

## CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE TOMATE EN SOLUCIONES NUTRITIVAS CON DIFERENTE CONCENTRACIÓN DE CALCIO

Nava-Martínez, E.<sup>1</sup>, O. G. Villegas-Torres<sup>1\*</sup>, I. Alia-Tejacal<sup>1</sup>, V. López-Martínez<sup>1</sup>, C. M. Acosta-Durán<sup>1</sup>, M. Andrade-Rodríguez<sup>1</sup>, D. Guillén-Sánchez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Av. Universidad 1001, colonia Chamilpa, Cuernavaca, Morelos. C. P. 62209. México. Correo-e: [voscar66@yahoo.com.mx](mailto:voscar66@yahoo.com.mx)

\* Autor para correspondencia.

---

### RESUMEN

Se realizó un experimento en condiciones de invernadero y en dos fechas de siembra con la finalidad de evaluar el efecto de la concentración relativa de calcio (6, 9, 12 y 15 me·L<sup>-1</sup>) en la solución nutritiva sobre el crecimiento y resistencia del tallo al daño mecánico de plántulas de tomate. Se usó el híbrido Yaqui de crecimiento determinado y fruto tipo saladette. En la siembra de marzo, la concentración de 15 me·L<sup>-1</sup> de Ca incrementó la resistencia del tallo al daño mecánico (2.1 N). En la siembra de mayo, con 6 me·L<sup>-1</sup> de Ca se incrementó la altura de la plántula, la resistencia del tallo al daño mecánico (3.8 N) y el volumen de la raíz (0.94 cm<sup>3</sup>) de las plántulas.

**Palabras clave:** *Lycopersicon esculentum*, *Steiner*, *saladette*.

### ABSTRACT

An experiment under plastic house conditions with two moments of sowing, was carried out, to evaluate the effect of relative calcium concentration (6, 9, 12 y 15 me·L<sup>-1</sup>) of nutritive solution, in growth and mechanical resistance of the stem of tomato seedlings. "Yaqui" hybrid which is of determinate growth plant and saladette type fruit was used. In the sowing of March, 15 me·L<sup>-1</sup> of Ca concentration increased resistance to mechanical damage (2.1 N) of stem. In the sowing of May, 6 me·L<sup>-1</sup> of Ca concentration increased seedling height, mechanical damage (3.8 N) of stem, and root volume (0.94 cm<sup>3</sup>) of seedlings.

**Key words:** *Lycopersicon esculentum*, *Steiner*, *saladette*.

## INTRODUCCIÓN

En tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), la calidad de plántula está directamente relacionada con precocidad, tamaño y número de frutos (Markovic, *et al.*, 1997). El crecimiento de la misma depende, entre otros factores, del equilibrio fisiológico de la solución nutritiva; por consiguiente, el efecto del Ca en las plántulas está en función de la concentración total y de la relación mutua con respecto al total de cationes ( $K^+ + Ca^{2+} + Mg^{2+}$ ) (Steiner, 1984).

Este nutrimento confiere resistencia mecánica a las paredes celulares, estabiliza la estructura de las membranas, reduce significativamente la presencia de algunas enfermedades y tiene diferentes funciones fisiológicas esenciales para el desarrollo y crecimiento de las plantas (Sanders *et al.*, 1999).

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la concentración relativa de calcio (6, 9, 12 y 15  $me \cdot L^{-1}$ ) en la solución nutritiva sobre el crecimiento y la resistencia del tallo al daño mecánico de plántulas de tomate en dos fechas de siembra.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en un invernadero con cubierta de plástico transparente del campo experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Mor. Se utilizó semilla del híbrido Yaqui, de crecimiento determinado, con frutos tipo saladette y con resistencia al Virus del Mosaico del Tomate, Fusarium 1 y 2 y nematodos. La siembra se realizó en marzo y mayo, en charolas de poliestireno de 200 cavidades, llenas de turba comercial preparada para almácigo y colocando una semilla por cavidad a una

profundidad aproximada de 5 mm. Se regó con agua destilada y con una aspersora manual, dos veces al día (9:00 y 15:00 h) desde la siembra de la semilla hasta la exposición completa de las hojas cotiledonales (8 días en ambas fechas); posteriormente, se regó con solución nutritiva por 21 días en la primera fecha de siembra y por 16 días en la segunda.

Los tratamientos se diseñaron a partir de modificaciones a la solución nutritiva universal de Steiner (1984), en la cual, la concentración (en  $me \cdot L^{-1}$ ) de  $NO_3^-$  es de 12;  $H_2PO_4^-$ , 1;  $SO_4^{2-}$ , 7;  $K^+$ , 7;  $Ca_2^+$ , 9;  $Mg_2^+$ , 4; cuando el potencial osmótico de la solución es de -0.072 MPa; la concentración total de aniones y el de cationes es de 20  $me \cdot L^{-1}$ , respectivamente. Del total de aniones, el  $NO_3^-$  representa 60%;  $H_2PO_4^{2-}$ , 5%; y  $SO_4^{2-}$ , 35%; y del total de cationes, el  $K^+$  representa 35%;  $Ca_2^+$ , 45%; y  $Mg_2^+$ , 20%.

Se consideraron cuatro concentraciones de  $Ca_2^+$ , con respecto al total de cationes: 30% (6  $me \cdot L^{-1}$ ), 45% (9  $me \cdot L^{-1}$ ), 60% (12  $me \cdot L^{-1}$ ) y 75% (15  $me \cdot L^{-1}$ ). La concentración de  $Ca_2^+$  se modificó con base en la relación  $K^+ + Ca_2^+ + Mg_2^+$  de 7:9:4 (en  $me \cdot L^{-1}$ ), respectivamente. En todos los tratamientos se mantuvo constante la relación  $K^+ + Mg_2^+$  de 7:4 ( $me \cdot L^{-1}$ ), al igual que la concentración total y la relativa de los aniones (Cuadro 1).

La composición química de las soluciones nutritivas usadas se presenta en el Cuadro 2. La diferencia entre los potenciales osmóticos de las soluciones nutritivas, obtenida empíricamente de acuerdo con la metodología de Steiner (1961), es igual o menor de -0.009 MPa, lo cual indica que el efecto de esta variable es similar en todas las soluciones. Respecto a lo anterior, Steiner (1961) menciona que las plantas no manifiestan modificaciones

significativas en su crecimiento cuando la diferencia en el potencial osmótico es menor de  $-0.02$  MPa.

Las soluciones nutritivas se prepararon con fertilizantes grado reactivo de  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{CaHPO}_4$  y agua destilada. El pH se ajustó a 5.5 con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1N. En todas las soluciones nutritivas, las concentraciones de los micronutrientes fueron (en  $\text{mg L}^{-1}$ ): Fe, 4; B, 0.5; Mn, 0.5; Zn, 0.05; Cu, 0.045 y Mo, 0.01. El Fe se proporcionó como Fe-EDTA.

El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro tratamientos y un testigo (sólo agua destilada) con 18 repeticiones por tratamiento. La unidad experimental fue una celda de la charola con una plántula.

Las variables de respuesta se evaluaron a los 29 días después de la siembra en el primer experimento y a los 24 días en el segundo, cuando las plántulas presentaron cuatro hojas verdaderas y la quinta hoja tuvo un tamaño aproximado de  $5 \pm 1$  mm, lo cual coincidió con el momento del trasplante.

Se midieron las variables siguientes:

Altura de la plántula: con una regla se midió desde la base del tallo hasta la última hoja apical.

Longitud de raíz: con una regla se midió desde el cuello de la plántula hasta el ápice de la raíz más larga.

Volumen de raíz: se determinó por desplazamiento de agua con una probeta de 10 mL.

Diámetro de tallo: se midió con un vernier en la parte media entre la base del tallo y las hojas cotiledonales

Peso de materia seca de raíz, tallo y hojas: para secar el material se usó una estufa de circulación forzada de aire a una temperatura de  $70$  °C por 72 h, y para pesar se usó una balanza analítica.

Distribución de materia seca: se consideró por separado el peso de la materia seca de raíz, tallo y hoja en relación con el peso de la materia seca total de la plántula.

Resistencia del tallo al daño mecánico: se midió con un texturómetro manual (Chatillon DF250) y puntal plano (4.7 mm de diámetro en la base); la unidad de medida fue newtons (N).

Se realizó el análisis de varianza y prueba de comparación de medias Tukey ( $P \leq 0.05$ ) de las variables de respuesta con el Sistema de Análisis Estadístico para Windows, versión 6.10 (SAS Institute, 1994).

Cuadro 1. Concentración porcentual de iones en las soluciones nutritivas.

Tratamiento	Iones y concentración					
	$\text{NO}_3^-$	$\text{H}_2\text{PO}_4^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{K}^+$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$
1	60	5	35	44.55 <sup>z</sup>	30	25.45
2	60	5	35	35	45	20
3	60	5	35	25.45	60	14.56
4	60	5	35	15.91	75	9.09
Testigo	Agua destilada					

<sup>z</sup> La concentración absoluta de  $\text{K}^+$  y  $\text{Mg}^{2+}$  es variable en cada tratamiento, pero se conserva la relación entre ellos, que es 1.75. Es decir, por cada  $1 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1}$  de  $\text{Mg}^{2+}$  hay  $1.75 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1}$  de  $\text{K}^+$ . Lo anterior es el resultado de dividir  $7 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1}$  de  $\text{K}^+$  entre  $4 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1}$  de  $\text{Mg}^{2+}$ , contenido en la solución nutritiva de Steiner (1984).

Cuadro 2. Composición química de las soluciones nutritivas.

Tratamiento	Iones y concentración					
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
	----- me L <sup>-1</sup> -----					
1	12.00	1.00	7.00	8.91	06.00	5.09
2	12.00	1.00	7.00	7.00	09.00	4.00
3	12.00	1.00	7.00	5.09	12.00	2.91
4	12.00	1.00	7.00	3.18	15.00	1.82
Testigo	Agua destilada					

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las plántulas regadas con las diferentes soluciones nutritivas completas presentaron crecimiento significativamente ( $P \leq 0.05$ ) mayor que el testigo, esto indica que el aporte nutrimental del sustrato no fue suficiente para cubrir las necesidades nutrimentales de las plántulas, por lo tanto, la diferencia en las variables morfológicas se debe al efecto de los tratamientos.

### Altura de plántula

En la siembra de marzo, las concentraciones de Ca no tuvieron efecto estadísticamente diferente ( $P \leq 0.05$ ) en la altura de las plántulas, siendo en promedio de 11.21 cm (Cuadro 3); sin embargo, en la siembra de mayo, las plántulas nutridas con 6 y 9 me·L<sup>-1</sup> de Ca tuvieron 13.41 cm de altura, 18% más que las plántulas nutridas con 12 y 15 me·L<sup>-1</sup>, las cuales tuvieron una altura promedio de 11.27 cm (Cuadro 3). Con base en la altura, las plántulas se consideran de calidad ya que Weston y Zandstra (1989) mencionan que éstas deben ser de 10.1 a 26.8 cm.

De los resultados antes señalados se aprecia que la concentración de calcio en la solución nutritiva afectó la altura de la planta en dependencia de la fecha de siembra, lo cual puede deberse en parte a la temperatura ya

que en marzo fue de 23.8 °C, mientras que en mayo fue de 25.6 °C. La influencia de la temperatura en la altura de la planta también se vio manifestado en el tiempo requerido para alcanzar el estado de cuatro hojas verdaderas desarrolladas y aparición de la quinta hoja verdadera, puesto que en la siembra de marzo esta etapa se alcanzó a los 29 días, mientras que para la siembra de mayo, a los 24 días.

La temperatura afecta la tasa de transpiración, de manera que al incrementarse la primera, se incrementa la segunda, dentro de ciertos límites (Šebánek, 1992). El Ca es un elemento que se transporta de la raíz a las partes aéreas de las plantas vía xilema, siguiendo el flujo transpiratorio; una vez depositado, se utiliza y acumula debido a que es poco móvil (Hanson, 1984).

Por lo anterior, es probable que con las temperaturas relativamente altas de mayo, el Ca se haya concentrado en los ápices de la planta, en comparación con las plantas crecidas en marzo, y esta relativa alta concentración haya sido un factor para la disminución relativa de la altura de la planta.

Al respecto, Villegas *et al.* (2005) mencionan que la concentración de Ca en las plántulas de tomate híbrido Gabriela fue significativamente mayor (48.72%) cuando se nutrieron con 60% (12 me·L<sup>-1</sup>) de este nutrimento en la

solución nutritiva que con 30% (6 me·L<sup>-1</sup>) y 45 % (9 me·L<sup>-1</sup>).

Es importante resaltar que, si bien en la siembra de mayo las plántulas nutridas con 12 y 15 me·L<sup>-1</sup> de Ca fueron significativamente menos altas ( $P \leq 0.05$ ) que las plántulas nutridas con 6 y 9 me·L<sup>-1</sup>, tuvieron una altura similar a las plántulas sembradas en marzo donde las diferentes concentraciones de calcio no tuvieron efecto estadísticamente diferente ( $P \leq 0.05$ ) sobre esta variable.

### Longitud de raíz

El análisis de varianza indicó que la concentración de Ca no tuvo efecto significativo ( $P \leq 0.05$ ) en la longitud de raíz de las plántulas independientemente de la fecha de siembra. En la siembra de marzo, la longitud promedio de la raíz por plántula fue de 9.97 cm; mientras que en la siembra de mayo fue de 10.52 cm.

En relación con las plántulas testigo, con deficiencia nutrimental, en la siembra de marzo presentaron una longitud de raíz similar a las plántulas nutridas con Ca; sin embargo, en la siembra de mayo, las plántulas nutridas con la solución completa, independientemente de la concentración de Ca, presentaron significativamente ( $P \leq 0.05$ ) raíces más largas.

Esta diferencia probablemente se deba a la influencia de la temperatura durante el desarrollo de la plántula, ya que en marzo la temperatura promedio del ambiente fue de 23.8 °C, mientras que en mayo fue de 25.6 °C. Al respecto, Adams (1999) indica que el ambiente físico donde se desarrolla la planta afecta la tasa de crecimiento.

En la siembra de marzo, las plántulas con deficiencia nutrimental presentaron una raíz con longitud similar que las plántulas nutridas con solución completa, no obstante, éstas fueron

delgadas y ligeras, su volumen y peso de materia seca fueron significativamente inferiores ( $P \leq 0.05$ ) en comparación con las raíces de las plántulas nutridas, lo cual indica, que cuando una plántula tiene carencia de nutrimentos, los pocos fotoasimilados que le llegan los destina a crecimiento, lo más probable por elongación celular, para conseguir los nutrimentos requeridos a mayor profundidad.

Lo anterior se puede interpretar como una respuesta adaptativa al estrés nutrimental.

### Volumen de raíz

La concentración de Ca en la solución nutritiva afectó el volumen de la raíz en función de la temperatura prevaleciente; en marzo, las diferentes concentraciones de Ca afectaron de manera similar esta variable ( $P \leq 0.05$ ), el volumen promedio de raíz por plántula fue de 0.66 cm<sup>3</sup>.

En mayo, el contenido del Ca en la solución tuvo influencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) en el volumen de raíz: las plantas nutridas con 6 y 15 me·L<sup>-1</sup> presentaron en promedio 30% más volumen que las raíces de plántulas nutridas con 9 y 12 me·L<sup>-1</sup>. El volumen promedio de la raíz de las plántulas nutridas con 6 me·L<sup>-1</sup> de Ca fue de 1.0 cm<sup>3</sup> (Cuadro 3).

En un experimento se obtuvo que el volumen de raíz fue de 1.21 cm<sup>3</sup> en plántulas de tomate "Gabriela" nutridas con 9 y 12.25 me·L<sup>-1</sup> de Ca, lo cual difiere con los resultados obtenidos en el presente experimento (Villegas *et al.*, 2005).

### Diámetro de tallo

En la siembra de marzo, el diámetro de tallo de las plántulas no fue significativamente diferente ( $P \leq 0.05$ ) en

las plantas nutridas con Ca en concentraciones crecientes en la solución nutritiva; mientras que en mayo, el diámetro de las plántulas nutridas con 12 me·L<sup>-1</sup> de Ca en la solución fue 13% menos que la de los otros tratamientos.

El diámetro del tallo promedio fue de 3.24 mm en la primera fecha de siembra y de 3.14 mm en la siembra de mayo para las plántulas nutridas con 6, 9 y 15 me·L<sup>-1</sup> de Ca (Cuadro 3).

Estos resultados son similares a lo reportado por Villegas *et al.* (2005) quienes mencionan un diámetro de tallo en plántulas de tomate "Gabriela" de crecimiento indeterminado de 3.20 mm nutridas con 9 y 12.25 me·L<sup>-1</sup> de Ca.

#### **Peso de materia seca de raíz**

Esta variable no fue estadísticamente diferente ( $P \leq 0.05$ ) en la plántulas de los tratamientos con Ca para la primera fecha de siembra (Cuadro 4). En la siembra de mayo, la concentración de Ca en la solución nutritiva provocó que las plántulas tuvieran diferencia significativa ( $P \leq 0.05$ ) en el peso de la materia seca de la raíz. Las plántulas nutridas con 6 me·L<sup>-1</sup> de calcio presentaron 43% más de materia seca de raíz que las plantas nutridas con 9 y 15 me·L<sup>-1</sup> de Ca y 113% más que las plantas nutridas con 12 me·L<sup>-1</sup> (Cuadro 4).

Estos resultados contrastan con los reportados por Villegas *et al.* (2005) quienes reportan que la materia seca de las raíces de plántulas del híbrido Gabriela nutridas con 6 y 12 me·L<sup>-1</sup> de Ca fue estadísticamente similar ( $P \leq 0.05$ ).

También mencionan que con las temperaturas relativamente altas de mayo, las plántulas del híbrido Gabriela nutridas con 12 me·L<sup>-1</sup> de Ca el peso de la materia seca de la raíz fue superior

41.03% que el peso de la materia seca de la raíz de las plántulas nutridas con 9 me·L<sup>-1</sup>; mientras que en el híbrido Yaqui sucedió lo contrario: con 9 me·L<sup>-1</sup> de Ca, la materia seca de la raíz se incrementó 66.66% en comparación con la producida por las plántulas nutridas con 12 me·L<sup>-1</sup>.

Los resultados anteriores ponen de manifiesto lo mencionado por Steiner (1973, 1984), Carpena-Artes *et al.* (1987) y Adams (1999) al decir que las necesidades nutrimentales de los vegetales dependen de factores como la especie y variedad, pero pueden ser modificados por el ambiente que rodea a la planta.

En la siembra de marzo, el peso promedio de materia seca de raíz por plántula fue de 41 mg, mientras que en la siembra de mayo fue de 66 mg (Cuadro 4).

#### **Peso de materia seca de tallo**

En la primera fecha de siembra (marzo), el peso de la materia seca del tallo no fue estadísticamente diferente ( $P \leq 0.05$ ) entre las plantas que fueron nutridas con Ca en la solución nutritiva (Cuadro 4).

En la segunda fecha de siembra, la concentración de Ca en la solución nutritiva afectó significativamente ( $P \leq 0.05$ ) el peso de la materia seca de tallo. Con la concentración más baja de Ca (6 me·L<sup>-1</sup>) se favoreció esta variable 34% en comparación con los tratamientos con 9 y 15 me·L<sup>-1</sup>, y 91% en relación con las plantas nutridas con 12 me·L<sup>-1</sup> (Cuadro 4).

#### **Peso de materia seca de hojas**

El peso de la materia seca de hojas se afectó por la concentración de calcio en la solución nutritiva. En la siembra de marzo, la acumulación de materia seca no fue estadísticamente

diferente ( $P \leq 0.05$ ) para las plántulas nutridas con 9 y 15  $\text{me}\cdot\text{L}^{-1}$  de Ca; sin embargo, las plántulas nutridas con 15  $\text{me}\cdot\text{L}^{-1}$  de calcio produjeron 23% más de materia seca que las plántulas nutridas con 6 y 12  $\text{me}\cdot\text{L}^{-1}$  de Ca (Cuadro 4).

En la siembra de mayo, la acumulación de materia seca en hojas de las plántulas nutridas con 6 y 9  $\text{me}\cdot\text{L}^{-1}$  no fue estadísticamente diferente ( $P \leq 0.05$ ), pero las plantas nutridas con 6  $\text{me}\cdot\text{L}^{-1}$  de Ca acumuló 25% más de materia seca en las hojas que las plantas nutridas con 15  $\text{me}\cdot\text{L}^{-1}$  (Cuadro 4).

### Distribución de materia seca

En cuanto al patrón de distribución de materia seca, las concentraciones de Ca de la solución nutritiva evaluadas en el presente experimento no lo modificaron.

En promedio, 22.2% de la materia seca se destinó a la raíz, 20% al tallo y 56.5% a las hojas. La relación vástago/raíz con base en materia seca fue de 3.86:1 (Figura 1).

Estos resultados difieren con los de Tapia y Gutiérrez (1997) quienes indicaron que en tomate "Michigan" las hojas, tallo y raíces contribuyeron de manera similar al peso de materia seca total de la plántula.

En las plantas testigo, con deficiencia nutrimental, el patrón de distribución de materia seca se modificó a favor de la raíz y en detrimento con la de tallo, para la siembra en marzo; sin embargo, en la siembra de mayo, con temperatura relativamente más alta que la de marzo, también se favoreció la acumulación de materia seca de la raíz pero en detrimento de la de hojas y tallo (Figura 1).

### Resistencia del tallo al daño mecánico

En la siembra de marzo, la resistencia del tallo no fue estadísticamente diferente ( $p \leq 0.05$ ) en las plántulas nutridas con 6, 9 y 12  $\text{me}\cdot\text{L}^{-1}$  y el testigo. Los tallos de las plántulas nutridas con 15  $\text{me}\cdot\text{L}^{-1}$  de Ca en la solución nutritiva presentaron significativamente ( $P \leq 0.05$ ) mayor resistencia al corte que el resto de los tratamientos (Cuadro 4).

En la siembra de mayo, la resistencia mecánica de las plántulas nutridas con las diferentes concentraciones de Ca fue significativamente diferente ( $P \leq 0.05$ ) con respecto al testigo.

De los tratamientos con Ca, 6 y 15  $\text{me}\cdot\text{L}^{-1}$  indujeron la mayor resistencia mecánica de los tallos de las plántulas (Cuadro 4).

Es probable que las plántulas con tallos más resistentes al corte tengan menor problema de adaptación al postrasplante ya que Cornillon (1999) menciona que las plántulas fuertes aseguran un buen establecimiento en campo sobre todo cuando el clima es un factor limitante.

En la siembra de marzo, la fuerza necesaria para cortar el tallo más resistente fue de 2.1 N, mientras que en la siembra de mayo, la fuerza promedio fue de 3.8 N, 80% más que en la primera fecha.

Esta diferencia en la resistencia al corte se le atribuye al efecto que tiene la temperatura sobre la tasa de transpiración, y en consecuencia, a la cantidad de Ca absorbido dado que éste se mueve siguiendo el flujo transpiratorio. White (2001) menciona que hay correlación positiva entre la tasa de transpiración y el calcio liberado al tallo.

Cuadro 3. Efecto de la concentración de calcio de la solución nutritiva sobre las variables de crecimiento de plántulas de tomate en dos fechas de siembra.

Tratamiento	AP (cm)	LR (cm)	VR (cm <sup>3</sup> )	DT (mm)
Marzo				
Testigo	4.8 b <sup>z</sup>	9.31 a	0.27 b	1.83 b
6	10.88 a	9.31 a	0.57 a	3.13 a
9	11.42 a	10.78 a	0.66 a	3.37 a
12	10.96 a	10.06 a	0.70 a	3.14 a
15	11.58 a	10.07 a	0.72 a	3.31 a
DMS	1.03	1.65	0.17	0.25
CV (%)	15.59	25.01	43.90	12.87
Mayo				
Testigo	3.9 c	8.41 b	0.13 d	1.32c
6	13.86 a	11.12 a	1.00 a	3.22a
9	12.97 a	10.38 a	0.77 bc	3.16a
12	10.86 b	10.02 a	0.67 c	2.77b
15	11.68 b	10.57 a	0.88 ab	3.05a
DMS	1.10	1.14	0.17	0.23
CV (%)	14.32	16.10	35.01	11.86

<sup>z</sup> Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una P≤0.05. AP: altura de planta; LR: longitud de raíz; VR: volumen de raíz; DT: diámetro de tallo. DMS: diferencia mínima significativa; CV: coeficiente de variación.

Cuadro 4. Efecto de la concentración de calcio de la solución nutritiva sobre el peso de la materia seca de los órganos y en la resistencia del tallo el daño mecánico de las plántulas de tomate en dos fechas de siembra.

Tratamiento	MSR (mg.plántula <sup>-1</sup> )	MST (mg.plántula <sup>-1</sup> )	MSH (mg.plántula <sup>-1</sup> )	RC (N)
Marzo				
Testigo	22 b <sup>z</sup>	10 b	32 c	1.50 b
6	36 a	44 a	114 b	1.70 b
9	45 a	44 a	131 ab	1.59 b
12	40 a	42 a	121 b	1.53 b
15	46 a	48 a	146 a	2.17 a
DMS	11	9	23	0.36
CV (%)	44.33	34.16	31.96	21.06
Mayo				
Testigo	4 d	3 d	6 d	1.91 c
6	66 a	53 a	158 a	3.47 a
9	47 b	40 b	138 ab	2.87 b
12	30 c	27 c	95 c	2.58 b
15	45 b	39 b	126 b	3.81 a
DMS	12	9	27	0.54
CV (%)	38.31	32.31	31.02	18.23

<sup>z</sup> Valores con la misma letra dentro de cada columna son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una P≤0.05. MSR: materia seca de raíz; MST: materia seca de tallo; MSH: materia seca de hojas; RC: resistencia al corte; DMS: diferencia mínima significativa; CV: coeficiente de variación.

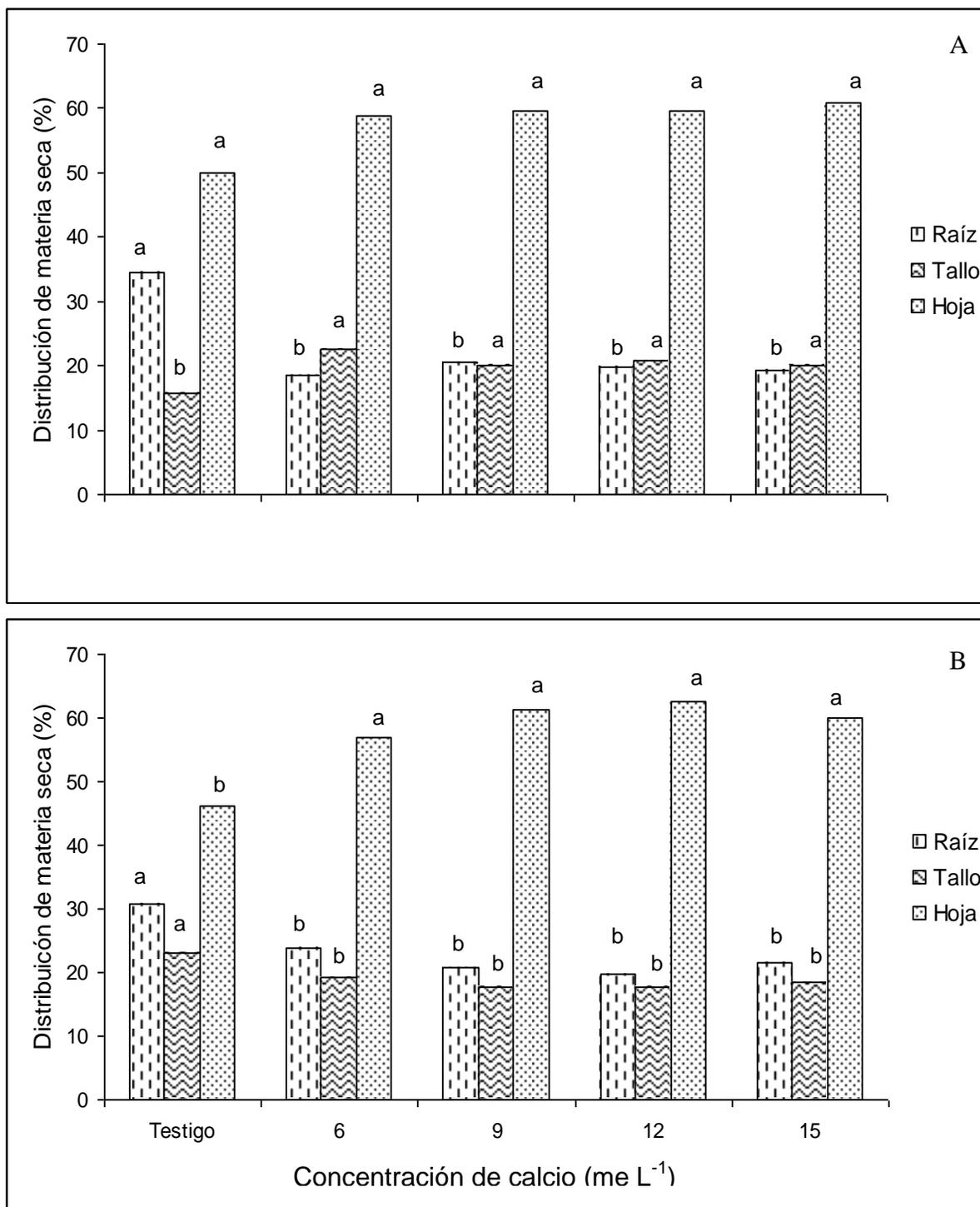


Figura 1. Distribución de la materia seca en plántulas de tomate “Yaqui” por efecto de la concentración de calcio de la solución nutritiva en dos épocas de siembra, marzo (A) y mayo (B) de 2005; letras similares para cada órgano de la plántula son iguales de acuerdo con la prueba de Tukey a una  $P \leq 0.05$ .

## CONCLUSIONES

En la siembra de marzo, la concentración de  $15 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1}$  de Ca en la solución nutritiva incrementó la resistencia mecánica del tallo (2.1 N). En la siembra de mayo, con  $6 \text{ me}\cdot\text{L}^{-1}$  de Ca se incrementó la altura de plántula, la resistencia mecánica del tallo (3.8 N) y el volumen de raíz.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo del proyecto SEP-PROMEP (UAEMOR-PTC-167) para la realización del presente trabajo.

## LITERATURA CITADA

- Adams, P. 1999. Plant nutrition demystified. *Acta Hort.* 481: 341 – 344.
- Carpena-Artes, O.; Masaguer-Rodríguez, A.; Sarro-Casillas, M. J. 1987. Evaluación de los contenidos minerales de raíz, tallo y hoja de plantas de tomate como índices de nutrición. *Ann. Edafología Agrobiol.* 46: 117-127.
- Cornillon, P. 1999. Fertirrigation and transplant production. *Acta Hort.* 487: 133-137.
- Hanson, J. B. 1984. The functions of calcium in plant nutrition, pp. 149-208. In: *Advances in Plant Nutrition*. TINKER, P. B.; LÄUCHLI, A. (eds.). Vol. 1. Praeger Publishers. Washington D. C., USA.
- Marković, V.; Djurovka, M.; Ilin, Ž. 1997. The effect of seedling quality on tomato yield, plant and fruit characteristics. *Acta Hort.* 462: 163-167.
- Sanders, D.; Brownlee, C.; Harper, J. F. 1999. Communication with calcium. *Plant Cell* 11: 691-706.
- SAS Institute (1994). The SAS system for Windows. Release 6.10. SAS Institute. North Caroline, USA. 80 p.
- šebánek, J. 1992. *Plant Physiology. Developments in Crop Science* 21. Elsevier. Praga, Czechoslovakia.
- Steiner, A. A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant Soil* 15: 134-154.
- Steiner, A. A. 1973. The selective capacity of tomato plants for ion in a nutrient solution. *Proceedings of Third International Congress on Soilless Culture*. Wageningen, The Netherlands. pp. 45 – 53.
- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. *Proceedings of Sixth International Congress on Soilless Culture*. International Society for soilless Culture. Lunteren, The Netherlands. pp. 633-650.
- Tapia, M. L.; Gutiérrez, V. 1997. Distribution pattern of dry weight, nitrogen, phosphorus, and potassium through tomato ontogenesis. *J. Plant Nutr.* 20: 783-791.
- Villegas-Torres, O. G.; Sánchez-García, P.; Baca-Castillo, G. A.; Rodríguez-Mendoza, M. N.; Trejo, C.; Sandoval-Villa, M.; Cárdenas-Soriano, V. 2005. Crecimiento y estado nutrimental de plántulas de tomate en soluciones nutritivas con diferente concentración de calcio y potencial osmótico. *Terra Latinoamericana* 23 (1): 49 – 55.
- Weston, L. A. and B. H. Zandstra. 1989. Transplant age and N and P nutrition effects on growth and yield of tomatoes. *HortScience* 24: 88-90.
- White, P. J. 2001. The pathways of calcium movement to the xylem. *J. Exp. Bot.* 52: 891-899.