

**UNIVERSIDAD DE ALMERÍA**

**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR**

**MÁSTER OFICIAL EN PRODUCCIÓN VEGETAL EN CULTIVOS  
PROTEGIDOS**

**TRABAJO FINAL DE MASTER**

**Efecto de relación  $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^{+}$  en el consumo hídrico y nutricional de un  
cultivo de tomate cv. Raf en condiciones salinas.**

**ALUMNO: ALFONSO TERCERO TORUÑO**

**TUTOR: Dra. MARICARMEN SALAS SANJUAN**

**ALMERÍA, ESPAÑA, SEPTIEMBRE 2011**

## **Efecto de relación $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^{+}$ en el consumo hídrico y nutricional de un cultivo de tomate cv. Raf en condiciones salinas.**

### **The effects of $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^{+}$ relation on water and nutrient uptake of tomato plants cv. Raf under saline conditions.**

#### **Resumen**

En la provincia de Almería la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) el cultivar Raf es muy tradicional, los productores están acostumbrados a producir en condiciones salinas y estrés hídrico para obtener un fruto de buena calidad. El objetivo de este estudio consistió en evaluar el efecto del incremento de la relación  $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^{+}$  en la solución nutritiva aplicada en un cultivo de tomate en condiciones de salinidad sobre el consumo de nutrientes, agua y producción. Paralelamente se evaluó el efecto sobre crecimiento de la planta. Las plantas de tomate fueron cultivadas en un invernadero en cultivo sin suelo empleando como sustrato perlita. Para el experimento se emplearon tres relaciones  $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^{+}$  (2, 4.5 y 12) y un nivel de salinidad en las solución nutritiva con una CE de  $6 \text{ dS m}^{-1}$ . La solución nutritiva fue la misma durante todo el ciclo del cultivo. Se observó que una relación  $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^{+}$  baja (2) tiene un mayor consumo de agua y mayor consumo nutricional. La producción total y precoz disminuye significativamente con el aumento de la relación  $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^{+}$ , mediante el aumento de la concentración de  $\text{Ca}^{2+}$  y disminución de  $\text{K}^{+}$ . En el caso de la distancia entre nudos no tiene efecto el cambio de la relación de  $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^{+}$ . En general, los mejores resultados para el cultivo de tomate se obtuvieron con una menor relación  $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^{+}=2$  ( $\text{Ca}=12 \text{ mmol L}^{-1}$  y  $\text{K}=6 \text{ mmol L}^{-1}$ ) en condiciones de salinidad.

Palabras claves: Salinidad,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^{+}$ , producción, crecimiento.

#### **Abstract**

Raf is a tomato (*Solanum lycopersicum* L.) a cultivar traditional in Almeria. Requiring a specialized management, which is characterized by high EC in the nutrient solution as well as waters stress regimes, resulting in the highest quality fruits. The aim of the study was to evaluate the effects of ratio  $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^{+}$  under conditions of salt stress on yield, growth, water and nutrient uptake. The tomato plants were grown under greenhouse conditions and grown in soilless system using perlite as a substrate. Three ratios of  $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^{+}$  were used (2, 4.5, 12) and one only EC level of  $6 \text{ dS m}^{-1}$ . The nutrient solution was the same along the productive cycle of tomato. A low  $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^{+}$  (2) had a higher water and nutrient uptake. The early and total production decreases significantly with the increase of  $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^{+}$  ratio. The different ratios of concentration  $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^{+}$  didn't had an effect on the distance between knots. In general, the best results were obtained with a lower ratio of  $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^{+}=2$  ( $\text{Ca}=12 \text{ mmol L}^{-1}$  y  $\text{K}=6 \text{ mmol L}^{-1}$ ) in saline conditions.

Keywords: Salinity,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^{+}$ , yield, growth.

## 1. INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum L.*) es uno de los cultivos hortícolas más importantes a nivel mundial y desde que los consumidores empezaron a demandar variedades de mejor calidad, las estrategias enfocadas al mejoramiento de la calidad de la fruta tomaron un gran interés (Dorais *et al.*, 2001; Gruda, 2005, 2009). Así cuando se desea obtener frutos de excelente sabor, como los del tomate cv. Raf con una buena calidad es necesario valores elevados de la conductividad eléctrica (CE) en la disolución nutritiva así como regímenes de estrés hídrico a lo largo del ciclo de cultivo. La salinidad provocada por NaCl, mejora el contenido de azúcares y materia seca, así como la apariencia física de los frutos de tomate (Grattan y Grieve, 1999).

Se sabe que la salinidad elevada en el medio de cultivo causa un desequilibrio nutricional en las plantas de tomate. Las plantas presentan bajas concentraciones de macro-elementos cuando son cultivadas en medios salinos (Cuarteto y Fernández-Muñoz, 1999), lo que conduce a disminución en el crecimiento (Flowers *et al.*, 1997; Greenway y Munns, 1980; Satti y Ahmad, 1992; Öztürk, 2002) y en el tamaño y rendimiento de los frutos (Ehret y Ho, 1986; Adams, 1991; Cornish, 1992; Satti *et al.*, 1993). Este desequilibrio puede ser provocado por el efecto de la salinidad sobre la disponibilidad de nutrientes, por competición en la absorción, transporte o distribución en el interior de la planta o por una desactivación fisiológica de un nutriente esencial, lo que origina un incremento de los requerimientos internos de la planta para ese nutriente (Grattan y Grieve, 1994). Sin embargo, se sabe que aplicando riego con altos niveles de salinidad, ayuda a mejorar la calidad de la fruta (Mizrahi, 1982; Adams, 1987; Mizrahi *et al.*, 1988; Hao *et al.*, 2000; Inal, 2002).

La salinidad máxima de extracto de saturación del suelo tolerada por el tomate, es de 2,5 dS m<sup>-1</sup> (Maas y Hoffman, 1977), aunque puede haber respuesta diferencial a la salinidad entre los diferentes cultivares (Gorham, 1995; Alian *et al.*, 2000). Bajo salinidad moderada, la reducción en el rendimiento de las plantas de tomate se debe principalmente al bajo peso de los frutos, mientras que en condiciones de alta salinidad da como resultado un menor número de frutos por planta (Cuartero y Muñoz, 1999), además la salinidad se incrementa la incidencia de la pudrición apical (Martínez *et al.*, 1987; Cuartero y Muñoz, 1999), lo que hace que los frutos sean no comerciales para el consumo y para la industria. La variación de la relación N/K en la solución nutritiva influye en el rendimiento, la calidad externa y la vida en anaquel de los frutos de tomate, sin afectar la calidad bromatológica (Hernández Díaz *et al.*, 2009).

Tanto el K<sup>+</sup> como el Ca<sup>2+</sup> están entre los nutrientes más importantes relacionados con la tolerancia al estrés salino (Hu y Schmidhalter, 1997). El mantenimiento de adecuados niveles de potasio es esencial para la supervivencia de las plantas en medios salinos. El K<sup>+</sup> es el soluto inorgánico más importante de las plantas y realiza una contribución importante

al disminuir el potencial osmótico en la estela de las raíces para facilitar el transporte de solutos en el xilema y el balance hídrico de las plantas (Marschner, 1995).

La adición de  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{K}^{+}$ , ya sea solos o en combinación con los demás nutrientes, aumenta el volumen de la raíz, peso fresco de hoja y el rendimiento de fruto por planta. La adición de 4.8 mM  $\text{KNO}_3$  a la solución salina que contiene 50 mM  $\text{NaCl}$  produce una mejora significativa en crecimiento de la planta y fructificación del tomate (Satti y López, 1994). Existen experimentos que muestran que las plantas sembradas en sustratos con altos contenidos en  $\text{Na}^{+}$ , reducen el consumo y traslocación de  $\text{K}^{+}$ , sin embargo en otros trabajos, muestran que la adición de  $\text{K}^{+}$  en suelos con altos contenidos de sodio mejora el crecimiento de la planta o la producción (Grattan y Grieve, 1999).

El  $\text{Ca}^{2+}$  es un nutriente esencial e importante para las plantas que juega un papel importante en los procesos que preservan la integridad estructural y funcional de las membranas vegetales y de las estructuras de la pared celular. Actúa como regulador del transporte y selectividad iónica, y ejerce control sobre los intercambios iónicos así como sobre la actividad enzimática de la pared celular (Rengel, 1992; Marschner, 1995). La absorción de  $\text{Ca}^{2+}$  en plantas de tomate se ve reducida por la salinidad, pero no necesariamente por competición con el  $\text{Na}^{+}$ , ya que la reducción en la absorción de  $\text{Ca}^{2+}$  es proporcional a la reducción en la absorción de agua (Adams y Ho, 1989). Son numerosos los estudios que demuestran los beneficios para el crecimiento de los cultivos de un aporte suplementario de  $\text{Ca}^{2+}$  en medio salino: cebada (Lynch y Läuchli, 1985) judía (La Haye y Epstein, 1969); trigo (Deo y Kanwar, 1969); algodón (Cramer et al., 1986); sorgo (Colmer *et al.*, 1996). Para el tomate en condiciones salinas, se observó que el aporte de  $\text{Ca}^{2+}$  tiene un efecto beneficioso sobre la producción de materia seca (Gonzalez-Fernandez, 1996; Lopez y Satti, 1996) y sobre el rendimiento (Lopez y Satti, 1996).

El objetivo de este estudio, consistió en evaluar el efecto del incremento de las relaciones  $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^{+}$  en la solución nutritiva aplicada, en un cultivo de tomate en condiciones de salinidad. Paralelo se evaluó el consumo hídrico, crecimiento y la producción de la planta de tomate.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Descripción del experimento**

El experimento se realizó en la Universidad de Almería. Las plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L. cv. Raf) fueron trasplantadas el 4 de diciembre 2010 a un invernadero tipo parral de “raspa y amagado”. Se utilizaron sacos de 25 L de perlita y la densidad fue de 2.5 plantas  $\text{m}^{-2}$ . Las plantas se podaron a un solo brazo y fueron despuntadas en el sexto ramillete. El manejo del cultivo fue realizado de acuerdo a las prácticas culturales de la zona.

El diseño del experimento es de “*Bloques Completos al Azar*” con tres tratamientos en función de las relaciones  $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^+$  en la solución nutritiva y un nivel de salinidad que se mantuvo a lo largo del ciclo del cultivo. Los niveles de salinidad se consiguen añadiendo NaCl como se observa en la tabla 2. De esta forma se obtienen tres tratamientos constituidos por 3 repeticiones de 3 plantas cada una. Los valores de  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{K}^+$ , así como también la relación entre ambos y la salinidad empleada en este periodo (Tabla 1).

Durante las 12 semanas del experimento, se analizó semanal la conductividad eléctrica (CE) y pH al momento de realizar la solución nutritiva (Riego inicial) y en el drenaje, el porcentaje de drenaje para cada tratamiento, así como el consumo hídrico de las plantas. Se cuantificó el nivel de aniones en riego y drenaje para conocer el consumo de aniones. El parámetro de crecimiento que se analizó fue la distancia entrenudos, que se llevó a cabo al momento de la aparición del sexto ramo, momento en el cual se procederá el despunte del tallo principal, esta medida se realizó al final del ciclo productivo del cultivo.

Se determinó la producción total para cada tratamiento del cultivo de tomate, mediante cosechas que se efectuaron semanalmente. Para determinar el análisis de los aniones en la solución nutritiva se tomaron muestras semanales al momento de aplicar el riego y en el drenaje, para luego analizarlas por Cromatografía Iónica.

Los datos obtenidos tratados estadísticamente con el paquete STATGRAPHICS Plus 5.1© para analizar la varianza mediante un ANOVA multifactorial. Cuando se encontraron diferencias en las fuentes de variación, se empleó el test de mínimas diferencias significativas (DSM) para comparar las diferencias entre los valores medios.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El experimento indica en condiciones de que altos niveles de NaCl para aumentar la salinidad ( $\text{CE}=6 \text{ dS m}^{-1}$ ) junto a un incremento en la relación  $\text{Ca}/\text{K}$  tienen un efecto estadísticamente significativo en el consumo de aniones en las plantas de tomate Raf, con el tiempo el consumo de nutrientes se va reduciendo como se puede observar en la (Fig.1). En el caso del  $\text{NO}_3^-$ , se le aplicó a la solución nutritiva  $14 \text{ mmol L}^{-1}$  en los 3 tratamientos. El T1 con una relación  $\text{Ca}^{+2}/\text{K}^+=2$  y con menor concentración de  $\text{Cl}^-$  en la solución nutritiva fue el que más consumió  $\text{NO}_3^-$  (Fig. 1), seguidos por el T2= 4.5 y T3= 12 respectivamente que presentan mayores niveles de  $\text{Cl}^-$  en la solución nutritiva (Tabla 2), este resultado tiene similitud con lo el experimento realizado por Gratan y Grieve (1999) en donde afirman que el incremento de  $\text{Cl}^-$  en la solución nutritiva, disminuye el consumo de  $\text{NO}_3^-$ . Kafkafi et al. (1992) encontró que el  $\text{Cl}^-$  aplicado en forma de  $\text{CaCl}_2$  al cultivo del tomate tiene un efecto antagonismo en el consumo de  $\text{NO}_3^-$ . El consumo de  $\text{Cl}^-$  (Fig. 1) disminuyó a lo largo del ciclo del cultivo en todos los tratamientos, el T1 disminuyó entre la semana 1 y semana 11 un 43%, el T2 disminuyó un 53% y el T3 un 53%.

El comportamiento en el consumo del  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  es muy variable a lo largo del ciclo, se puede observar un aumento coincidiendo con el período de producción (Fig. 1) .Sin embargo no se aprecian grandes diferencias entre tratamientos con una similitud a lo dicho por Grattan y Grieve (1999) donde el aumento de la salinidad en el cultivo, aumenta o no tiene efecto en el consumo del  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ . Los contenidos de  $\text{SO}_4^{2-}$  en la solución nutritiva aplicada (Tabla 2) son diferentes para cada tratamiento, esto se refleja en el consumo este elemento. El consumo de sulfatos tiende a disminuir con el paso de las semanas, de semana 1 a semana 11 el T1 disminuye un 18% el consumo de  $\text{SO}_4^{2-}$ , el T2=35.8%, T3= 46.9%; de donde a una mayor relación  $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^+$  el consumo de  $\text{SO}_4^{2-}$  en la planta disminuye.

Las concentraciones de nutrientes en el drenaje (Fig.2.) muestran diferencias significativas en los diferentes nutrientes aplicados al cultivo. En el caso del  $\text{NO}_3^-$  que es un elemento esencial para la planta, el drenaje aumento considerablemente debido a que la planta fue reduciendo su consumo en el ciclo del cultivo debido a la alta salinidad expuesta, como se observa en la Fig. 2. El  $\text{Cl}^-$  que se aplico en 3 diferentes cantidades en la solución (Tabla 2), presentó diferencias significativas en los drenajes de los 3 tratamientos como se puede observar en la (Fig. 2), este elemento aumento conforme pasaban las semanas. El  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  en la solución nutritiva del drenaje (Fig. 2), tiene un comportamiento diferente a los demás nutrientes, en este caso los 3 tratamientos tuvieron diferencias significativas entre ellos, de la semana 1 a la semana 3 tiende a subir la cantidad de drenaje, de semana 3 a semana 7 los tratamientos disminuyen la cantidad de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  en el drenaje, esta coincide en la época en donde la planta requiere mayor nutriente para la producción de frutos, de semana 7 a semana 11 los tratamientos aumentan el contenido de este elemento en el drenaje. El  $\text{SO}_4^{2-}$  este elemento en el cual la solución nutritiva aplicada tiene 3 concentraciones diferentes (Tabla 2), el T1 tuvo un incremento de concentración de  $\text{SO}_4^{2-}$  de la semana 1 a la semana 11 de un 25%, el T2=32% y T3=38%.

La influencia de la CE en la solución y la adición de NaCl muestran diferencias significativas en el consumo de agua entre los 3 tratamientos en el periodo en que estos fueron analizados (Fig. 3). El incremento de la salinidad en la solución, reduce el consumo de agua (Savvas et al., 2008; Pardossi et al., 2002). Al finalizar el ciclo del experimento, las plantas del T1 consumieron  $14.01 \text{ L}^{-1} \text{ m}^{-2}$ , el T2 consumió  $12.69 \text{ L}^{-1} \text{ m}^{-2}$  (10% menos), el T3 consumió  $11.64 \text{ L}^{-1} \text{ m}^{-2}$  (17% menos comparado con T1), esto demuestra que a una mayor relación  $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^+$  se reduce significativamente el consumo de agua.

Como se observa en la Fig.4, en condiciones salinas las diferentes relaciones  $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^+$  (Tabla 1) afectan significativamente a la producción en las plantas de tomate, disminuyendo con el aumento de la relación. En el tratamiento con una relación  $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^+ = 2$  tiene una producción total de  $9,048.85 \text{ g m}^{-2}$ , el T2 con  $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^+ = 4.5$  tiene una producción de  $5,943.33 \text{ g m}^{-2}$  (34% menos que T1) y el T3 con  $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^+ = 12$  tiene una producción de  $5,003.40 \text{ g m}^{-2}$  (44% menos que T1). En la (Fig. 4) se muestra la producción precoz (5 primeras semanas de cosecha) con diferencias estadísticamente significativas entre los

tratamientos, con una diferencias en producción entre el T1 y el T2 de un 25% y el T1 con el T3 de un 41%. Una solución nutritiva con un mayor contenido de  $K^+$  tiene una mayor producción. Estos resultados son parecidos a los obtenidos por Yurtseven (2005) en donde concluye que a una alta salinidad y alta concentración de  $K^+$ , se obtiene un mejor rendimiento en la producción en la planta de tomate. En la distancia entrenudos (Fig. 6) las diferentes relaciones  $Ca^{2+}/K^+$  no tuvo ninguna diferencia significativa entre los distintos tratamientos.

En la Tabla 3 se incluyen las regresiones simples entre producción ( $g\ m^{-2}$ ) y la concentración de  $Ca^{2+}$ ,  $K^+$ , y  $Ca^{2+}/K^+$  ( $mmol\ L^{-1}$ ) en la solución nutritiva. Un aumento de la concentración de Ca y disminución del  $K^+$  ( $Ca^{2+}/K^+$ ) en la solución nutritiva tiene una relación negativa con la producción ( $P\leq 0.05$ ). En las condiciones del ensayo con salinidad elevada en el medio radical, la producción aumentaría significativamente con el aumento de la concentración de  $K^+$  en la solución nutritiva ( $P\leq 0.01$ ).

## Referencias

- Adams, P., 1987. The test of raised salinity. *Grower* 107(2) (23), 25-27.
- Adams, P. 1991. Effects of increasing the salinity of nutrient solution with major nutrients or sodium chloride on the yield, quality and composition of tomatoes grown in Rockwool. *J. Hort. Sci.* 66, 201-207.
- Adams, P. and Ho, L.C. 1989. Effects of constant and fluctuating salinity on the yield, quality and calcium status of tomatoes. *J. Hort. Sci.* 64, 725-732.
- Alian, A., Altman, A., Heuer, B., 2000. Genotypic difference in salinity and water stress tolerance of fresh market tomato cultivars. *Plant Sci.* 152, 59-65.
- Bernstein, L., Francois, L.E., Clark, R.A., 1974. Interactive effects of salinity and fertility on yields of grains and vegetables. *Agron. J.* 66, 412-421.
- Colmer, T.D., Fan, T.W. M., Higas, R.M. and Läuchli, A. 1996. Interactive effects of  $Ca^{2+}$  and NaCl salinity on the ionic relations and proline accumulation in the primary root tip of *Sorghum bicolor*. *Physiologia Plantarum* 97, 421-424.
- Cornish, P.S. 1992. Use of high electrical conductivity of nutrient solution to improve the quality of salad tomatoes grown in hydroponics culture. *Aust. J. Exp. Agric.* 32, 513-520.
- Cramer, G.R., Läuchli, A. and Epstein, E. 1986. Effects of NaCl and  $CaCl_2$  on ion activities in complex nutrient solutions and root growth of cotton. *Plant Physiol.* 81, 792-797.
- Cruz, V., Cuartero, J. 1990. Effects of salinity at several developmental stages of six.
- Cuartero, J., Fernández-Muñoz, R. 1999. Tomato and salinity. *Sci. Hort.* 78: 83-125.
- Cuartero, J., Fernández-Muñoz, R., 1999. Tomato and salinity. *Sci. Hort.* 78, 83-125.
- Dorais, M., Papadopoulus, A., Gosselin, A., 2001. Greenhouse tomato fruit quality *Hortic. Rev.* 26, 239-319.
- Deo, R. and Kanwar, J.S. 1969. Effect of saline irrigation waters on the growth and chemical composition of wheat. *J. Indian Soc. Soil Sci.* 16, 365-370.
- Ehret, D.L., Ho, L.C., 1986. The effects of salinity on dry matter partitioning and fruit growth in tomatoes grown in nutrient film culture. *J. Sci. Hort.* 61, 361-367.

- Flowers, T.J., Troke, P.F., Yeo, A.R., 1977. The mechanisms of salt tolerance in halophytes. *Annu. Ref. Plant Physiol.* 28, 89–121.
- Grattan, S.R. and Grieve, C.M. 1994. Mineral nutrient acquisition and response by plants grown in saline environments. In: Pessarakli, M. (Ed), *Handbook of Plant and Crop Stress*. Marcel Dekker, New York, pp. 203-226.
- Grattan, S.R., Grieve, C.M., 1999. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. *Sci. Hort.* 78, 127–157.
- Greenway, H. and Munns, R. 1980. Mechanism of salt tolerance in nonhalophytes. *Annu. Rev. Plant. Physiol.* 31, 149-190.
- Gruda, N., 2005. Impact of environmental factors on product quality of greenhouse vegetables for fresh consumption. *Crit. Rev. Plant Sci.* 24, 227-247.
- Gruda, N., 2009. Do soilless culture systems have an influence on product quality of vegetables? *J. Appl. Bot. Food Qual.* 82, 141-147.
- González-Fernández, J.J. 1996. Tolerancia a la salinidad en el tomate en estado de plántula y en planta adulta. Tesis doctoral. Universidad de Cordoba, 269 pp.
- Gorham, J. 1995. Sodium content of agricultural crops. In: Phillips, C. J. C.; Chiy, P. C. (ed.). *Sodium in agriculture*. Canterbury: Chalcombe Publ. cap.2, p.17-32.
- Hao, X., Papadopoulos, A.P., Dorais, M., Ehret, D.L., Turcotte, G., Gosselin, A., 2000. Improving tomato fruit quality by raising the EC of NFT nutrient solutions and calcium spraying: effects on growth, photosynthesis yield and quality. *Acta Hort.* 511, 213-224.
- Hernández Díaz M., Chailloux M., Moreno V., Ojeda A., Salgado J., Bruzón O. 2009. Relaciones nitrógeno-potasio en fertirriego para el cultivo protegido del tomate en suelo Ferralítico Rojo. *Pesq. agropec. bras. Brasília*, 44:429-436.
- Hu, Y. and Schmidhalter, U. 1997. Interactive effects of salinity and macronutrient level on wheat. 2. Composition. *J. Plant Nutr.* 20, 1169-1182.
- Inal, A., 2002. Growth, proline accumulation and ionic relations of tomato as influenced by NaCl TUBITAK *Turk. J. Bot.* 26, 285- 290.
- Kafkafi, U., Valoras, N., Letey, J., 1982. Chloride interaction with nitrate and phosphate nutrition in tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *J. Plant Nutr.* 5, 1369±1385.
- Lynch, J. and Läuchli, A. 1985. Salt stress disturbs the Ca nutrition of barley (*Hordeum vulgare* L.) *New Phytologist* 99, 345-354.
- La Haye, P.A. and Epstein, E. 1969. Salt toleration by plants: enhancement with calcium *Science* 166, 395-396.
- Lopez, M. V. and Satti, S.M.E. 1996. Calcium and potassium-enhanced growth and yield of tomato under sodium chloride stress, *Plant Sci.* 114, 19-27.
- Marschner, H., 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Academic Press, London, p. 889.
- Marschner, H. 1995. *Mineral nutrition of higher plants*, Second ed. Academic Press, Amsterdam.
- Maas E., Hoffman G., 1997. Crop salt tolerance - current assessment. *Journal of Irrigation and Drainage Division* 103: 115-134.
- Martínez, V.; Cerda, A.; Fernández, F. G. 1987. Salt tolerance of four tomato hybrids. *Plant and Soil*, Dordrecht, v.97, n.2, p.233-242.
- Mizrahi, Y., 1982. Effect of salinity on tomato fruit ripening. *Plant Physiol.* 69, 966–970.



- Mizrahi, Y., Taleisnik, E., Kagan-Zur, V., Zohas, Offenbach, R., Matan, E., Golan, R., 1988. A saline irrigation regime for improving tomato fruit quality without reductions yield. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 113, 202-205.
- Öztürk, A. 2002. Farklı gelişme dönemlerinde uygulanan tuzlu ve normal suların patlıcan (*Solanum melongola*L). Bitkisinin bazı özelliklerine ve toprak tuzluluğuna etkisi. *S. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi* 16 (30), 14-20.
- Pardossi, A., Malorgio, F., Incrocci, L., Campiotti, C.A. and Tognoni, F. 2002. A comparison between two methods to control nutrients delivery to greenhouse melons grown in recirculating nutrient solution culture. *Sci. Hort.* 92, 89 – 95.
- Rengel, Z., 1992. The role of calcium in salt toxicity. *Plant Cell Environ.* 15, 625-632.
- Satti S., Lopez.M. 1994. Effect of increasing potassium levels for alleviating sodium chloride stress on the growth and yield of tomato. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 25: 2807-2823.
- Satti, S.M.E. and Ahmad, R. 1992. Salinity tolerance in tomato. *Pak J Bot.* 24, 35-39.
- Satti, S.M., Al-Said, F.A., 1993. Salinity induced changes in vegetative and reproductive growth in tomatoes. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 25, 5-16.
- Yurtseven, E., Kesmez, G.D., Unlukara, A., 2005. The effects of water salinity and potassium levels on yield, fruit quality and water consumption of a native central Anatolian tomato species (*Lycopersicon esculantum*). *El Sevier.* 128-135.

## Figuras

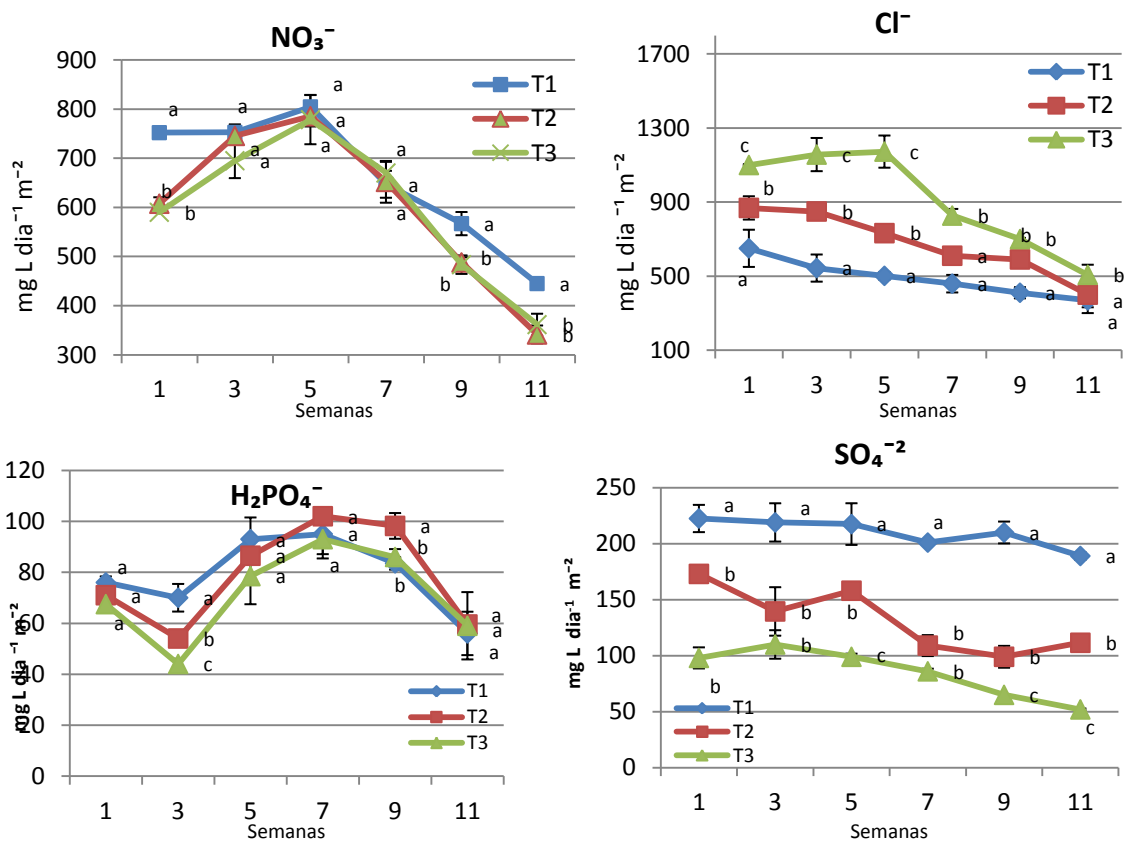


Fig.1. Consumo de aniones ( $\text{mg día}^{-1} \text{ m}^{-2}$ ) por semanas en función de la relación  $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^+$  (concentración expresada en  $\text{mmol L}^{-1}$ ) aplicada en la solución nutritiva: T1=2, T2=4.5, T3=12, con una CE= 6  $\text{dS m}^{-1}$ . La semana 1 corresponde al día 70 DDT. Las letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos al 95%.

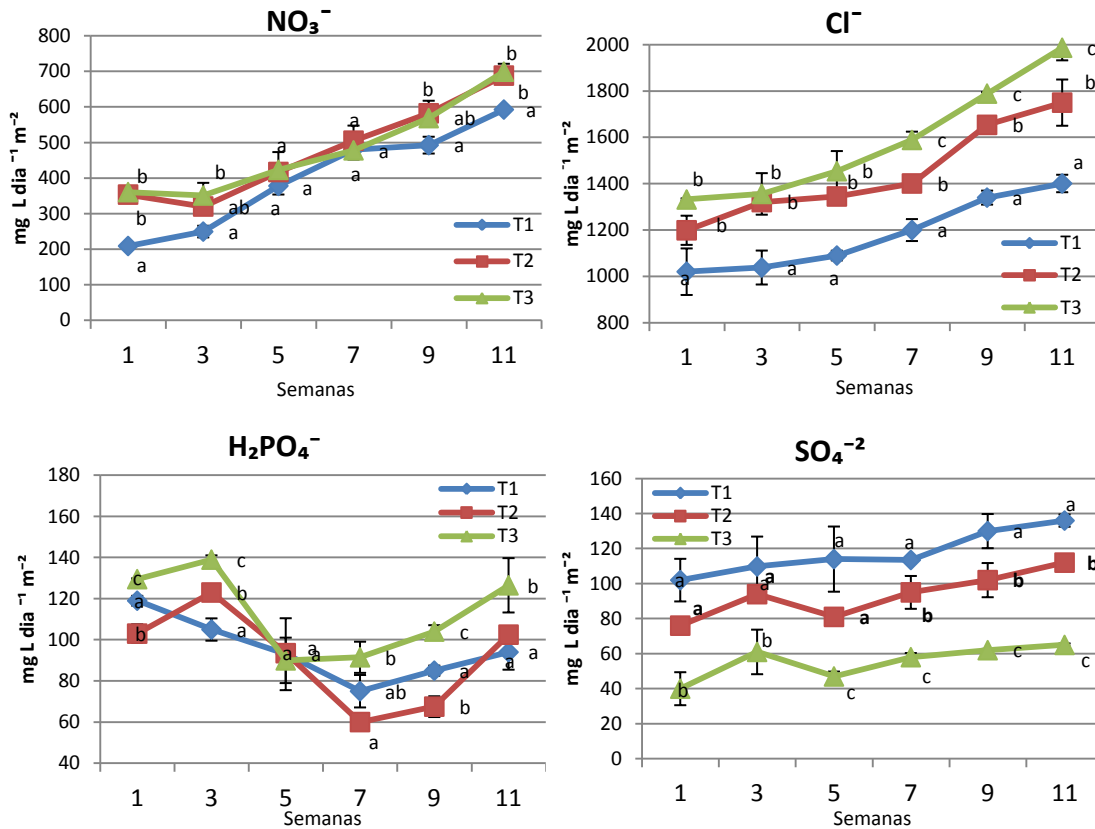


Fig.2. Concentración de aniones ( $\text{mg L día}^{-1} \text{ m}^{-2}$ ) en el drenaje por semanas en función de la relación  $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^+$  (concentración expresada en  $\text{mmol L}^{-1}$ ) aplicada en la solución nutritiva: T1=2, T2= 4.5, T3= 12, con una CE= 6  $\text{dS m}^{-1}$ . La semana 1 corresponde al día 70 DDT. Las letras diferentes indican diferencias significativas entre los tratamientos al 95%.

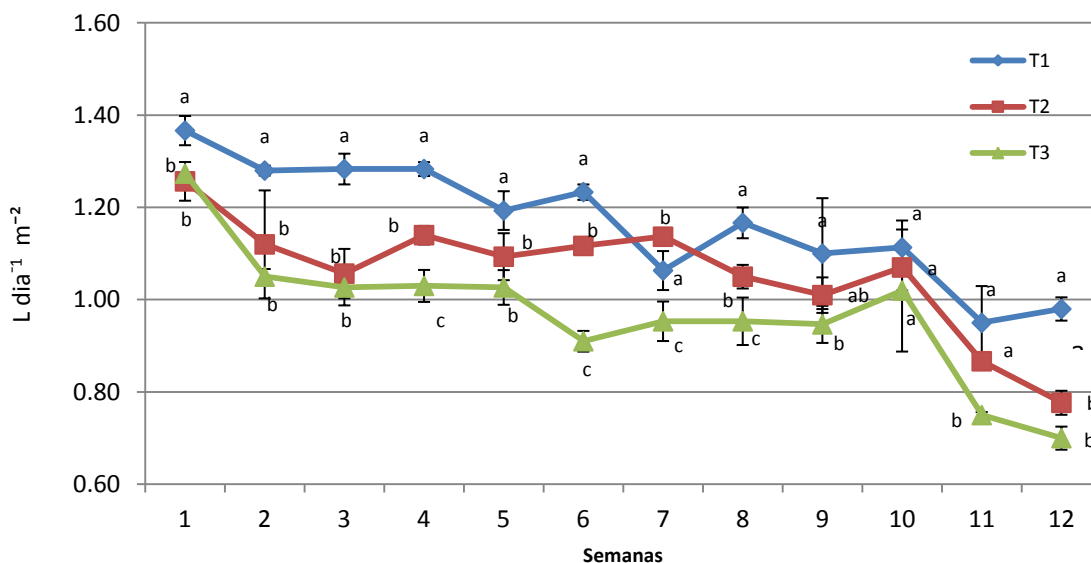


Fig.3. Consumo hídrico ( $L \text{ día}^{-1} \text{ m}^{-2}$ ) por semanas en función de la relación  $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^{+}$  (concentración expresada en  $\text{mmol L}^{-1}$ ) aplicada en la solución nutritiva: T1=2, T2= 4.5, T3=12, con una CE=6  $\text{dS m}^{-1}$ . La semana 1 corresponde al día 70 DDT. Las letras diferentes indican diferencias significativas al 95%.

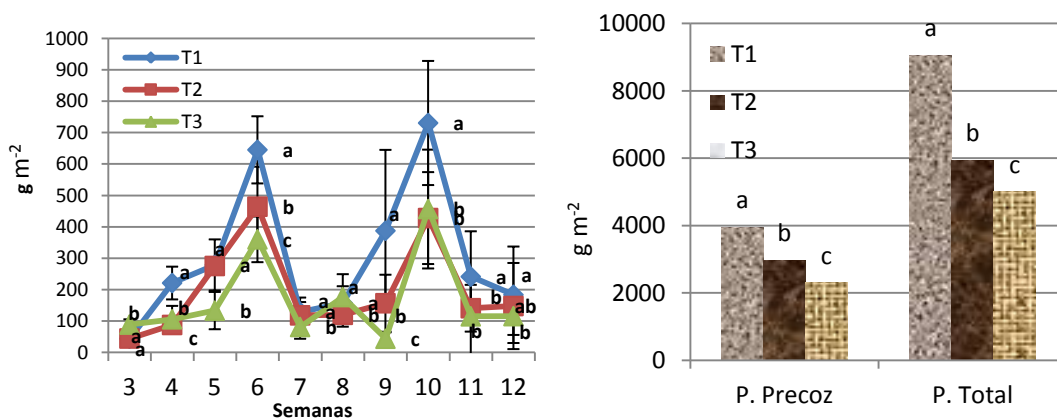


Fig.4. Producción por semanas ( $\text{g m}^{-2}$ ), precoz ( $\text{g m}^{-2}$ ) y total ( $\text{g m}^{-2}$ ) en función de la relación  $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^{+}$  (concentración expresada en  $\text{mmol L}^{-1}$ ) aplicada en la solución nutritiva: T1=2, T2= 4.5, T3=12, con una CE=6  $\text{dS m}^{-1}$ . La semana 3 corresponde al día 92 DDT. Producción precoz incluye las primeras 5 semanas de cosecha. Las letras diferentes indican diferencias significativas al 95%.

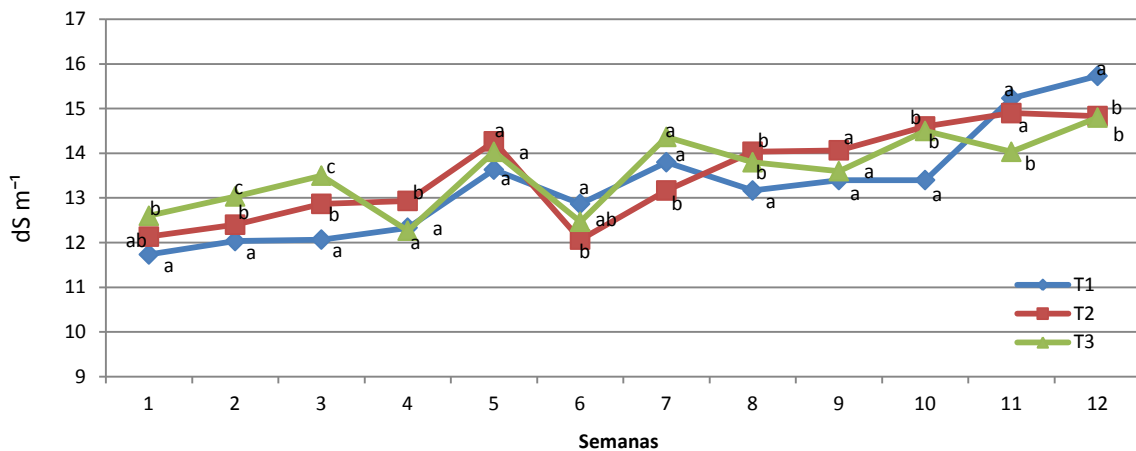


Fig. 5. CE del drenaje (dS m<sup>-1</sup>) por semanas en función de la relación Ca<sup>2+</sup>/K<sup>+</sup> (concentraciones en mmol L<sup>-1</sup>) aplicada en la solución nutritiva: T1=2, T2= 4.5, T3=12, con una CE=6 dS m<sup>-1</sup>. La semana 1 corresponde al día 70 DDT. Las letras diferentes indican diferencias significativas al 95%.

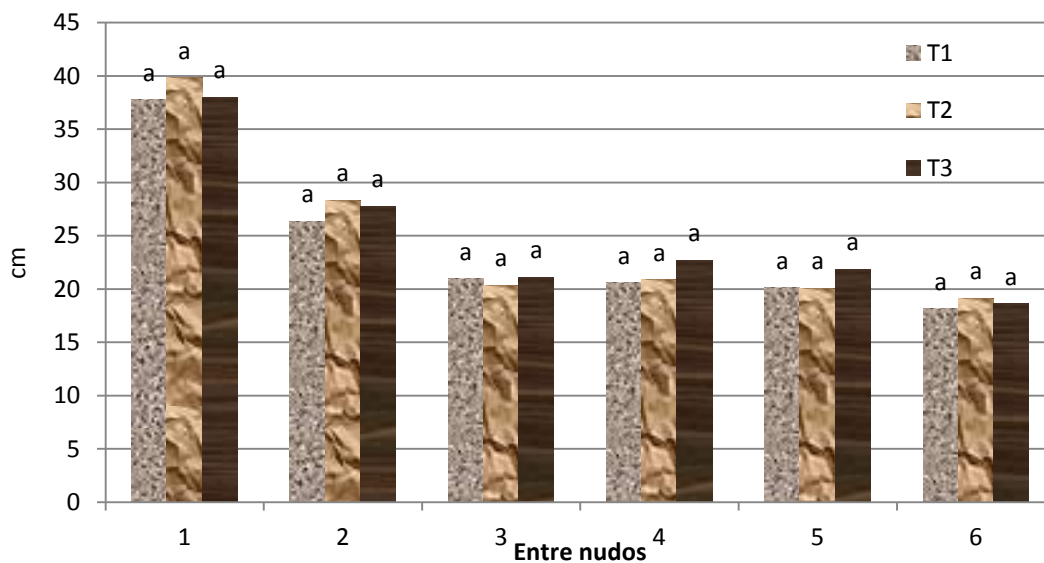


Fig. 6. Distancia entre nudos (cm) en función de la relación Ca<sup>2+</sup>/K<sup>+</sup> (concentraciones en mmol L<sup>-1</sup>) aplicada en la solución nutritiva: T1=2, T2= 4.5, T3=12, con una CE=6 dS m<sup>-1</sup>. Las letras diferentes indican diferencias significativas al 95%.

## Tablas

Tabla 1. Característica de la solución nutritiva aplicada para cada tratamiento.

Tratamiento	Ca <sup>2+</sup> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	Ca <sup>2+</sup> :K <sup>+</sup>	CE (dS m <sup>-1</sup> )
1	12	6	2.0	6
2	18	4	4.5	6
3	24	2	12.0	6

Tabla 2. Equilibrio nutricional diseñado en cada tratamiento y análisis de agua empleada para riego.

Aportes	mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup>						
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Mg <sup>2+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>
Agua			0.81	1.18	0.82		1.36
T 1	13.97	2.17	4.12	59.80	0.80	0.09	59.82
T 2	13.97	2.17	1.96	68.04	0.80	0.09	59.82
T 3	14.02	2.17	0.80	76.08	0.80	0.00	59.82

Tabla 3. Regresión simple producción

	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup> /K <sup>+</sup>
<b>Pendiente</b>	-5.67	17.01	-6.22
<b>r</b>	0.796	0.796	-0.758
<b>P</b>	0.010	0.010	0.017

P≤0.05 regresión significativa al 95%.