100 $\text{NO}_3^-/\text{aniones}$ en la SN, para ambas relaciones $\text{K}^+/\text{cationes}$, las concentraciones de K en los tallos fueron reducidas significativamente ($p \leq 0.01$).

Para la relación 55/100 $\text{K}^+/\text{cationes}$ los mayores valores (8.73 y 8.03% de K) se obtuvieron con 40 y 80/100 $\text{NO}_3^-/\text{aniones}$ y el menor valor (6.37% de K) con 60/100 $\text{NO}_3^-/\text{aniones}$ (Cuadro 7). Las concentraciones de Mg obtenidas con las tres relaciones $\text{NO}_3^-/\text{aniones}$ no presentaron diferencias para la relación 15/100 $\text{K}^+/\text{cationes}$; sin embargo, para las relaciones 30 y 45/100 $\text{K}^+/\text{cationes}$ si hubo diferencias ($p \leq 0.05$). En estas dos relaciones $\text{K}^+/\text{cationes}$ los mayores valores (0.70 y 0.53% de Mg) se obtuvieron con 80/100 $\text{NO}_3^-/\text{aniones}$, mientras que los menores (0.40 y 0.28% de Mg) fueron obtenidos con 40/100 $\text{NO}_3^-/\text{aniones}$ y 30 ó 45/100 $\text{K}^+/\text{cationes}$.

Las interacciones de N, P, K y Mg encontradas en el presente estudio, coincide con Fageria (2001) quien menciona que las interacciones de los nutrientes en las

For relations 15 and 35/100 $\text{K}^+/\text{cationes}$ to increase relations $\text{NO}_3^-/\text{anion}$ the P concentrations were reduced, and the lowest values (0.20 and 0.14% of P) were obtained with 80/100 $\text{NO}_3^-/\text{anions}$ and 15 35/100 or $\text{K}^+/\text{cations}$. In contrast, for the relationship 55/100 $\text{K}^+/\text{cations}$, the highest concentration of P (0.43%) was obtained with 80/100 $\text{NO}_3^-/\text{anions}$ and the lowest (0.26% of P) with 40/100 $\text{NO}_3^-/\text{anions}$ (Table 7). The K concentrations obtained with three ratios $\text{NO}_3^-/\text{anions}$ were different ($p \leq 0.01$) for all three relations $\text{K}^+/\text{cations}$. For relations 15 35/100 $\text{K}^+/\text{cations}$ higher values (7.47 and 6.90% of K) was obtained with 60/100 $\text{NO}_3^-/\text{anions}$ and by increasing the ratio 80/100 $\text{NO}_3^-/\text{anions}$ in the SN, for both ratios $\text{K}^+/\text{cations}$, K concentrations in the stems were reduced significantly ($p \leq 0.01$).

For the relation 55/100 $\text{K}^+/\text{cations}$ higher values (8.73 and 8.03% K) was obtained with 40 and 80/100 $\text{NO}_3^-/\text{anions}$ and the lowest value (6.37% of K) with 60/100 $\text{NO}_3^-/\text{anion}$ (Table 7). The Mg concentrations obtained with the three ratios $\text{NO}_3^-/\text{anions}$ did not differ for the relationship 15/100 $\text{K}^+/\text{cations}$; however, for relationships 30 and 45/100 $\text{K}^+/\text{cations}$ if there were differences ($p \leq 0.05$). In these two ratios $\text{K}^+/\text{cations}$ the highest values (0.70 and 0.53% of Mg) were obtained with 80/100 $\text{NO}_3^-/\text{anions}$, while the lowest (0.40 and 0.28% of Mg) were obtained with 40/100 $\text{NO}_3^-/\text{anions}$ and 30 or 45/100 $\text{K}^+/\text{cations}$.

The interactions of N, P, K and Mg found in the present study coincides with Fageria (2001) who mentions that interactions of nutrients in plants are complex and can induce deficiencies, toxicities, modify crop response and alter the nutritional composition and that understanding

plantas son complejas y que pueden inducir deficiencias, toxicidades, modificar la respuesta del cultivo y alterar la composición nutrimental y que el entender estas interacciones es importante para suministrar en forma balanceada los nutrientes. Las concentraciones de Ca en los tallos fueron afectados por la relación porcentual NO₃⁻/aniones en la SN donde el mayor valor (0.84% de Ca) fue obtenido con 80/100 NO₃⁻/aniones y el menor (0.54 % de Ca) se obtuvo con 40 o 60/100 NO₃⁻/aniones (Cuadro 6). Este resultado coincide con lo reportado por otros autores (Marschner, 1995; Mengel y Kirkby, 2000) quienes mencionan que las plantas que absorben preferencialmente los nitratos contienen niveles altos de cationes, entre los cuales está el calcio.

Extracción de nutrimentos por hojas

Las extracciones de N, K y Ca fueron diferentes para la relación porcentual NO₃⁻/aniones en la SN, donde las mayores extracciones se lograron con 80/100 NO₃⁻/aniones y las menores fueron obtenidas con 40/100 NO₃⁻/aniones. Estos resultados se debieron al mayor peso seco de las hojas y a las mayores concentraciones de N, K y Ca en esos órganos vegetales. La relación porcentual K⁺/cationes afectó estadísticamente ($p \leq 0.05$) las extracciones de K, Ca y Mg, donde la mayor extracción de K (19.56 mg planta⁻¹) se logró con 55/100 K⁺/cationes y la menor (13.46 mg planta⁻¹) con 15/100 K⁺/cationes, sin embargo, la relación 55/100 K⁺/cationes disminuyó significativamente las extracciones de Ca y de Mg, lo cual es un reflejo del antagonismo del K sobre la absorción de Ca y Mg.

Extracción de nutrimentos por tallos

La interacción NO₃⁻/aniones x K⁺/cationes fue significativa para las extracciones de N, P y K. Las extracciones obtenidas con las tres NO₃⁻/aniones fueron iguales ($p \geq 0.05$) para las relaciones 35 y 55/100 K⁺/cationes, aunque para 15/100 K⁺/cationes hubo diferencias ($p \leq 0.05$), ya que la mayor extracción (11.09 mg planta⁻¹) se obtuvo con 80/100 NO₃⁻/aniones y la menor (5.42 mg planta⁻¹) con 40/100 NO₃⁻/aniones. Las extracciones de P obtenidas con las tres relaciones NO₃⁻/aniones no presentaron diferencias para las relaciones 15 y 55/100 K⁺/cationes, sin embargo para la relación 35/100 K⁺/cationes si hubo cambios ($p \leq 0.01$), donde los mayores valores (1.21 y 1.21 mg planta⁻¹) fueron obtenidos con 40 y 60/100 NO₃⁻/aniones y la menor extracción (0.28 mg planta⁻¹) se obtuvo con 80/100 NO₃⁻/aniones.

these interactions is important in a balanced way to supply nutrients. The concentrations of Ca in stems were affected by the percentage ratio NO₃⁻/anions in the SN where the highest value (0.84% Ca) was obtained with 80/100 NO₃⁻/anions and the lowest (0.54% of Ca) it scored with 40 or 60/100 NO₃⁻/anions (Table 6). This result agrees with that reported by other authors (Marschner, 1995; Mengel and Kirkby, 2000) who mentioned that plants absorb nitrates preferentially contain high levels of cations, among which is calcium.

Nutrient uptake by leaves

The extractions of N, K and Ca were different for the percentage ratio NO₃⁻/anions in the SN, where the largest withdrawals were achieved with 80/100 NO₃⁻/anions and minors were obtained with 40/100 NO₃⁻/anions. These results were due to increased dry weight of the leaves and at the highest concentrations of N, K and Ca in those plant organs. The percentage ratio K⁺/cationes affected statistically ($p \leq 0.05$) the extractions of K, Ca and Mg, where most extraction K (19.56 mg plant⁻¹) was achieved with 55/100 K⁺/cationes and the lowest (13.46 mg plant⁻¹) with 15/100 K⁺/cationes, however, the relationship 55/100 K⁺/cationes significantly decreased extractions Ca and Mg, which is a reflection of K on antagonism uptake of Ca and Mg.

Nutrient uptake by stems

The interaction NO₃⁻/anions x K⁺/cationes was significant for extractions of N, P and K. The extractions obtained with the three NO₃⁻/anions were equal ($p \geq 0.05$) relations 35 and 55/100 K⁺/cationes, although 15/100 K⁺/cationes there were differences ($p \leq 0.05$), as most mining (11.09 mg plant⁻¹) was obtained with 80/100 NO₃⁻/anions and the lowest (5.42 mg plant⁻¹) with 40/100 NO₃⁻/anions. The P extractions obtained with the three ratios NO₃⁻/anions did not differ for relations 15 and 55/100 K⁺/cationes, however for the relationship 35/100 K⁺/cationes if there were changes ($p \leq 0.01$), where higher values (1.21 and 1.21 mg plant⁻¹) were obtained with 40 and 60/100 NO₃⁻/anions and lower extraction (0.28 mg plant⁻¹) was obtained with 80/100 NO₃⁻/anions.

Conclusions

The interaction between NO₃⁻/anions and K⁺/cationes in the nutrient solution affected ($p \leq 0.05$) the seedling height, diameter, dry weight and stem concentrations

Conclusiones

La interacción entre NO_3^- /aniones y K^+ /cationes en la solución nutritiva afectó ($p \leq 0.05$) la altura de plántula, el diámetro, el peso seco de tallo y las concentraciones de N, P y de K en el tallo, por lo que en la selección de plántulas de tomate para el trasplante en campo abierto debe de considerarse el efecto de dicha interacción sobre estas variables del crecimiento, así como también el estado nutrimental de las plántulas y las condiciones ambientales (viento y temperatura) del área de producción.

Agradecimientos

A la Universidad Autónoma de Sinaloa por su apoyo financiero, a través del Programa de Fortalecimiento y Apoyo a Proyectos de Investigación (PROFAPI-2012).

Literatura citada

- Fageria, V. D. 2001. Nutrient interactions in crops plants. *J. Plant Nutr.* 24:1269-1290.
- Hawkesford, M.; Horst, W.; Kichey, T.; Lambers, H.; Schjoerring, J.; Skrumsager, M. I. and White, P. 2012. Functions of macronutrients. In: Marscher, P. (Ed.). *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants*. 3th (Ed.). Academic Press, London. 135-189 pp.
- Kavvadias, V.; Paschalidis, C.; Akrivos, G. and Petropoulos, D. 2012. Nitrogen and Potassium Fertilization Responses of Potato (*Solanum tuberosum*) cv. Spunta. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 43:176-189.
- Lazic, B.; Djurovka, M. and Markovic, V. 1993. *Povrtarstvo*, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet. 336-378 pp.
- Marković, V.; Djurovka, M. and Illin, Z. 1997. The effect of seedling quality on tomato yield, plant and fruit characteristics. *Acta Hort.* 462:3-167.

of N, P and K in the stem, so that the selection of tomato seedlings for transplanting in open field should be considered the effect of that interaction on these variables of growth, as well as the nutritional status of seedlings and environmental conditions (wind and temperature) of the production area.

End of the English version



- Marschner, H. 1995. *Mineral nutrition of higher plants*. 2nd. edition. Academic Press, N. Y. 299-312 pp.
- Mengel, K. y Kirkby, E. A. 2000. *Principios de nutrición vegetal. Traducción al Español de la 4^a edición (1987) Melgar, de R.J. y Ruiz, M. International Potash Institute. Basel, Switzerland. 135-146 pp.*
- Motsara, M. R. and Roy, R. N. 2008. *Guide to laboratory establishment for plant nutrient analysis. FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin 19. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. 220 p.*
- Orzolek, M. D. 1991. Establishment of vegetables in the field. *Hort. Tech.* 1:78-81.
- Parra, T. S.; Salas, N. E.; Villarreal, R. M.; Hernández, V. S. y P. Sánchez. P. 2010. Relaciones nitrato/amonio/urea y concentraciones de potasio en la producción de plántulas de tomate. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 16:37-46.
- Parra, T. S.; Mendoza, P. G. y Villarreal, R. M. 2012. Relación nitrato/amonio/urea y concentración de potasio en la producción de tomate hidropónico. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 3(1):113-124.
- Preciado, R. P.; Baca, C. G. A.; Tirado, T. J. L.; Kohashi, S. J.; Tijerina, C. L. & Martínez, G. A. 2002. Nitrógeno y potasio en la producción de plántulas de melón. *Terra.* 20:67-276.
- Resh, H. M. 1992. *Cultivos hidropónicos: Nuevas técnicas de producción. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 369 p.*
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) 2012. *Productividad Agropecuaria. Subsecretaría de Alimentación y Competitividad. Dirección General de Logística y Alimentación.*
- SAS. 1999. *Statistical Analysis System (SAS) Version 8. Cary, N. C. USA.*
- Steiner, A. A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant Soil.* 15:134-154.
- Steiner, A. A. 1984. *The universal nutrient solution. Sixth Int. Congr. on Soilless Culture. ISOSC Proceeding. The Netherlands. 633-649 pp.*