

## Efecto del nitrato de calcio y sustratos en el rendimiento del tomate\*

### Effect of calcium nitrate and substrates on tomato yield

Leonardo Martínez Martínez, Vicente Arturo Velasco Velasco<sup>§</sup>, Judith Ruiz Luna, José Raymundo Enríquez-del Valle, Gisela Virginia Campos Ángeles y María Lesly Montaña Lugo

Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca. Ex-Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México. C. P. 71230. Tely Fax. 51 7 07 88/51 7 04 44. (laco329@hotmail.com; judithruizl@hotmail.com; jenriquezdelvalle@yahoo.com; giscampos@gmail.com; less\_yoonly@hotmail.com). <sup>§</sup>Autor para recibir correspondencia: vicvel5@hotmail.com.

#### Resumen

El tomate es una hortaliza de alto consumo a nivel mundial, razón por la cual, se realizan diversas investigaciones que permitan su producción óptima en invernaderos con un aprovechamiento eficiente de recursos locales accesibles, así como de materiales inertes de bajo costo con características como drenaje y aireación suficiente para las raíces. Lo anterior, para garantizar la absorción nutrimental, supervivencia y desarrollo óptimo de las plantas. En un invernadero ubicado en Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, durante 2011 se evaluó el rendimiento y la calidad de tres híbridos de tomate (Aníbal, Cid y Sun 7705) en dos sustratos (arena y suelo), irrigadas con solución universal de Steiner con variación del nitrato de calcio  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  en seis niveles (0.35, 1.06, 1.41, 1.77, 2.12 y 2.47  $\text{g L}^{-1}$ ). La interacción de los niveles anteriores dio como resultado 36 tratamientos, estos se establecieron en un diseño completamente al azar con diez repeticiones. La solución nutritiva con 1.06  $\text{g L}^{-1}$  (12  $\text{me L}^{-1}$  de  $\text{NO}_3^-$  y 9  $\text{me L}^{-1}$  de  $\text{Ca}^{2+}$ ) tuvo efectos significativos mayores en el rendimiento de frutos del híbrido Aníbal establecido en el sustrato suelo (3726  $\text{g planta}^{-1}$ ); y en el peso (96.4 g), volumen (97.2 mL) y diámetro polar (6.4 cm) de frutos de las plantas independientemente de los híbridos y sustrato. Asimismo, se observó que las plantas a las que se aplicó

#### Abstract

The tomato is a vegetable of high consumption globally, reason why, various researches are performed to allow optimum production in greenhouses with efficient use of available local resources as well as low cost of inert materials with characteristics such as drainage and sufficient aeration for the roots; the latter to ensure nutrient absorption, survival and optimum development of plants. In a greenhouse located in Nazareth, Xoxocotlán, Oaxaca, in 2011 was evaluated the yield and quality of three hybrids of tomato (Anibal, Cid and Sun 7705) in two substrates (sand and soil), irrigated with Steiner universal nutrient solution with variation of calcium nitrate  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  in six levels (0.35, 1.06, 1.41, 1.77, 2.12 and 2.47  $\text{g L}^{-1}$ ). The interaction of previous levels resulted in 36 treatments; these were established in completely randomized design with ten replicates. The nutrient solution with 1.06  $\text{g L}^{-1}$  (12  $\text{me L}^{-1}$  of  $\text{NO}_3^-$  and 9  $\text{me L}^{-1}$   $\text{Ca}^{2+}$ ) had significant effects higher in fruit yield of hybrid Anibal established in the soil substrate (3726  $\text{g plant}^{-1}$ ) and in weight (96.4 g), volume (97.2 mL) and polar diameter (6.4 cm) of fruits of plants independently of hybrids and substrate. It was also noted that plants which was applied nutrient solution doses superior to these, showed decreasing values in yield and in fruit quality.

\* Recibido: octubre de 2012  
Aceptado: febrero de 2013

solución nutritiva con dosis superiores a ésta, presentaron valores decrecientes en el rendimiento y en las variables de calidad del fruto.

**Palabras clave:** *Lycopersicon esculentum*, fertirriego, híbridos.

## Introducción

El tomate ocupa el segundo lugar de importancia respecto a las hortalizas que más se consumen en el mundo, sólo superado por la papa (Avendaño y Acosta, 2008). El fruto es rico en licopeno, sustancia que previene y combate el cáncer, además contiene el antioxidante glutatión, éste depura al organismo de productos tóxicos e impide la acumulación de metales pesados (Jaramillo *et al.*, 2007). En México durante el año 2010 se sembraron 54 511 ha, con una cosecha de 2 277 791 t, de las cuales, Sinaloa, Michoacán, Baja California y Zacatecas fueron los estados que aportaron 50% del total de la producción nacional (INEGI, 2011). El tomate es sin duda, la principal hortaliza con la que México ha desarrollado la industria hortofrutícola, tanto para abastecer el mercado interno como para exportar hacia los Estados Unidos de América (Macías, 2003).

Actualmente la tendencia de producción del tomate es realizarla en condiciones de invernadero, en donde se pretende mejorar las condiciones ambientales para incrementar la producción de alimentos en menor espacio. Además, en la conversión de ecosistemas en apariencia improductivos, en grandes y modernas producciones agrícolas, con el uso eficiente del agua y la generación de empleos fijos.

Dentro de los nutrimentos esenciales, el nitrógeno es el más importante ya que aunque la planta cuente con un abastecimiento adecuado del resto de los elementos minerales, su ausencia se manifiesta con un crecimiento, desarrollo y producción deficientes. Para el cultivo del tomate, es el elemento con mayores efectos en su crecimiento y producción, ya que el suministro de nitrógeno dentro de un intervalo óptimo, entre otras funciones importantes, promueve la formación de flores y frutos, mejora el color y tamaño del fruto; así mismo, regula la maduración (Jaramillo *et al.*, 2007). Por otra parte, ante su ausencia, la planta desarrolla tallos de menor diámetro, área foliar pequeña y con menor clorofila, por lo que su apariencia se torna en verde pálido (Moya, 2002). De igual manera, la planta se

**Key words:** *Lycopersicon esculentum* L., fertigation, hybrids.

## Introduction

The tomato is second of importance regarding the most consumed vegetables in the world, second only to the potato (Avendano and Acosta, 2008). The fruit is rich in lycopene, a substance that prevents and fights cancer, contains the antioxidant glutathione, cleanses the body of toxins and prevents the accumulation of heavy metals (Jaramillo *et al.*, 2007). In Mexico in 2010 were planted 54 511 ha, with a harvest of 2 277,791 t, of which, Sinaloa, Michoacán, Baja California and Zacatecas were the states that contributed 50% of total domestic production (INEGI, 2011). The tomato is undoubtedly the main vegetable with which Mexico has developed horticultural industry, both to supply the domestic market and to export to the United States of America (Macias, 2003).

Currently the trend of production tomato is to make it under greenhouse conditions, where it aims to improve the environmental conditions to increase food production in less space; in addition, the conversion of seemingly unproductive ecosystems in large and modern agricultural production with efficient water use and the generation of permanent jobs.

Among the essential nutrients, nitrogen is the most important because, although the plant counts with adequate supplies of other minerals, its absence is manifested with deficient growth, development and production. For tomato, N is the element with greater effects on growth and production, since nitrogen supply within an optimal range, among other important functions, promotes the formation of flowers and fruit, improves color and fruit size, likewise, regulates ripening (Jaramillo *et al.*, 2007). Moreover, in its absence, the plant develops smaller diameter stems, small leaf area and less chlorophyll, so its appearance becomes pale green (Moya, 2002). Similarly, the plant becomes susceptible to the proliferation of some pathogens such as *Phytophthora infestans* (Rubio-Covarrubias *et al.*, 2005).

Nutrient deficiency not only affects crops, excess hurt them also. In the case of nitrogen, an excess causes an exaggerated vegetative growth, succulents, undeveloped

torna susceptible a la proliferación de algunos patógenos como *Phytophthora infestans* (Rubio-Covarrubias *et al.*, 2005).

La deficiencia de nutrientes no sólo afecta a los cultivos, los excesos de ellos también los perjudican. En el caso del nitrógeno, un exceso produce un crecimiento vegetativo exagerado, plantas suculentas, raíces poco desarrolladas y retardo en la maduración de los frutos (Navarro, 2000). También el exceso de N disuelto en el agua puede causar trastornos negativos en el equilibrio de los organismos presentes en ésta y en su calidad, ya que propicia el incremento acelerado de algas, y en consecuencia, afectaciones en la solución nutritiva y en las plantas regadas con ella (DCE, 1999).

Se estima que las plantas en campo sólo utilizan de 25 a 85% del nitrógeno aplicado en las fertilizaciones, esto implica que dichas aplicaciones sean abundantes en cantidad y en frecuencia, lo que resulta en un uso inadecuado o excesivo (Pérez y Landeros, 2009). En diversas investigaciones se ha demostrado que las plantas se abastecen de mayores proporciones de nitrógeno cuando este se suministra en forma de  $\text{NO}_3^-$  y en menor cantidad cuando se encuentra en forma de  $\text{NH}_4^+$  (Cadahia, 2000). De tal manera que en invernaderos, se busca optimizar el uso eficiente del fertilizante y del agua, así como evaluar genotipos apropiados, para obtener rendimientos altos, frutos de buena calidad organoléptica y nutricional, además de disminuir los daños provocados al ambiente y reducir los costos de producción (Ojeda-Real *et al.*, 2008).

Por lo anterior, en el presente estudio se evaluó el rendimiento y calidad de los frutos de tres híbridos de tomate, establecidos en suelo y arena como sustrato en un invernadero, y con aplicaciones de nitrato de calcio a diferentes concentraciones.

## Materiales y métodos

### Descripción del área de estudio

El estudio se realizó durante los meses de junio a noviembre de 2011, en un invernadero del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca (ITVO), en la localidad de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca, México, con coordenadas geográficas  $17^\circ 02'$  latitud norte y  $96^\circ 44'$  longitud oeste, a 1 530 msnm (INEGI, 2011).

roots and delayed fruit ripening (Navarro, 2000). Excess of N dissolved in the water can cause undesirable disturbance to the balance of organisms present in this and in quality, as it propitiates an accelerated growth of algae, and consequently, disruption in the nutrient solution and in the plants watered with it (DCE, 1999).

It is estimated that plants in field only use 25-85% of the nitrogen applied in fertilization, implying that such applications are abundant in quantity and frequency, resulting in inadequate or excessive use (Perez and Landeros, 2009). In several studies, it has been shown that plants are supplied with higher proportions of nitrogen when supplied in the form of  $\text{NO}_3^-$  and in fewer amounts when it is in the form of  $\text{NH}_4^+$  (Cadahia, 2000). So that, in greenhouses, it seeks to optimize the efficient use of fertilizer and water, thus evaluate appropriate genotypes to obtain high yields, fruits of good organoleptic quality and nutritional, besides reducing the damage caused to the environment and costs production (Ojeda-Real *et al.*, 2008).

Therefore, in this study, were evaluated yield and quality of the fruit from three tomato hybrids established in soil and sand as substrate in a greenhouse, and with calcium nitrate applications at different concentrations.

Por lo anterior, en el presente estudio se evaluó el rendimiento y calidad de los frutos de tres híbridos de tomate, establecidos en suelo y arena como sustrato en un invernadero, y con aplicaciones de nitrato de calcio a diferentes concentraciones.

## Materials and methods

### Description of the study area

The study was conducted from June to November 2011, in a greenhouse at the Technological Institute of Oaxaca Valley (ITVO), in the town of Nazareno, Xoxocotlan, Oaxaca, Mexico, with geographic coordinates  $17^\circ 02' \text{ N}$  and  $96^\circ 44' \text{ W}$ , at 1 530 masl (INEGI, 2011).

**Genetic material.** Tomato hybrids used were Anibal, Cid and Sun 7705, three saladette type adapted to be produced in the open field and in greenhouses, with the following characteristics: Anibal indeterminate growth, early maturity, good coverage and vigor and high quality of fruit; Cid with

**Material genético.** Los híbridos de tomate utilizados fueron Anibal, Cid y Sun 7705, los tres de tipo saladette, adaptados para ser producidos a campo abierto y en invernaderos, con las siguientes características: Anibal de crecimiento indeterminado, madurez precoz, buena cobertura y vigor y alta calidad de frutos; Cid con plantas de extraordinario vigor, frutos con paredes gruesas y muy firmes, de prolongada vida de anaquel y Sun 7705 con plantas de buen vigor, amplia adaptación y altos rendimientos (Nunhems®).

**Diseño experimental.** El experimento se estableció en un diseño completamente al azar, con arreglo factorial de 3 x 2 x 6, esto es, tres híbridos de tomate, seis soluciones nutritivas con diferente concentración de nitrato de calcio (0.3541, 1.0623, 1.4164, 1.7706, 2.1247 y 2.4788 g L<sup>-1</sup> de Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O) lo que corresponde a 50, 100, 125, 150, 175 y 200% de Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O respectivamente, y el resto de los nutrientes con referencia a la solución nutritiva de Steiner (1961) conteniendo 0.3033 g L<sup>-1</sup> de KNO<sub>3</sub>, 0.8626 g L<sup>-1</sup> de MgSO<sub>4</sub> y 0.2720 g L<sup>-1</sup> de KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, y dos sustratos (suelo y arena). El suelo de textura franca (arena 45%, limo 30%, arcilla 25%), conductividad eléctrica 0.28 dS m<sup>-1</sup>, pH 7.54 y materia orgánica 3.33%. La arena utilizada se extrajo de un arroyo cercano a la localidad, fue lavada y desinfectada antes de utilizarla. De la combinación de los niveles de los tres factores, se obtuvieron 36 tratamientos con 10 repeticiones. La unidad experimental consistió en una planta en cada maceta (bolsa de polietileno de 20 L).

**Establecimiento del experimento.** El cultivo se estableció el cuatro de junio de 2011 con plántulas de 30 días después de la siembra, las cuales presentaban de cuatro a cinco hojas verdaderas. Las macetas se acomodaron en seis hileras con una separación de 1.20 m y 0.40 m entre plantas, éstas se condujeron a un solo tallo.

Durante los primeros siete días después del trasplante, se suministró únicamente agua mientras se adaptaban las plántulas. Para el riego, se utilizó un sistema por goteo, consistente en poliducto negro calibre 40, con goteros a cada 40 cm. La cantidad de solución nutritiva aplicada estuvo en función de la demanda y crecimiento de las plantas cuidando de suministrar la misma cantidad a cada una de ellas.

Las soluciones nutritivas se prepararon con fertilizantes comerciales, en seis contenedores de plástico de 200 L. Cada solución nutritiva de 200 L consistió de 60.7 g de KNO<sub>3</sub>; 172.6 g de MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O; 27.2 g de KH<sub>2</sub>PO<sub>2</sub>; 15 mL Mycros® (Fe, Zn, Mn, B y Mo) y 70.8, 212.5, 283.3, 354.1,

extraordinary vigor plants, fruits with thick walls and very firm, long shelf life and Sun 7705 with plants of good vigor, broad adaptation and high yields (Nunhems®).

**Experimental design.** The experiment was established in a completely randomized design with factorial array of 3 x 2 x 6, which is, three tomato hybrids, six nutrient solutions with different concentrations of calcium nitrate (0.3541, 1.0623, 1.4164, 1.7706, 2.1247 and 2.4788 g L<sup>-1</sup> Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O) which corresponds to 50, 100, 125, 150, 175 and 200% of Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O, respectively, and other nutrients with reference to the Steiner universal nutrient solution (1961) containing 0.3033 g L<sup>-1</sup> of KNO<sub>3</sub>, 0.8626 g L<sup>-1</sup> of MgSO<sub>4</sub> and 0.2720 g L<sup>-1</sup> KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, and two substrates (soil and sand). The loamy soil (sand 45%, silt 30%, clay 25%), electrical conductivity 0.28 dS m<sup>-1</sup>, pH 7.54 and 3.33% organic matter. The sand used was extracted from a stream near the locality, was washed and disinfected before use. From combination of the levels of three factors were obtained 36 treatments with 10 replications. The experimental unit consisted of one plant in each pot (polyethylene bag 20 L).

**Establishment of the experiment.** The crop was established June 04, 2011 with seedlings of 30 days after sowing, which had four to five true leaves. The pots were accommodated in six rows at a distance of 1.20 m and 0.40 m between plants; these were led to a single stem.

During the first seven days after transplantation, water was supplied only while seedlings adapted; for irrigation, was used a drip system consisting of black pipeline caliber 40 with emitters every 40 cm. The applied amount of nutrient solution was in function of the demand and growth of the plants trying to deliver the same amount to each.

Nutrient solutions were prepared with commercial fertilizer, in six plastic containers of 200 L. Each nutrient solution of 200 L consisted of 60.7 g of KNO<sub>3</sub>; 172.6 g of MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, 27.2 g of KH<sub>2</sub>PO<sub>2</sub>, 15 mL Mycros® (Fe, Zn, Mn, B and Mo) and 70.8, 212.5, 283.3, 354.1, 424.9, and 495.8 g of Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O, as corresponded to each treatment. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> was used to adjust the pH to 6 in each solution.

**Variables evaluated.** From each treatment four plants were selected randomly, to which were evaluated yield and quality. In the calculation of the yield, were taken all the fruits produced in a plant and recorded the total weight of the same (g of fruit plant<sup>-1</sup>). The quality parameters measured in

424.9, y 495.8 g de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , según correspondiera a cada tratamiento. Se usó  $\text{H}_2\text{SO}_4$  para ajustar el pH a 6 en cada solución.

**Variabes evaluadas.** De cada tratamiento se eligieron aleatoriamente cuatro plantas, a las cuales se evaluaron el rendimiento y la calidad. En el cálculo del rendimiento, se tomaron todos los frutos producidos en una planta y se registró el peso total de los mismos (g de fruto planta<sup>-1</sup>). Los parámetros de calidad medidos en el fruto fueron: el peso, mediante una balanza digital; los diámetros (polar y ecuatorial) con un vernier y el volumen por desplazamiento de agua utilizando una probeta.

Con los valores obtenidos de cada variable, se hizo un análisis de varianza y comparación de medias de Tukey. Se consideraron niveles de significancia  $p \leq 0.05$ .

## Resultados y discusión

Los análisis de varianza mostraron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) en el factor sustrato en todas las variables, a excepción del diámetro polar. Los híbridos de tomate sólo mostraron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) en el rendimiento de frutos. El factor  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , indicó diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) en todas las variables evaluadas. La interacción de los factores tuvo diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) en al menos una de las variables de calidad a excepción del rendimiento (Cuadro 1).

### Cuadro 1. Análisis de varianza del rendimiento y parámetros de calidad de frutos de tres híbridos de tomate cultivados en dos sustratos con dosis diferentes de $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ .

**Table 1. Analysis of variance for yield and fruit quality parameters from three tomato hybrids grown in two substrates with different doses of  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ .**

| Factor de variación   | gl  | Rendimiento | Peso | Volumen | Diámetro polar | Diámetro ecuatorial |
|---|-----|-------------|------|---------|----------------|---------------------|
| Sustrato  | 1   | *           | *    | *       | NS             | *                   |
| Híbrido   | 2   | **          | NS   | NS      | NS             | NS                  |
| Sustrato x híbrido  | 2   | NS          | NS   | NS      | NS             | NS                  |
| $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$                      | 5   | **          | **   | **      | *              | **                  |
| Sustrato x $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$           | 5   | NS          | **   | *       | NS             | NS                  |
| Híbrido x $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$            | 10  | NS          | NS   | NS      | **             | **                  |
| Sustrato x híbrido x $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ | 10  | NS          | NS   | *       | NS             | NS                  |
| Error   | 108 |             |      |         |                |                     |
| Total   | 143 |             |      |         |                |                     |

NS= no significativo; \*; significativo ( $p \leq 0.05$ ); \*\*: altamente significativo ( $p \leq 0.01$ ).

the fruit were: weight with a digital balance, the diameters (polar and equatorial) with a vernier and the volume by water displacement using a graduation cylinder.

With the values obtained for each variable, an analysis of variance and Tukey comparison of means; were considered significance levels  $p \leq 0.05$ .

## Results and discussion

The analysis of variance showed significant differences ( $p \leq 0.05$ ) in the substrate factor in all the variables, except for the polar diameter. The tomato hybrids only showed significant differences ( $p \leq 0.05$ ) yield. The factor  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , indicated significant differences ( $p \leq 0.05$ ) in all variables. The interaction of factors had significant differences ( $p \leq 0.05$ ) in at least one of the quality variables except yield (Table 1).

### Yield

Plants grown in pots with soil, showed significantly (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) higher yield (9.39%) compared to plants grown in sand. Hybrids Anibal and Cid produced 2937 and 2725.8 g plant<sup>-1</sup>, respectively (non significant values between these hybrids, Tukey,  $p \leq 0.05$ ). The yield of hybrid Anibal was 16.8% significantly higher than the hybrid Sun 7705 (Table 2); several authors (FAO, 2002, García *et al.*, 2004, Sánchez *et al.* 2010) show that this hybrid expresses its productive



## Rendimiento

Las plantas que crecieron en macetas con suelo mostraron significativamente (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) un mayor rendimiento de frutos (9.39%) respecto a las plantas que crecieron en arena. Los híbridos Aníbal y Cid produjeron 2 937 y 2 725.8 g planta<sup>-1</sup>, respectivamente (valores no significativos entre dichos híbridos, Tukey,  $p \leq 0.05$ ). El rendimiento del híbrido Anibal fue 16.8% significativamente mayor que el híbrido Sun 7705 (Cuadro 2); diversos autores (FAO, 2002; García *et al.*, 2004; Sánchez *et al.* 2010) señalan que éste híbrido expresa su potencial productivo propio de su genotipo, al proporcionarle condiciones óptimas para su desarrollo. Sin embargo, en la especie tomate existe una amplia diversidad genética, por lo que es conveniente evaluar genotipos para elegir los más apropiados al tipo de sistema de cultivo que desee utilizarse, a fin de determinar su expresión y respuesta a los diferentes factores bióticos, abióticos y de manejo que se le den, por lo que investigaciones como éstas deben realizarse (González *et al.*, 2007).

potential of its own genotype, when providing optimal conditions for their development. However, in tomato species there is wide genetic diversity, making it convenient to evaluate genotypes to choose the most appropriate to the type of farming system to be used, in order to determine their expression and response to different biotic, abiotic and management given, so research like this have to be done (González *et al.*, 2007).

Regarding the effect of the concentration of Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O, plants that received 1.0623 g L<sup>-1</sup> of this salt, showed significantly (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) increased fruit production (3116.5 g plant<sup>-1</sup>); while fertirrigated plants with higher amounts of this dose had decreasing yields as fertilizer was increased (Figure 1). This is, the plants that received concentrations of 125, 150, 175 and 200% Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O showed yields of 7.42, 12.41, 17.17 and 22.23%, lower than plants receiving the nutrient solution at 100% of Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. 4H<sub>2</sub>O, respectively (Table 2).

**Cuadro 2. Rendimiento de frutos y parámetros de calidad en tomate (*Solanum lycopersicum* L.) de acuerdo a los niveles de cada factor.**

**Table 2. Yield and quality parameters of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) according to the level of each factor.**

| Factor   | Rendimiento (g) | Peso (g) | Volumen (mL) | Diámetro polar (cm) | Diámetro ecuatorial (cm) |
|--|-----------------|----------|--------------|---------------------|--------------------------|
| Sustrato   |                 |          |              |                     |                          |
| Suelo  | 2847.9 a        | 87.9 b   | 88.4 b       | 6.2 a               | 4.9 b                    |
| Arena  | 2603.4 b        | 91.4 a   | 92.6 a       | 6.3 a               | 5.0 a                    |
| Híbrido  |                 |          |              |                     |                          |
| Aníbal   | 2937.0 a        | 89.6 a   | 91.1 a       | 6.3 a               | 5.0 a                    |
| Cid  | 2725.8 ab       | 87.5 a   | 88.0 a       | 6.2 a               | 5.0 a                    |
| Sun 7705   | 2514.3 b        | 91.8 a   | 92.2 a       | 6.3 a               | 5.0 a                    |
| Concentración de Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O (g L <sup>-1</sup> ) |                 |          |              |                     |                          |
| 0.3541 (50%)   | 2617.0 bc       | 90.6 ab  | 93.0 ab      | 6.3 ab              | 5.0 ab                   |
| 1.0623 (100%)  | 3116.5 a        | 96.4 a   | 97.2 a       | 6.4 a               | 5.2 a                    |
| 1.4164 (125%)  | 2885.1 ab       | 93.2 a   | 93.7 ab      | 6.3 ab              | 5.1 a                    |
| 1.7706 (150%)  | 2729.7 abc      | 89.2 ab  | 89.6 abc     | 6.2 ab              | 5.0 ab                   |
| 2.1247 (175%)  | 2581.3 bc       | 84.6 b   | 85.0 bc      | 6.1 b               | 4.9 bc                   |
| 2.4788 (200%)  | 2423.6 c        | 84.0 b   | 84.3 c       | 6.2 ab              | 4.8 c                    |

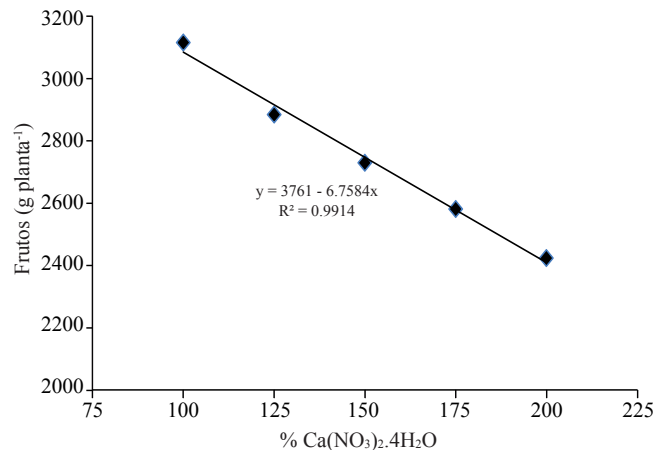
Letras diferentes en las columnas de los mismos factores, indican diferencias significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).

En cuanto al efecto de la concentración de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , las plantas que recibieron  $1.0623 \text{ g L}^{-1}$  de esta sal, mostraron significativamente (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) la mayor producción de frutos ( $3\ 116.5 \text{ g planta}^{-1}$ ); mientras que las plantas fertirrigadas con cantidades mayores a ésta dosis, tuvieron rendimientos decrecientes a medida que se incrementó dicho fertilizante (Figura 1). Esto es, las plantas que recibieron concentraciones de 125, 150, 175 y 200% de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  mostraron rendimientos de 7.42, 12.41, 17.17 y 22.23%, menores que las plantas que recibieron la solución nutritiva al 100% de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , respectivamente (Cuadro 2).

Esto coincide con lo reportado por Parra *et al.* (2008) y Villareal *et al.* (2009) quienes obtuvieron reducciones en el rendimiento de tomate al incrementar las concentraciones de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  en la soluciones nutritivas; y por Vázquez-Gálvez *et al.* (2008) quienes mencionan que el exceso de fertilizantes nitrogenados permite un mayor desarrollo vegetativo aéreo de las plantas, en detrimento de los rendimientos y la calidad de los frutos.

En general las plantas establecidas en el suelo presentaron un rendimiento mayor que las plantadas en arena, esto pudo deberse, a que el suelo tiene mayor capacidad de intercambio catiónico (CIC) que la arena, además de contar con elementos minerales que parcialmente se van solubilizando hasta llegar a ser disponibles para las plantas (Cadahia, 2000; Resh, 2001). Por otra parte, la arena por ser un material altamente poroso, drena con relativa rapidez la solución nutritiva y al no contener materia orgánica, provoca menor desarrollo de las plantas y en consecuencia una menor producción (Quesada y Méndez, 2005). Algunos investigadores (Santiago *et al.* 1998; Corpeño, 2004; Terry *et al.* 2005) indican que en los dos primeros ciclos del cultivo del tomate en invernadero, los rendimientos son mayores al establecerse en suelo, en comparación cuando se establece en arena, como se demostró en esta investigación. Sin embargo, otros autores (Caniguante *et al.*, 2009) indican que en los ciclos posteriores del cultivo, los rendimientos se invierten; es decir, es mayor en arena que en suelo, por la acumulación de las sales en este último, ocasionando daños directos a la planta.

Respecto a la interacción de los niveles de los factores, el rendimiento significativamente mayor (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) se obtuvo en las plantas del híbrido Aníbal ( $3\ 726 \text{ g planta}^{-1}$ ) establecidas en sustrato suelo y fertirrigadas con la solución nutritiva de 100% de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  (Cuadro 3).



**Figura 1. Rendimiento de frutos de tomate fertirrigados a diferentes porcentajes de concentración de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ .**

**Figure 1. Yield of tomato, under fertigation at different concentrations of  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ .**

This is consistent with that reported by Parra *et al.* (2008) and Villareal *et al.* (2009) who obtained reductions in tomato yield by increasing concentrations of  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  in nutrient solutions; and Vázquez-Gálvez *et al.* (2008) mentioned that excess of nitrogen fertilizers allow a higher development aboveground vegetative of the plants, in detriment of yields and fruit quality.

Overall the plants established in soil had a higher yield than those planted in sand, this might be due that the soil has higher cation exchange capacity (CEC) than sand, in addition to count with minerals that are being partially solubilized to be available to plants (Cadahia, 2000, Resh, 2001). On the other hand, sand can be a highly porous, drains relatively fast nutrient solution and does not contain organic matter, causing less plant growth and consequently lower production (Quesada and Mendez, 2005). Some researchers (James *et al.* 1998; Corpeño, 2004; Terry *et al.* 2005) indicate that in the first two cycles of growing tomato in greenhouse, yields are higher when established in soil, compared when established in sand, as demonstrated in this research. However, other authors (Caniguante *et al.* 2009) indicate that in subsequent cycles of the crop, yields are reversed, i.e. in sand is higher than ground, by the accumulation of salts in the latter, causing direct damage to the plant.

Regarding the factor interaction of levels, significantly higher yield (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) was obtained in hybrid Aníbal ( $3726 \text{ g planta}^{-1}$ ) established in soil substrate and fertigation with nutrient solution at 100 %  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  (Table 3).

**Cuadro 3. Rendimiento y variables de calidad en frutos de tomate, en función del genotipo, sustrato y nitrato de calcio suministrado.****Table 3. Yield and quality variables in tomato in function of the genotype, substrate and calcium nitrate provided.**

| Tratamientos |          |   | Características de fruto |          |              |                     |                          |
|--------------|----------|---|--------------------------|----------|--------------|---------------------|--------------------------|
| Sustrato     | Variedad | Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O (g L <sup>-1</sup> ) | Rendimiento (g)          | Peso (g) | Volumen (mL) | Diámetro polar (cm) | Diámetro ecuatorial (cm) |
| Suelo        | Cid      | 0.3541  | 2817 ab                  | 83.5 ab  | 84.6 ab      | 6.1 ab              | 4.9 ab                   |
| Arena        | Cid      | 0.3541  | 2338 ab                  | 78.0 ab  | 79.1 ab      | 5.8 ab              | 4.6 ab                   |
| Suelo        | Aníbal   | 0.3541  | 2872 ab                  | 85.4 ab  | 86.6 ab      | 6.2 ab              | 4.9 ab                   |
| Arena        | Aníbal   | 0.3541  | 3100 ab                  | 98.1 ab  | 108.6 a      | 6.3 ab              | 5.2 ab                   |
| Suelo        | Sun 7705 | 0.3541  | 2394 ab                  | 101.8 ab | 102.3 ab     | 6.6 ab              | 5.1 ab                   |
| Arena        | Sun 7705 | 0.3541  | 2184 bc                  | 96.6 ab  | 96.9 ab      | 6.6 a               | 5.2 ab                   |
| Suelo        | Cid      | 1.0623  | 3394 ab                  | 97.9 ab  | 98.4 ab      | 6.5 ab              | 5.2 ab                   |
| Arena        | Cid      | 1.0623  | 3061 ab                  | 98.8 ab  | 99.0 ab      | 6.3 ab              | 5.3 a                    |
| Suelo        | Aníbal   | 1.0623  | 3726 a                   | 99.6 ab  | 99.9 ab      | 6.4 ab              | 5.2 ab                   |
| Arena        | Aníbal   | 1.0623  | 2916 ab                  | 89.0 ab  | 91.8 ab      | 6.2 ab              | 5.0 ab                   |
| Suelo        | Sun 7705 | 1.0623  | 3110 ab                  | 103.9 a  | 104.2 ab     | 6.6 a               | 5.2 ab                   |
| Arena        | Sun 7705 | 1.0623  | 2490 ab                  | 89.1 ab  | 89.5 ab      | 6.3 ab              | 4.9 ab                   |
| Suelo        | Cid      | 1.4164  | 3037 ab                  | 88.5 ab  | 88.8 ab      | 6.3 ab              | 5.1 ab                   |
| Arena        | Cid      | 1.4164  | 2369 ab                  | 91.8 ab  | 92.1 ab      | 6.4 ab              | 5.2 ab                   |
| Suelo        | Aníbal   | 1.4164  | 3584 ab                  | 93.1 ab  | 93.5 ab      | 6.4 ab              | 5.2 ab                   |
| Arena        | Aníbal   | 1.4164  | 3002 ab                  | 95.2 ab  | 95.7 ab      | 6.3 ab              | 5.1 ab                   |
| Suelo        | Sun 7705 | 1.4164  | 2153 bc                  | 84.1 ab  | 84.5 ab      | 6.0 ab              | 4.8 ab                   |
| Arena        | Sun 7705 | 1.4164  | 3164 ab                  | 106.5 a  | 107.0 a      | 6.5 ab              | 5.2 ab                   |
| Suelo        | Cid      | 1.7706  | 2960 ab                  | 78.0 ab  | 78.6 ab      | 6.0 ab              | 4.8 ab                   |
| Arena        | Cid      | 1.7706  | 2573 ab                  | 89.6 ab  | 90.1 ab      | 6.3 ab              | 5.1 ab                   |
| Suelo        | Aníbal   | 1.7706  | 2786 ab                  | 85.7 ab  | 86.2 ab      | 6.2 ab              | 4.9 ab                   |
| Arena        | Aníbal   | 1.7706  | 2261 bc                  | 92.2 ab  | 92.7 ab      | 6.3 ab              | 5.0 ab                   |
| Suelo        | Sun 7705 | 1.7706  | 2548 ab                  | 87.4 ab  | 87.8 ab      | 6.1 ab              | 5.0 ab                   |
| Arena        | Sun 7705 | 1.7706  | 3248 ab                  | 101.9 ab | 102.3 ab     | 6.3 ab              | 5.2 ab                   |
| Suelo        | Cid      | 2.1247  | 2748 ab                  | 84.5 ab  | 85.0 ab      | 6.2 ab              | 4.9 ab                   |
| Arena        | Cid      | 2.1247  | 2540 ab                  | 88.9 ab  | 89.2 ab      | 6.2 ab              | 4.9 ab                   |
| Suelo        | Aníbal   | 2.1247  | 2878 ab                  | 85.2 ab  | 85.7 ab      | 6.1 ab              | 4.9 ab                   |
| Arena        | Aníbal   | 2.1247  | 2599 ab                  | 80.9 ab  | 81.3 ab      | 6.0 ab              | 4.8 ab                   |
| Suelo        | Sun 7705 | 2.1247  | 2591 ab                  | 82.4 ab  | 82.9 ab      | 5.9 ab              | 4.7 ab                   |
| Arena        | Sun 7705 | 2.1247  | 2130 cd                  | 85.3 ab  | 85.8 ab      | 6.2 ab              | 4.8 ab                   |
| Suelo        | Cid      | 2.4788  | 2794 ab                  | 81.6 ab  | 81.9 ab      | 6.2 ab              | 4.7 ab                   |
| Arena        | Cid      | 2.4788  | 2261 cd                  | 88.7 ab  | 89.2 ab      | 6.4 ab              | 5.0 ab                   |
| Suelo        | Aníbal   | 2.4788  | 2981 ab                  | 84.7 ab  | 85.2 ab      | 6.2 ab              | 4.8 ab                   |
| Arena        | Aníbal   | 2.4788  | 2534 ab                  | 85.7 ab  | 86.0 ab      | 6.2 ab              | 4.7 ab                   |
| Suelo        | Sun 7705 | 2.4788  | 1884 d                   | 73.7 b   | 74.0 b       | 5.7 b               | 4.6 b                    |
| Arena        | Sun 7705 | 2.4788  | 2271 bc                  | 89.0 ab  | 89.5 ab      | 6.1 ab              | 4.9 ab                   |

Letras diferentes dentro de cada columna, indican diferencias significativas (Tukey,  $p \leq 0.05$ ).



Las plantas establecidas en arena produjeron frutos significativamente con mayor peso y volumen (Tukey,  $p \leq 0.05$ ), en relación a los frutos de las plantas cultivadas en sustrato suelo. Los híbridos de tomate empleados no presentaron diferencia significativa en los parámetros antes mencionados, sin embargo, se observaron que los valores más altos los obtuvo el híbrido Sun 7705, en peso ( $106.5 \text{ g fruto}^{-1}$ ) y volumen ( $107 \text{ mL fruto}^{-1}$ ) cuando se estableció en arena con aplicaciones de 125% de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  (Cuadro 3). Las plantas que recibieron 100, 125, y 150% de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  en la solución nutritiva, obtuvieron el mayor rendimiento y desarrollaron frutos significativamente (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) con mayor peso, volumen, diámetro polar y ecuatorial, las fertirrigadas con dosis superiores (175 y 200%) y la menor que éstas (50%) mostraron un decremento en todas las variables (Cuadro 2).

Los frutos producidos en suelo y en arena, no presentaron diferencia significativa en el diámetro polar, pero en plantas cultivadas en arena se desarrollaron frutos significativamente (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) con mayor diámetro ecuatorial, lo anterior pudo deberse a que la arena presenta mayor cantidad de espacios porosos favoreciendo la aireación de la raíz (Cruz-Lázaro *et al.*, 2010). Además, éste material presenta adecuada permeabilidad, lo que permite un buen anclaje de las plantas y la disponibilidad de nutrimentos (Mora, 1999), en consecuencia, una mejor calidad de frutos.

El factor híbrido no presentó diferencias significativas en las variables evaluadas (Cuadro 2), probablemente debido a la alta disponibilidad del nitrógeno que se reflejó en un incremento en la masa foliar de las mismas y en consecuencia la producción de frutos verdes sin llegar a madurar y frutos huecos con bajo peso, como lo reporta Jaramillo *et al.* (2007). Contrario a lo anterior, las plantas al recibir nutrientes en cantidades adecuadas, manifestaron una producción de frutos con dimensiones apropiadas en tamaño y peso, coincidiendo con lo reportado por otros autores (Armenta-Bojórquez *et al.*, 2001; Cruz-Lázaro *et al.*, 2009). Igualmente, según el pliego de condiciones para el tomate (PC-020, 2005) y NMX-FF-031 (1997), se coincide con las dimensiones reportadas para los frutos medianos (5.1 - 6 cm).

## Conclusiones

De los tres híbridos probados, Anibal y Cid presentaron significativamente el mayor rendimiento de frutos. El sustrato suelo proporcionó el mejor rendimiento en frutos;

Plants established in sand produced fruit significantly higher in weight and volume (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) in relation to the fruits of the plants grown in soil substrate. Tomato hybrids employed showed no significant differences in the parameters mentioned above, however, was observed that the higher values were obtained by hybrid Sun 7705, in weight ( $106.5 \text{ g fruit}^{-1}$ ) and volume ( $107 \text{ mL fruit}^{-1}$ ) when established in sand with applications of 125% of  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  (Table 3). Plants that received 100, 125, and 150% of  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  in the nutrient solution had the highest yield and developed fruits significantly (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) higher in weight, volume, polar and equatorial diameter, the fertigation with higher doses (175 and 200%) and lower than these (50%) showed a decrease in all variables (Table 2).

The fruits produced in soil and sand, showed no significant differences in the polar diameter, but in plants grown in sand developed fruits significantly (Tukey,  $p \leq 0.05$ ) higher equatorial diameter, the above could be due to that sand has greater amount of pore spaces favoring aeration of the root (Cruz-Lázaro *et al.*, 2010). Furthermore, this material has adequate permeability, allowing a good anchorage of the plants and availability of nutrients (Mora, 1999), therefore a better quality of fruits.

The hybrid factor showed no significant differences in the variables evaluated (Table 2), probably due to the high availability of nitrogen which was reflected in an increase in leaf mass of the same and consequently the production of green fruits without reaching maturity and underweight hollow fruit, as reported by Jaramillo *et al.* (2007). Contrary to the above, the plants receiving nutrients in adequate amounts, expressed fruit production with appropriate dimensions in size and weight, coinciding with that reported by other authors (Armenta-Bojórquez *et al.*, 2001; Cruz-Lázaro *et al.*, 2009). Similarly, according to the specifications for tomato (PC-020, 2005) and NMX-FF-031 (1997), it matches the dimensions reported for medium fruits (5.1 - 6 cm).

## Conclusions

Of the three hybrids tested, Anibal and Cid had significantly higher yield. The soil substrate provided the best yield in fruit. However the sand allowed obtaining fruit of higher weight, volume, polar and equatorial diameter. Fertigation

sin embargo, la arena permitió obtener frutos de mayor peso, volumen, diámetro polar y ecuatorial. La dosis de fertirriego con mejores resultados fue de 100% de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  correspondiente a  $1.0623 \text{ g L}^{-1}$  de esta sal, dosis menor y superior a ésta, mostraron en general decrementos en el rendimiento.

dose with best results was 100% of  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  corresponding to  $1.0623 \text{ g L}^{-1}$  of this salt, lower or higher doses than this, generally showed decreases in yield.

*End of the English version*



## Literatura citada

- Armenta-Bojórquez, A. D.; Baca-Castillo, G. A.; Alcántar-González, G.; Kohashi-Shibata, J.; Valenzuela-Ureta, J. G. y Martínez-Garza, A. 2001. Relación de nitratos y potasio en fertirriego sobre la producción, calidad y absorción nutrimental de tomate. *Chapingo Serie de Horticultura*. 7:61-75.
- Avendaño, R. B. D. y Acosta, A. I. M. 2008. Midiendo los resultados del comercio agropecuario mexicano en el contexto del TLCAN. *Estudios Sociales*. 17:43-81.
- Cadahia, C. L. 2000. *Fertirrigación cultivos hortícolas y ornamentales*. Edit. Mundi-Prensa. Madrid, España. 475 p.
- Caniguante, R. S.; Pizarro, A. L.; Pacheco, C. P. y Bastías, M. E. 2009. Respuesta de los cvs. de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) "poncho negro" y "n" en diferentes condiciones de crecimiento y la aplicación de un bioestimulante natural *fartum*<sup>®</sup> en condiciones de salinidad. *Idesia*. 27:19-28.
- Corpeño, B. 2004. *Manual del cultivo de tomate*. Centro de Inversión, Desarrollo y Exportación de Agronegocios. El Salvador. 38 p.
- Cruz-Lázaro, E.; Estrada-Botello, M. A.; Robledo-Torres, V.; Osorio-Osorio, R.; Márquez-Hernández, C. y Sánchez-Hernández, R. 2009. Producción de tomate en invernadero con composta y vermicomposta como sustrato. *Universidad y Ciencia Trópico Húmedo*. 25:59-67.
- Cruz-Lázaro, E.; Osorio-Osorio, R.; Martínez-Moreno, E.; Lozano del Río, A. J.; Gómez-Vázquez, A. y Sánchez-Hernández, R. 2010. Uso de compostas y vermicompostas para la producción de tomate orgánico en invernadero. *Interciencia*. 35: 363-368.
- Directiva del Consejo Europeo (DCE) 91/676/CEE. 1999. Dirección General de Agricultura y Alimentación. Código de Buenas Prácticas Agrícolas. Unión Europea. 21 p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2002. *Los fertilizantes y su uso*. 4ª edición. París Francia. 87 p.
- García, L. A., Guzmán G. I. y Soriano, J. J. 2004. Evaluación de variedades locales de tomate para su conservación "in situ" en agricultura ecológica. *In: IV Congreso de la Sociedad Española de Agricultura Ecológica*.
- González, T.; Monteverde, E.; Marín, C. y Madriz, P. M. 2007. Comparación de tres métodos para estimar estabilidad del rendimiento en nueve variedades de algodón. *Interciencia* 32:334-348.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2011. *El sector alimentario en México*. Serie estadísticas sectoriales. México D. F. 102 p.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2011. *Perspectiva estadística Oaxaca*. Diciembre 2011. 113 p.
- Jaramillo, N. J.; Rodríguez, P. V.; Guzmán, A. M.; Zapata, C. M. y Rengifo, M. T. 2007. *Manual técnico buenas prácticas agrícolas en la producción de tomate bajo condiciones protegidas*. Medellín, Colombia. 316 p.
- Macías, M. A. 2003. Enclaves agrícolas modernos: El caso del jitomate mexicano en los mercados internacionales. *Región y Sociedad*. 15:103-115.
- Mora L. 1999. Sustratos para cultivos sin suelo o hidroponía. *In: XI Congreso Nacional Agronómico*. III Congreso Nacional de Suelo. San José Costa Rica.
- Moya, J. A. T. 2002. *Riego localizado y fertirrigación*. Edit. Mundi-Prensa. 3ª edición. Madrid España. 534 p.
- Navarro, G. 2000. *Química agrícola, el suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal*. Editorial Mundi-Prensa. Madrid España. 488 p.
- Norma Mexicana (NMX-FF-031) 1997. *Productos alimenticios no industrializados para consumo humano. Hortalizas frescas. Tomate (Lycopersicon esculentum Mill.) especificaciones*. 15 p.
- Ojeda-Real, L. A.; Cárdenas-Navarro, R.; Lobit, P.; Grageda-Cabrera, O.; Valencia-Cantero, E. y Macías-Rodríguez, L. 2008. Efecto de la nutrición nitríca y sistemas de riego en el sabor de la fresa. *Rev. Chapingo Serie Horticultura*. 14:61-70.
- Parra, T. S.; Villarreal, M. R.; Sánchez, P. P.; Corrales, J. L. M. y Hernández, S. V. 2008. Efecto del calcio y potencial osmótico de la solución nutritiva en la pudrición apical, composición mineral y rendimiento de tomate. *Interciencia* 33:449-456.
- Pliego de Condiciones para el tomate (PC-020). 2005. *Pliego de condiciones para el uso de la marca oficial México calidad suprema en tomate*. México D. F. 22 p.
- Pérez, V. A. y Landeros, C. 2009. *Agricultura y deterioro ambiental*. Elementos Ciencia Arte y Cultura. 16:19-25.
- Quesada, R. G. y Méndez, C. S. 2005. Análisis fisicoquímico de materias primas y sustratos de uso potencial en almacigos de hortalizas. *Agricultura Tropical*. 35:1-13.
- Resh, H. M. 2001. *Cultivos hidropónicos*. Editorial. Mundi-Prensa. 5ª edición. Madrid España. 558 p.
- Rubio-Covarrubias, O. A.; Grünwald, J. N. y Cardena-Hinojosa, A. M. 2005. Influencia del nitrógeno sobre la infección de tizón tardío en el cultivo de papa en Toluca, México. *Terra Latinoamericana*. 23:487-493.
- Sánchez, A.; Borrego, F. E.; Zamora, V. V.; Murillo, M. S.; Benavides, A. M. y Robledo, V. T. 2010. Efecto genético y heterosis de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en campo e invernadero para rendimiento y calidad. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 1(4):455-467.
- Santiago, J.; Mendoza, M. y Borrego, F. 1998. Evaluación de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) en invernadero: Criterios fenológicos y fisiológicos. *Agronomía Mesoamericana*. 9:59-65.
- Steiner, A. A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant Soil*. 15:134-154.
- Terry, E.; Leyva, A. y Díaz, M. M. 2005. Uso combinado de microorganismos benéficos y productos bioactivos como alternativa para la producción de tomate. *Cultivos Tropicales*. 26: 77-81.
- Vázquez-Gálvez, G.; Cárdenas-Navarro, R. y Lobit, P. 2008. Efecto del nitrógeno sobre el crecimiento y rendimiento de fresa regada por goteo y gravedad. *Agríc. Téc. Méx.* 34:235-241.