



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

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

TRABAJO FIN DE MASTER

**Influencia de la salinidad y la relación de Calcio/Potasio sobre el
crecimiento y desarrollo del tomate cv.Raf**

ALUMNO: WILBER NELSON ORTIZ

TUTOR: Dr. D. JOSE MIGUEL GUZMÁN PALOMINO

ALMERÍA, 2011

Influencia de la salinidad y la relación de Calcio/Potasio sobre el crecimiento y desarrollo del tomate cv.Raf

Influence of salinity and ratio of calcium / potassium on growth and development of tomato cv.Raf

Resumen

La salinidad es uno de los principales obstáculos en la producción agrícola mundial, una concentración elevada de salinidad restringe el crecimiento de los tejidos vegetales. Para obtener frutos de tomate cv. Raf con una buena calidad es necesario mantener valores elevados de la conductividad eléctrica (CE). El objetivo de este estudio consistió en evaluar los efectos de la relación $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^{+}$ bajo condiciones de estrés salino sobre el crecimiento, desarrollo de las plantas, y sobre el comportamiento reproductivo. Las plantas de tomate fueron cultivadas en dos invernaderos 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 dos niveles de CE (6 y 12 dSm^{-1}), obteniéndose por combinación seis tratamientos. La solución nutritiva se fue ajustando según las necesidades del cultivo, manteniendo constantes las condiciones de salinidad y la relación $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^{+}$. Se observó que a CE de 6 dSm^{-1} hubo diferencia significativa en cuanto a la altura de la planta con las relaciones Ca:K de 2 y 4,5, además se pudo apreciar un diámetro de tallo mayor. En cambio a CE de 12 dSm^{-1} el índice de ahilamiento fue mayor, el área foliar se reduce así como el peso seco de los tejidos y su contenido hídrico y acelera la aparición del primer ramillete. Bajas relaciones $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^{+}$ (2 y 4.5) aumentan el peso seco de la hoja y disminuyen el contenido hídrico en esta como en el tallo.

Palabras claves: salinidad, tomate, crecimiento vegetativo, desarrollo reproductivo.

Abstract

Salinity is one of the main obstacles in global agricultural production; an elevated concentration of salinity restricts the growth of vegetal tissues. In order to obtain tomato fruits CV. Raf with a good quality, it is necessary to maintain lifted values of the electrical conductivity (EC). The objective of this study consisted of evaluating the effects of the $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^{+}$ relation under conditions of salinity stress on the growth, development of the plants, and on the reproductive behavior. The tomato plants were worked in two greenhouses in culture without ground, using like substrate perlite. For the experiment three $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^{+}$ relations (2, 4.5 and 12) and two levels of EC (6 and 12 dS m^{-1}) were used, obtaining by combination six treatments. The nutritious solution went fitting according to the needs of the culture, maintaining constant the conditions of salinity and the $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^{+}$ relation. It was observed that to EC of 6 dSm^{-1} there was significant difference as far as the height of the plant with the Ca:K relations of 2 and 4.5, in addition could be appreciated a greater diameter of the stem. However to EC of 12 dSm^{-1} the faint index was greater, the foliar area is reduced as well as to the dry weight of the tissues and its hydric content and accelerates the appearance of the first

truss. Low $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^{+}$ relations (2 and 4.5) increase the dry weight of the leaf and diminish the hydric content in this, just as in the stem

Keywords: salinity, tomato, vegetative growth, reproductive development

Introducción

La salinidad es uno de los principales obstáculos para aumentar la producción en el cultivo de las áreas en todo el mundo. Hay numerosos trabajos que analizan los efectos de la salinidad sobre los procesos fisiológicos de plantas y el rendimiento (Greenway y Munns, 1980; Neumann, 1994; Magán *et al.*, 2008). Después de la exposición de vegetales sensibles a la salinidad a concentraciones superiores de 40mM de Na Cl (CE a partir de 3 dSm^{-1}), ocurre reducción de la tasa de crecimiento de la parte área, principalmente debido a la reducción de la absorción del agua (Munns, 2008).

El exceso de salinidad causa reducción de potencial hídrico de los tejidos, provocando una restricción en el crecimiento, dado que las tasas de elongación y división celular dependen directamente del proceso de extensión de la pared celular (Ashraf y Harris, 2004). Además la salinidad afecta negativamente a los procesos de absorción y asimilación de nutrientes por las plantas, principalmente el ion de nitrato (NO_3^-), que es la principal fuente de nitrógeno en los suelos agrícolas, y es el que más frecuentemente limita el crecimiento de las plantas (Magalhães *et al.*, 2010; Meloni *et al.*, 2004). De manera general, el estrés salino inhibe el crecimiento de las plantas, por reducir el potencial osmótico de la solución del suelo, pudiendo también ocasionar toxicidad iónica, desequilibrios nutricionales, o ambos, en virtud de la acumulación excesiva de ciertos iones en los tejidos vegetales (Munns, 2002; Flowers, 2004).

La salinidad afecta de diversas maneras a las plantas de tomate. La mayoría de los efectos son adversos, disminuye el porcentaje y la velocidad de germinación. Las raíces alcanzan una menor longitud y exploran un menor volumen de suelo, los tallos alcanzan una menor altura, las hojas se reducen en número y presentan desecación en sus bordes de modo que hay menos producción de fotoasimilados. El número y peso de los frutos también se afectan negativamente de manera que su rendimiento comercial disminuye. Se ha detectado variabilidad en la respuesta a la salinidad, tanto en las especies silvestres como en los cultivares de tomate, siendo algunas más tolerantes que otras, de modo que aquellas pueden utilizarse como fuente de genes para el mejoramiento de estos. La salinidad puede mejorar la calidad organoléptica de los frutos, al presentar éstos un mayor contenido de compuestos solubles y licopeno (Goykovic y Saavedra, 2007; Hanson y May, 2004) El tomate es uno de los cultivos más importantes del mundo y se clasifican como moderadamente tolerantes a la sal (Mass, 1986).

Cuando se desea obtener frutos de tomate cv. Raf con una buena calidad es necesario mantener valores elevados de la conductividad eléctrica (CE) en la disolución nutritiva así como un elevado 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).

A pesar de ser considerado como tolerante, cuando el tomate se cultiva en suelos salinos se produce una disminución de los rendimientos, puesto que presenta un umbral respecto al contenido total de sales (Chinnusamy *et al.*, 2005). (Wan *et al.*, 2007) obtuvieron poco efecto sobre el rendimiento al cultivar tomate en aguas salinas. Por otro

lado (Edmond *et al.*, 2011) encontraron que el aumento de la concentración NH_4^+ en la solución nutritiva retrasa el crecimiento y mejora la senescencia del tomate, asociando estos efectos a la modificación en el estado iónico (aumento de la razón K^+/Na^+).

De acuerdo con (Mass y Hoffman, 1977) la salinidad máxima de extracto de saturación del suelo tolerada por el tomate, es de $2,5 \text{ dS m}^{-1}$, aunque puede haber respuesta diferencial a la salinidad entre los diferentes cultivares (Gorham, 1995; Alian *et al.*, 2000). Bajo condiciones de salinidad moderada, la reducción en el rendimiento de plantas de tomate se debe principalmente a la reducción de peso del fruto, además de la reducción del número de frutos por planta (Cuartero y Muñoz, 1999). Por otro lado la salinidad incrementa la incidencia de la pudrición apical (Martínez *et al.*, 1987; Cuartero y Muñoz, 1999). La variación de la relación N/K en la solución nutritiva influye en el rendimiento, en la calidad externa y en la vida en anaquel de los frutos de tomate, sin afectar la calidad bromatológica (Hernández Díaz *et al.*, 2009).

La salinidad limita el crecimiento de los cultivos por la división celular y la inhibición de la tasa de expansión de células durante el crecimiento de las hojas, lo que retrasa la emergencia de la hoja, la disminución de la fotosíntesis de la hoja, y acelera la senescencia foliar. El estrés salino induce dos restricciones consecutivas en los tejidos vegetales: la primera consecuencia directa inducida por el estrés de la sal es la osmótica, mientras que el segundo resulta de la acumulación de iones tóxicos (Munns, 2002).

La salinidad afecta varios procesos fisiológicos y bioquímicos a lo largo del ciclo de vida de la planta. Además de reducir el crecimiento, reduce el contenido de clorofila en plantas sensibles (Munns, 1993). Con relación a la presencia del nitrato, existen referencias de estos con los niveles más elevados de salinidad (Chung *et al.*, 2005).

La adición de calcio y potasio, ya sea a suelos o a mezclas, en forma independiente o en combinación con los demás nutrientes, produce aumento del volumen de la raíz, del peso fresco de hoja y del rendimiento de fruto por planta. La adición de 4.8 mM KNO_3 a la solución salina que contiene 50 mM NaCl produce una mejora significativa en crecimiento y fructificación del tomate (Satti y López, 1994).

Las principales variables relacionadas con la calidad del fruto de tomate son la concentración de nutrientes, la concentración de sólidos solubles y la acidez, que tienen relación directa con el estado nutricional de la planta (Mitchell *et al.*, 1991) concluyeron que el efecto de la salinidad sobre la concentración de sólidos solubles y sobre la acidez del tomate se debió a la acumulación de agua en las frutas y no la síntesis o acumulación de solutos orgánicos e inorgánicos en los frutos.

El mantenimiento de niveles adecuados de potasio es esencial para la supervivencia de las plantas en una solución salina. El potasio es el soluto inorgánico más importante de las plantas, y como tal hace una importante contribución al potencial osmótico de las raíces que es un requisito previo para la turgencia y el balance hídrico, el transporte de solutos, y la presión que los impulsa por el xilema de las plantas (Marschner, 1995).

Con una alta concentración de sal (NaCl), Na^+ y Cl^- compiten con la absorción de otros nutrientes, especialmente potasio, lo que lleva a una absorción deficiente de K^+ . El aumento de la presencia de NaCl induce aumento en Na^+ y Cl^- y una disminución de los niveles de Ca^{2+} , K^+ y Mg^{2+} en un gran número de plantas (Khan, 2001). Cuando

aumenta la concentración de K^+ o de Ca^{2+} , la concentración de Na^+ tiende a disminuir (Rubio *et al.*, 2003).

Cuando se diseña una solución es importan tener en cuenta el equilibrio entre los cationes K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} , para evitar posibles efectos antagónicos entre ellos, lograr altos rendimientos, calidad y prolongar la vida en anaquel de los frutos. Subbiah y Perumal (1990), encontraron una relación inversa entre el contenido de licopeno en frutos y la concentración de Ca en la solución nutritiva, debido a una disminución en la absorción de potasio, mientras que altos niveles de potasio y magnesio pueden incrementar la incidencia de la pudrición apical del fruto y reducir la fortaleza de las paredes celulares (Marcelis y Amor, 2006).

El calcio juega un papel crucial en muchas plantas en los procesos fisiológicos y es esencial para el crecimiento de las plantas (Rengel, 1992; Bohnert y Jensen, 1996; Zhu, 2001). La deficiencia de Ca induce varios desórdenes fisiológicos en las plantas como el Blossom End Rot (BER) en los tomates (Shear, 1979; Maynard, 1979).

El objetivo de este estudio consistió en evaluar los efectos de la relación Ca^{2+}/K^+ bajo condiciones de estrés salino sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas, y sobre el comportamiento reproductivo.

MATERIAL Y MÉTODOS

El experimento se realizó en la Universidad de Almería. El 12 de diciembre del 2010 fueron trasplantas los plantines de tomate (cv. Raf) en dos un invernaderos. Se utilizaron sacos de 25 L de perlita B-11 y la densidad fue de $2,5 \text{ plantas} \cdot \text{m}^{-2}$. Las plantas se podaron a un solo brazo y fueron despuntadas en el sexto ramillete. El inicio del crecimiento de los frutos se realizó mediante la aplicación directa a la flor de 4-CPA (Procarpil), con una concentración de $4 \text{ cm}^3 \cdot \text{L}^{-1}$.

Se aplicarán tres relaciones $Ca^{2+}:K^+$ (2, 4.5 y 12) y dos niveles de salinidad (6 y $12 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$) por adición de $Na^+ \text{ CL}^-$ en la solución de riego. La interacción entre los factores relación $Ca^{2+}:K^+$ y salinidad da lugar a los seis tratamientos finales, como se muestra a continuación:

		Relación Ca:K		
		2	4,5	12
Salinidad ($\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$)	6	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3
	12	Tratamiento 4	Tratamiento 5	Tratamiento 6

Cada tratamiento consta de 3 repeticiones con 3 plantas por repetición. Como parámetros de crecimiento se determinaron la altura de la planta y el diámetro del tallo. Como parámetros de desarrollo se midió el tiempo requerido para la diferenciación de los distintos ramilletes. Se realizarán tres muestreos destructivos a los 82, 108 y 156 días después del trasplante (ddt), para determinar la biomasa fresca y seca de hojas, tallo y frutos, además de su contenido hídrico, así como también el área foliar. El área foliar fue estimada mediante la ecuación de Astegiano *et al.*, (2001): $AF=0,34 \times (L \times A)-9,31$, donde AF es el área foliar (cm^2), y A y L el ancho y el largo de la hoja (cm), respectivamente.

Por último, todos los datos obtenidos se tratarán con el programa informático de análisis estadístico STATGRAPHIC Plus. Mediante este software podremos estudiar las diferencias que presenta cada tratamiento utilizado (ANOVA y LSD), así como la interacción entre las diferentes fuentes de variación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura, diámetro e índice de ahilamiento

La salinidad afecta la altura de las plantas de tomate significativamente como se observa en la Tabla 1, los tratamientos con 12 dSm^{-1} obtuvieron plantas más bajas en relación a las de salinidad 6 dSm^{-1} . Las plantas de mayor altura se obtienen con las relaciones de Ca:K (2 y 4.5), en tanto la relación de Ca:K =12 generó las plantas más bajas, los resultados obtenidos coinciden con los de Cuartero y Fernández-Muñoz, (1999); Romero-Aranda *et al.*, (2001); Goykovic y Saavedra (2007). Para la interacción entre las diferentes relaciones Ca:K y la salinidad (Figura 1), se obtienen los mayores valores de altura con la menor CE ($6 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$), se puede apreciar un aumento de la altura cuando pasa la relación Ca:K de 2 a 4.5 y posteriormente vuelve a bajar en la relación Ca:K de 12. Para la mayor CE= 12 dSm^{-1} se aprecia que a medida que aumenta la relación de Ca:K se produce una reducción de la altura, en consecuencia podemos decir que la elevada concentración Ca:K disminuye la altura cuando la CE es elevada.

La Tabla 1 muestra que las plantas sometidas a mayor CE presentaron diámetro de tallo menores, en tanto se obtuvo mayor diámetro de tallo con la CE= 6 dSm^{-1} . Observando la relación de Ca:K se aprecia que se obtiene el diámetro de tallo mayor a una concentración de 12 Ca:K con una CE= 12 dSm^{-1} . La salinidad afectó negativamente el diámetro del tallo. Estos resultados son coincidentes con lo de Muñoz *et al.*, (2004); Martínez *et al.*, (1987). En sustratos salinizados, tanto el crecimiento de la raíz como el del tallo están deprimidos, pero como regla general el crecimiento del tallo es el que se ve más afectado (Termaat y Munns, 1986).

El mayor índice de ahilamiento se observa para CE= 12 dSm^{-1} , no ocurre lo mismo en la relación Ca:K de 12 (Tabla 1) que fue donde se produce el menor índice de ahilamiento. La relación de Ca:K se puede apreciar el comportamiento en la gráfica 3, se ve que a relaciones Ca:K 2 y 4.5 se obtiene los mayores índices de ahilamiento a CE= 12 dSm^{-1} . Las diferentes relaciones de Ca:K a una CE= 6 dSm^{-1} no tuvo incidencia en el índice de ahilamiento.

Peso fresco y Seco de tallo, hoja y frutos, contenido hídrico

Se puede apreciar en la Tabla 2, que a CE= 6 dSm^{-1} se obtiene plantas con más peso fresco de tallo, lo cual no ocurre con la CE= 12 dSm^{-1} , como se observa en la Gráfica 4. También se puede apreciar que al aumentar la relación de Ca:K no aumenta el peso fresco del tallo.

Analizando los pesos frescos de las hojas se observa que ha ocurrido lo mismo como en el tallo a menor CE= 6 dSm^{-1} se obtiene el peso más alto, en cuanto a la relación de Ca:K con la relación 2 se obtuvo los pesos frescos más elevados, estos resultados son similares al de Satti y López (1994); Brasiliano *et al.*, (2007), en tanto que para las relaciones de 4.5 y 12 fueron los más bajos, no presentando diferencias significativas entre ellos.

El fruto obtuvo mayor peso fresco con la CE= 6 dSm⁻¹, mientras que se aprecian diferencias significativa para las relaciones de Ca:K. En condiciones salinas, la presión de la raíz se reduce causando una disminución en el flujo de agua. La salinidad afecta más al fruto que a otras partes de la planta (Azuma *et al.*, 2010). Esto significa que la raíz absorbe menos agua y en consecuencia hay menos agua disponible para el crecimiento y el desarrollo normal (Bradfield y Guttridge, 1984).

Los valores de CE= 6 dSm⁻¹ presentaron los pesos secos más elevados en hoja, tallo y fruto en comparación con la CE=12 dSm⁻¹. Las hojas obtuvieron los mayores valores de peso seco con la relaciones de Ca:K de 2 y 12, mientras que el peso seco del tallo y fruto no presentaron diferencia. Podemos afirmar que la relación de Ca:K no afecta el peso seco en estos órganos. Estos resultados son coincidentes con los obtenidos por (Camejo y Torres, 2000; Marques, 2003; De Oliveira *et al.*, 2009).

El contenido hídrico también es afectado por la salinidad a mayor conductividad menor contenido hídrico como se aprecia en la Tabla 2, estos resultados obtenidos son similares a los obtenidos por Cruz y Cuartero (1990). En la hoja se aprecia que la relación más baja de Ca:K presenta mayor contenido hídrico en comparación a las demás concentraciones (4.5 y 12), y estas fueron similares entre sí. Lo mismo ocurre en el tallo donde la menor relación Ca:K fue la que presentó la mayor cantidad de agua. En tanto en el fruto no se apreció diferencia significativa alguna.

Área foliar

Con respecto al área foliar y el grado de salinidad están inversamente relacionados. A una concentración elevada (CE 12 dSm⁻¹) disminuye el área foliar, estos valores coinciden con los de Van Ieperen (1996); Romero-Aranda *et al.* (2001); Muñoz-Ramos *et al.* (2004); De Oliveira *et al.* (2009) quienes determinaron una disminución del área foliar para plantas de tomate y berenjena en condiciones salinas. En cuanto a las relaciones se observa que la menor relación de Ca:K obtuvo mayor área foliar en comparación a las demás (4.5 y 12). El estrés hídrico (es este caso impuesto por la salinidad restringió el crecimiento vegetativo y desarrollo del área foliar, afectando la biomasa total de la planta.

Aparición de ramilletes y días transcurridos para aparecer

El periodo transcurrido para la aparición de cada uno de los ramilletes fue computado a partir de la aparición del primer ramillete. En la Tabla 3 se aprecia como existen diferencias significativas para las diferentes relaciones catiónicas en los ramilletes 1°, 2°, 4°, 5° y 6°, y únicamente en el 3° ramillete se observa que la relación de Ca:K (4.5) tardó más tiempo en aparecer.

La alta concentración salina (12 dSm⁻¹) acelera la aparición del primer ramillete, luego se aprecia que la CE=6 dSm⁻¹ acelera la aparición de los ramilletes 3°, 5° y 6°, la salinidad no afectó los ramilletes 2° y 4°.

REFERENCIAS

- 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.
- Ashraf M.; Harris P. J. C. 2004. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Science*, v. 166, n. 01, p. 3-16.

- Astegiano E.D.; Favaro, J.C. y Bouzo C.A. 2001. Estimación del área foliar en distintos cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) utilizando medidas foliares lineales. *Invest. Agr.: Prod. Prot. Veg.* Vol.16 (2).
- Azuma R.; Ito N.; Nakayama N.; Suwa R.; Nguyen N.; Larrinaga-Mayoral J.; Esaka M., Fujiyama H.; Saneoka H. 2010. Fruits are more sensitive to salinity than leaves and stems in pepper plants (*Capsicum annuum* L.) *Review. Scientia Horticulturae* 125:171–178
- Bradfield E. G.; Guttridge C. G. 1984. Effects of night-time humidity and nutrient solution concentration on the calcium content of tomato fruit. *Sci. Hort.*, 22:207-217.
- Brasiliano C.; Fernandes P.; Raj H.; Favaro F. 2007. Crescimento do tomateiro e partição de matéria seca em função da qualidade da água de irrigação. *Rev. Ciên. Agron., Fortaleza* 38:239-246
- Bohnert H.J.; Jensen R.G. 1996. Metabolic engineering for increased salt tolerance: the next step. *Aust. J. Plant Physiol.* 23, 661–667.
- Camejo D.; Torres W. 2000. La salinidad y su efecto en los estadios iniciales del desarrollo de dos cultivares de tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) *Cultivos Tropicales* 21: 23-26
- Chinnusamy V.; Jagendorf A.; Zhu J. 2005. Understanding and improving salt tolerance in plants. *Crop Science.* 45: 437-448.
- Chung J.B.; Jin S.J.; Cho H.J. 2005. Low water potential in saline soils enhances nitrate accumulation of lettuce. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 36: 1773-1785
- Cruz V.; Cuartero J. 1990. Effects of salinity at several developmental stages of six. Cuartero, J., Fernández-Muñoz, R. 1999. Tomato and salinity. *Scientia Horticulturae* 78: 83-125.
- Cuartero J.; Fernández-Muñoz R. 1999. Tomato and salinity. *Scientia Horticulturae* 78: 83-125.
- De Oliveira M.; De Oliviera A.; Ferreyra F.; Feitosa C. 2009. Efeito do NaCl sobre o crescimento, fotossíntese e relações hídricas de plantas de berinjela. *Revista Ceres* 56(3): 296-302
- Edmond M.; Martínez-Andujar C.; Albacete A.; Pospíšilova H.; Dodd I.; Pérez-Alfocea F.; Lutts S. 2011. Nitrogen Form Alters Hormonal Balance in Salt-treated Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) *J Plant Growth Regul* 30:144–157
- Flowers T.J. 2004. Improving crop salt tolerance. *Journal of Experimental Botany*, 55:307-319
- 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.
- Goykovic V.; Saavedra G. 2007. Algunos efectos de la salinidad en el cultivo de tomate y prácticas agronómicas de su manejo. *IDESIA Vol N 3,25:47-58*
- Grattan S.R.; Grieve C.M., 1999. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. *Sci. Hort.* 78, 127–157.
- Greenway H.; Munns, R. 1980. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 31: 149-190.
- Hanson B.; May D. 2004. Effect of subsurface drip irrigation on processing tomato yield, water table depth, soil salinity, and profitability. *Agricultural water management* 68:1-17
- 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
- Khan M.A. 2001. Experimental assessment of salinity tolerance of *Cerriops tagal* seedlings and saplings from the Indus delta, Pakistan. *Aquat. Bot.* 70, 259–268.
- Maas E. V. 1986. Salt tolerance of plants, *Appl. Agric. Res.* 1:12–26.
- Maas E.; Hoffman G. 1997. Crop salt tolerance - current assessment. *Journal of Irrigation and Drainage Division* 103: 115-134

- Magalhães R.; Gomes J., Silva E.; Moreira A.; Batista A. 2010. Nitrate uptake, xylem NO₃⁻ flux, and nitrate assimilation in cowpea exposed to salinity. *Revista Ciência Agronômica*, v. 41:100-106
- Magán J.; Gallardo M.; Thompson R.; Lorenzo P. 2008. Effects of salinity on fruit yield and quality of tomato grown in soil-less culture in greenhouses in Mediterranean climatic conditions. *Agricultural water management* 95:1041-1055
- Marcelis L.; Amor F. 2006. Regulación de la absorción del calcio en el cultivo hidropónico del tomate en invernadero. *Agrícola Vergel*, 291:142-148.
- Marques D.C. 2003. Produção de berinjela (*Solanum melongena* L.) irrigada com diferentes lâminas e concentrações de sais na água. Lavras, Universidade Federal de Lavras. 55 p.
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London, p. 889.
- Martinez, V.; Cerda, A.; Fernandez, F. G.1987. Salt tolerance of four tomato hybrids. *Plant and Soil*, Dordrecht,97:233-242.
- Maynard D.N.1979. Nutritional disorders of vegetable crops: a review, *J. Plant Nutr.* 1: 1-23.
- Meloni D.; Gulotta M.; Martínez C.; Oliva M. 2004.The effects of salt stress on growth, nitrate reduction and proline and glycinebetaine accumulation in *Prosopis alba*. *Brazilian Journal Plant Physiology*, 16: 39-46
- Mitchell J.P.; Shennan C.; Grattan S.R.; May D.M. 1991. Tomato fruit yield and quality under water deficit and salinity. *J. Am. Soc. Horti. Sci.* 116: 215-221.
- Munns R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell and Environment*, 25:239-250
- Munns R. 1993. Physiological processes limiting plant growth in saline soil: some dogmas and hypotheses. *Plant, Cell and Environment* 16: 15-24.
- Munns R.; Tester M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, v. 59, p. 651-681
- Muñoz-Ramos J.J.; Guzmán M.; Castellanos J.Z. 2004. Salinidad sódica en el desarrollo vegetativo y reproductivo del pimiento. *Terra Latinoamericana* 22: 187-196.
- Neumann P.M.; Azaizeh H.; Leon D. 1994. Hardening of root cell walls: a growth inhibitory response to salinity stress. *Plant Cell Environ.* 17:303-309.
- Rengel Z. 1992. The role of calcium in salt toxicity, *Plant Cell Environ.*15: 625-632.
- Romero-Aranda R.; Soria T.; Cuartero J. 2001. Tomato plant-water uptake and plant-water relationships under saline growth conditions. *Plant Science*, 160: 265-272.
- Rubio F.; Flores P.; Navarro J.; Martínez V. 2003. Effects of Ca²⁺, K⁺ and cGMP on Na⁺ uptake in pepper plants. *Plant Science* 165:1043-1049
- 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.
- Shear C.B., 1979.International symposium on Ca nutrition of economic crops, *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 10:491-501.
- Subiah K.; Perumal R. 1990. Effect of calcium sources concentration, stages and number of sprays on physiological properties of tomato fruit. *South Indian Horticulture*, v.38, p.20-27.
- Termaat A.; R. Munns. 1986. Use of concentrated macronutrient solution to separate osmotic from NaCl-specific effects on plant growth. *Aust. J. Plant Physiol.* 13: 509-522
- Van Ieperen W. 1996. Effects of different day and night salinity levels on vegetative growth, yield and quality of tomato. *J. Horti. Sci.* 71, 99-111.
- Wan S.; Kang Y.; Wang D.; Liu S.; Feng L. 2007. Effect of drip irrigation with saline water on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) yield and water use in semi-humid area. *Agricultural Water Management* 90:63-74
- Zhu J.K. 2001. Plant salt tolerance. *Trends Plant Sci.* 6, 66–71.

Tablas

Tabla 1. Significación estadística y test LSD para evaluar la altura de la planta, el diámetro del tallo y el índice de ahilamiento.

Factor	Altura (cm)	D Tallo (mm)	Índice Ahilamiento
DDT	<0,05	<0,05	<0,05
Ca:K	<0,05	<0,05	<0,05
2	87,49a	11,04b	7,72a
4,5	88,46a	11,11b	7,77a
12	85,23b	11,43a	7,28b
Salinidad	<0,05	<0,05	<0,05
6	89,34a	11,98a	7,24b
12	84,78b	10,42b	7,94a
DDTxCa:K	ns	ns	ns
DDTxSal	<0,05	<0,05	ns
Ca:KxSal	<0,05	<0,05	<0,05

Tabla 2. Significación estadística y test LSD para evaluar el peso fresco, peso seco y contenido hídrico.

Factor	Peso fresco (g)			Peso seco (g)			Contenido hídrico (g)			Area Foliar (cm ²)
	Hoja	Tallo	Fruto	Hoja	Tallo	Fruto	Hoja	Tallo	Fruto	
DDT	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Ca:K	<0,05	<0,05	ns	ns	ns	ns	<0,05	<0,05	ns	<0,05
2	174,5a	209a	295,6a	34,87a	34,87a	42,37a	141,6a	174,1a	253,2a	3490a
4,5	132,6b	174,7b	249,2a	28,14b	34,19a	39,19a	104,5b	140,6b	210a	2643b
12	127b	180,8b	212,7a	28,56ab	34,17a	33,35a	98,4b	146,5b	179,4a	2657b
Salinidad	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
6	167,7a	206,8a	297,5a	32,22a	38,07a	42,35a	135,5a	168,7a	255,2a	3095a
12	121,7b	169,6b	207,5b	27,52b	30,74b	34,26b	94,2b	138,8b	173,2b	2764b
DDTxCa:K	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
DDTxSal	ns	ns	<0,05	ns	ns	ns	ns	ns	<0,05	ns
Ca:KxSal	ns	ns	ns	ns	<0,05	ns	ns	ns	ns	ns

Tabla 3. Significación estadística y test LSD para evaluar la aparición de los ramilletes y los días que tarda en aparecer.

Factor	DDT aparición ramillete						Días desde ramo anterior				
	Ramo 1	Ramo 2	Ramo 3	Ramo 4	Ramo 5	Ramo 6	Ramo 2	Ramo 3	Ramo 4	Ramo 5	Ramo 6
Ca:K	ns	ns	<0,05	ns	ns	ns	ns	ns	<0,05	ns	ns
2	42,3a	49,7a	57b	72,8a	97,1a	113,9a	7,6a	6,9a	20,2a	20,2a	18,4a
4,5	42,8a	50,3a	59,9a	73,2a	96,3a	111,3a	6,2ab	7,7a	12,7b	20,8a	18,6a
12	42,7a	49,8a	56,7b	71,2a	92,6a	113,8a	6b	7,4a	14b	22a	18,5a
Salinidad	<0,05	ns	<0,05	ns	<0,05	<0,05	<0,05	ns	ns	ns	ns
6	44,4a	49,9a	56,9b	71a	91,6b	111b	5,6b	7,2a	15a	22,9a	17,3a
12	40,7b	50a	58,8a	73,8a	98,7a	115,1a	7,3a	7,5a	16,3a	19,1a	19,7a
Ca:KxSal	ns	ns	Ns	ns	ns	ns	<0,05	ns	<0,05	ns	ns

Figuras

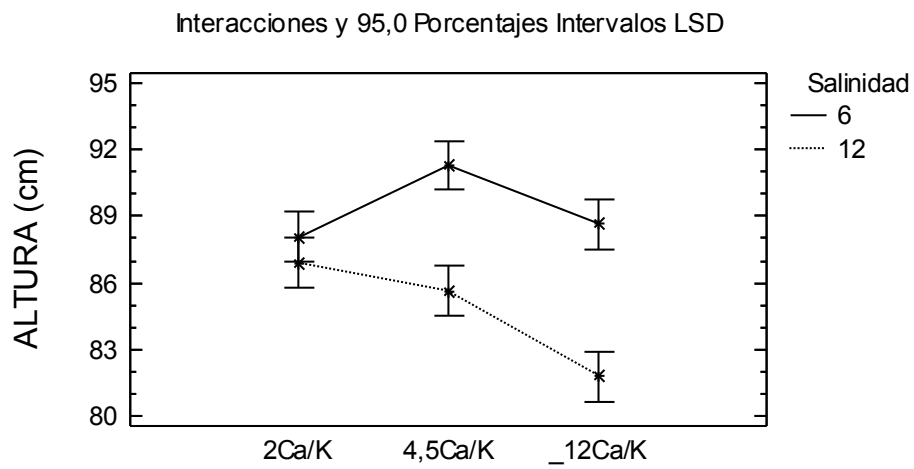


Figura 1. Interacción entre las relaciones Ca:K y la salinidad para la altura de la planta.

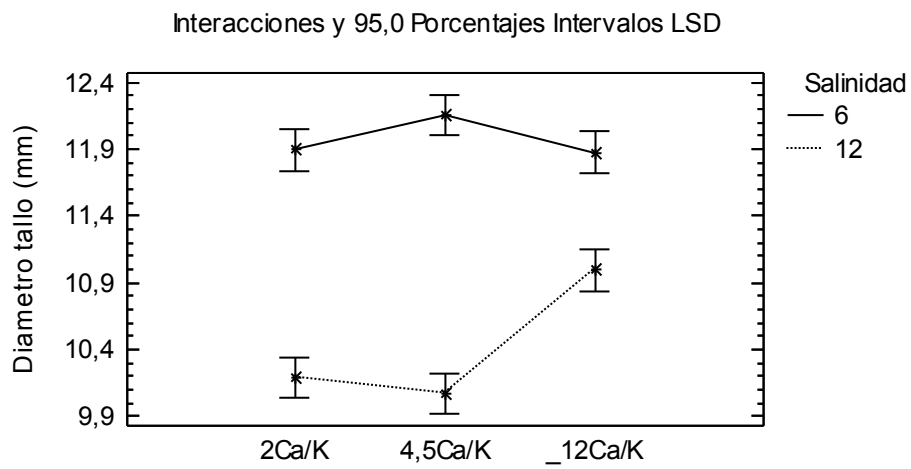


Figura 2. Interacción entre las relaciones Ca:K y la salinidad para el diámetro del tallo.

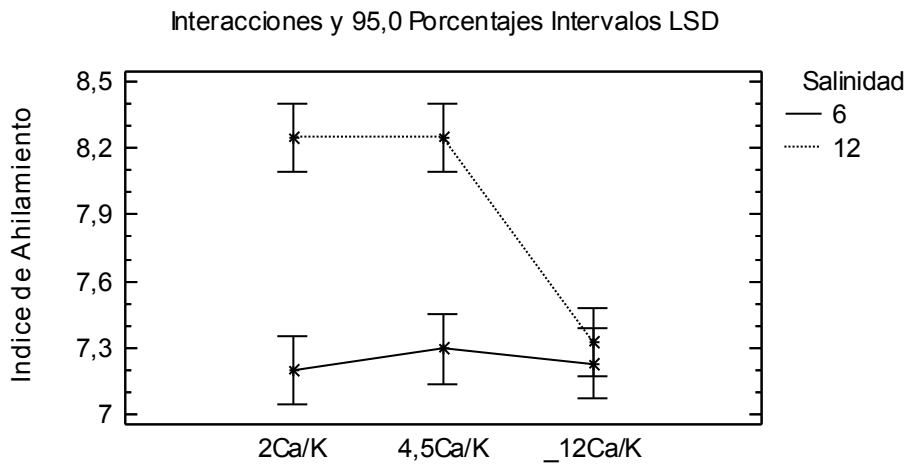


Figura 3. Interacción entre las relaciones Ca:K y la salinidad para el índice de ahilamiento

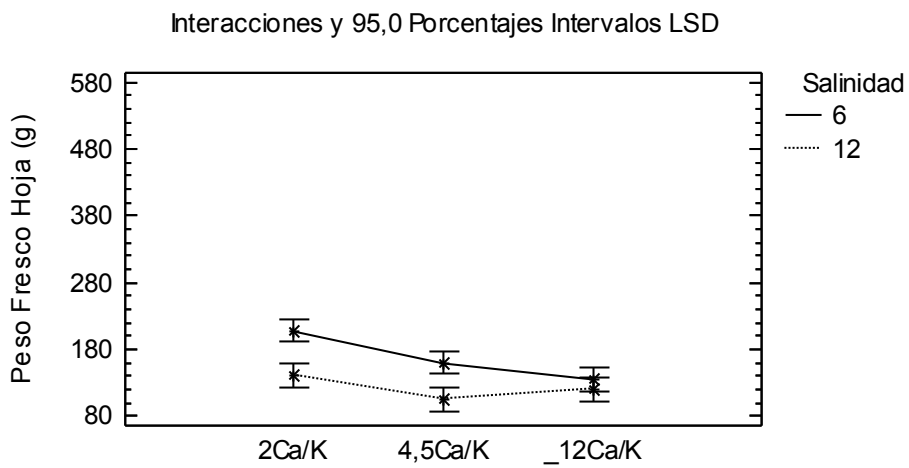


Figura 4. Interacción entre las relaciones Ca:K y la salinidad para el peso fresco de la hoja

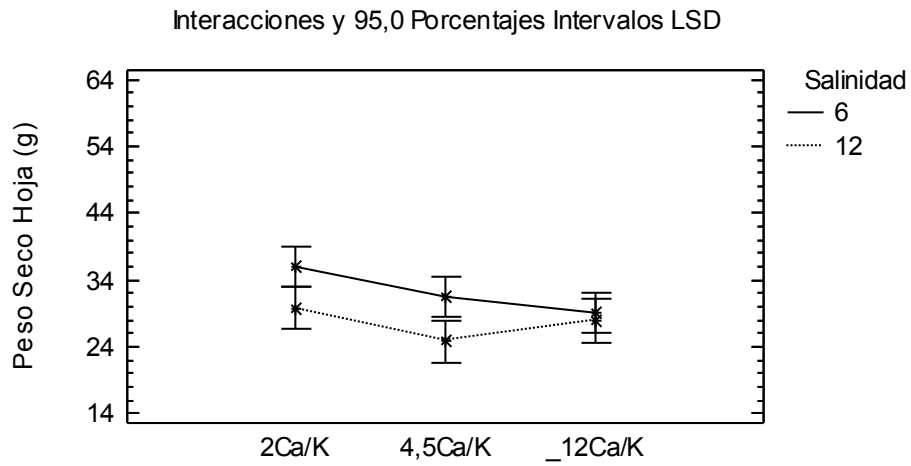


Figura 5. Interacción entre las relaciones Ca:K y la salinidad para el peso seco de la hoja

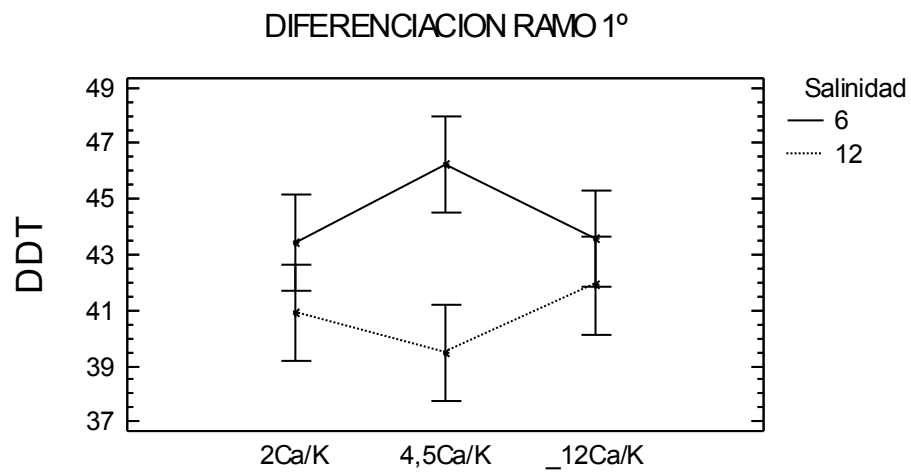


Figura 6. Interacción entre las relaciones Ca:K y la salinidad para los días requeridos en la diferenciación del 1° ramillete