

TRES ENSAYOS REALIZADOS EN INVERNADERO CON TOMATE LARGA VIDA EN ALMERÍA

Respuesta del tomate a la salinidad en el cultivo sin suelo recirculante

■ J. J. Magán¹, M. Gallardo², P. Lorenzo³

¹ Estación Experimental de la Fundación Cajamar, Almería.

² Universidad de Almería.

³ CIFA La Mojonera, Almería.

Por razones de contaminación ambiental y ahorro de agua y nutrientes, los cultivos sin suelo cerrados, en los que se reutilizan los lixiviados, parecen ser la alternativa a los cultivos sin suelo a solución perdida que se producen actualmente en el sureste español. Dado que en esta zona el factor más limitante de los sistemas recirculantes es la salinidad del agua de riego, que conlleva pérdidas productivas considerables, se analizó en varios ensayos el efecto de niveles crecientes de salinidad sobre el tomate larga vida. El tomate en cultivo sin suelo bajo condiciones de salinidad moderada mejoró la calidad pero esto no compensó en términos económicos la reducción obtenida en el calibre y en la producción; por ello, mientras que el consumidor no esté dispuesto a pagar por la calidad organoléptica, se recomienda mantener la conductividad eléctrica de la solución por debajo de 3,5 dS m⁻¹ (valor umbral a partir del cual desciende la producción).

La provincia de Almería cuenta con 5.000 ha de cultivos hortícolas sin suelo bajo invernadero, por lo que constituye uno de los núcleos más importantes a nivel mundial en lo que a la implantación de los cultivos sin suelo se refiere. El manejo del riego en estos sistemas lleva inherente la generación de lixiviados, debido a la aplicación de riegos excedentarios a las necesidades hídricas del cultivo para evitar la acumulación de sales en el sustrato y problemas derivados de las diferencias en transpiración entre plantas y en la uniformidad del riego.

En Almería, la práctica totalidad de los cultivos sin suelo se manejan como sistemas abiertos, en los que el lixiviado se desecha al medio ambiente y percola en el subsuelo. Debido a su alto impacto ambiental y a la imposición de directivas comunitarias, se prevé que en

un futuro próximo estos sistemas se transformen en cerrados o recirculantes, en los que el lixiviado se mezcla con agua y fertilizantes para obtener así nueva solución nutritiva de aporte, lo que permite lograr una reducción significativa del consumo de agua y nutrientes y de la contaminación ambiental.

En los cultivos sin suelo cerrados o recirculantes tiende a producirse una acumulación de sales residuales en la solución recirculante, lo que puede obligar a descartar parcialmente dicha solución con el fin de evitar que se afecte negativamente la productividad del cultivo.



Vista general del cultivo.

El factor más limitante de los sistemas cerrados en el sureste español es la baja calidad del agua de riego debido a su salinidad, lo que, junto a la mayor dificultad de manejo, puede explicar su baja implantación actual

El principal factor limitante de los sistemas cerrados en el sureste peninsular es la calidad del agua de riego. En términos generales, con aguas cuya conductividad eléctrica (CE) supere 1 dS m^{-1} (lo cual resulta frecuente en dicha zona) se prevén pérdidas productivas o la necesidad de descartar con frecuencia la solución. Por tanto, previo al establecimiento de estos sistemas en el sur de España, se requiere un buen conocimiento de los efectos salinos, con el fin de compatibilizar una producción y calidad óptimas con un descarte mínimo de la solución. Dada la escasez de información existente sobre el efecto salino en las condiciones de cultivo típicas de los invernaderos del sureste peninsular, en la estación experimental de la Fundación Cajamar Las Palmerillas (El Ejido, Almería) se llevó a cabo un estudio encaminado a valorar la respuesta del tomate larga vida a la salinidad en tales condiciones.



Material y métodos

El estudio se realizó sobre plantaciones comparables a los cultivos de tomate de la zona y se trabajó en condiciones de salinidad moderada, de forma que la CE aplicada siempre estuvo por debajo de 10 dS m^{-1} , ya que las conductividades superiores tienden a producir efectos excesivamente severos que no resultan, en términos generales, interesantes desde un punto de vista comercial. Se compararon varios tratamientos de salinidad creciente, disponiendo la solución nutritiva del tratamiento de control ($2,5 \text{ dS m}^{-1}$) de la concentración más baja posible de sodio y cloruros, mientras que en el resto de tratamientos el aumento de CE se lograba mediante la adición de cloruro sódico a una solución nutritiva similar a la del control.

Se utilizó un sistema recirculante independiente para cada tratamiento con el fin de mantener un porcentaje de drenaje elevado (90%) que asegurara la similitud entre la solución aportada, la drenada y la del sustrato. El sustrato utilizado fue perlita gruesa (granulometría 0-6 mm) dispuesta en contenedores de poliestireno de 30 cm de altura, con el fin de evitar problemas de asfixia radicular derivados de la alta frecuencia de riego establecida.

En total se realizaron tres experimentos, de los cuales los dos primeros fueron ciclos de primavera (el primero de febrero a julio y el segundo de diciembre a junio) y el tercero fue un ciclo largo comprendido entre septiembre y junio. Asimismo, la variedad comercial utilizada varió entre experimentos, siendo Daniela en el primero y Boludo en los otros dos.

Resultados y discusión

Producción de fruto comercial

En la figura 1 se muestra el efecto del aumento de la CE de la solución nutritiva radicular sobre la producción de fruto comercial expresada en valores relativos a la producción máxima obtenida. La reducción de la producción con la salinidad se ajustó claramente al mode-

Figura 1.

Relación entre la conductividad eléctrica de la solución de drenaje y la producción comercial acumulada expresada en valores relativos a la producción máxima en cada uno de los experimentos.

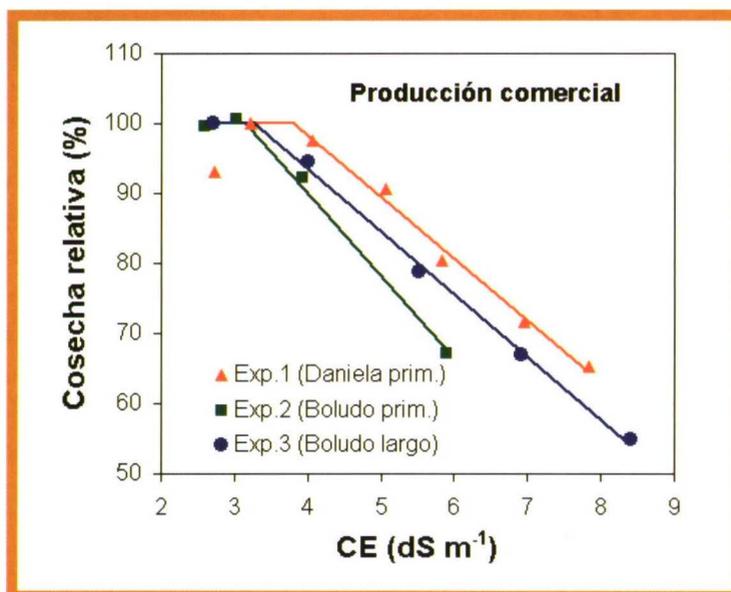


Figura 2.

Relación entre la conductividad eléctrica de la solución de drenaje y el peso medio y el número medio de frutos comerciales expresados en valores relativos al máximo en cada uno de los experimentos.

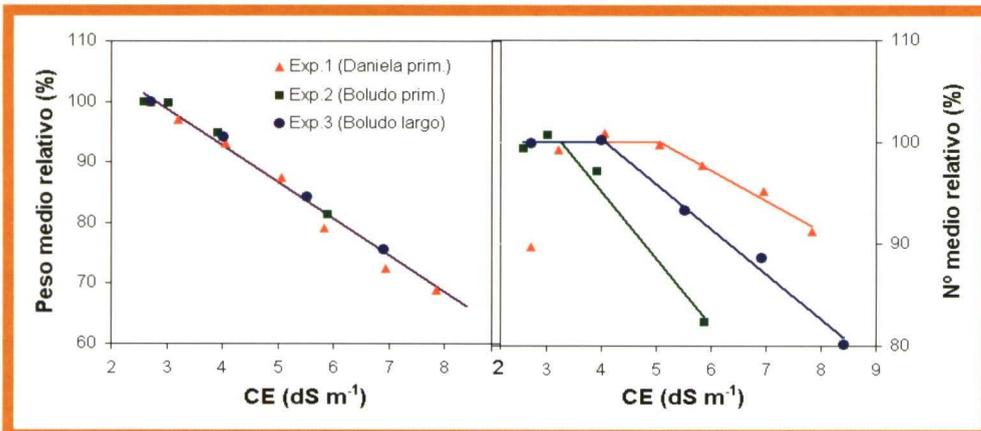


Figura 3.

Relación entre la conductividad eléctrica de la solución de drenaje y el porcentaje en peso de frutos con necrosis apical respecto a la producción total en cada uno de los experimentos.

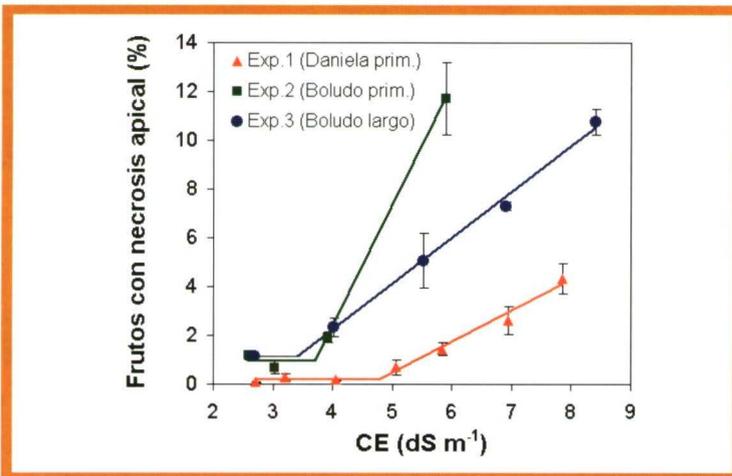
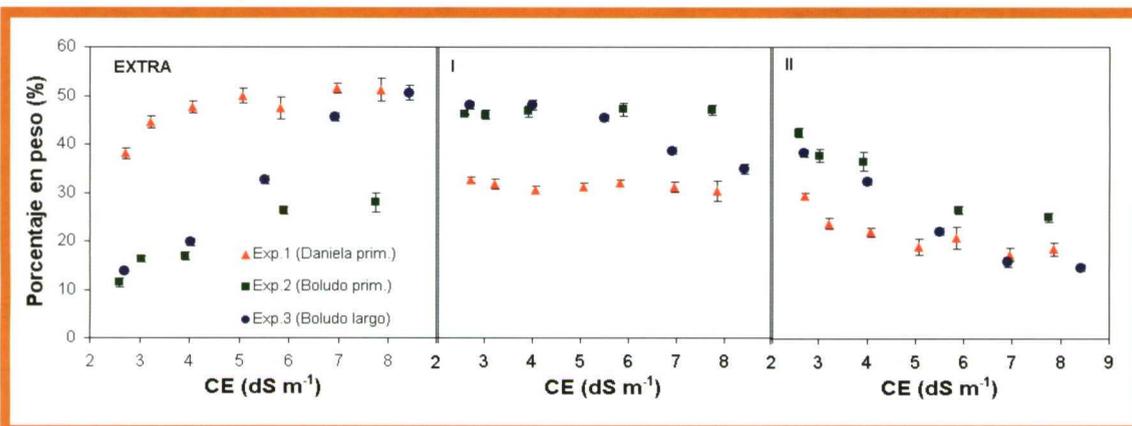


Figura 4.

Relación entre la conductividad eléctrica de la solución de drenaje y el porcentaje en peso respecto a la producción comercial de las distintas categorías comerciales en cada uno de los experimentos.



lo establecido por Maas y Hoffman (1977), según el cual existe un valor umbral de CE de la solución radicular por encima del cual la cosecha disminuye linealmente. Dicho umbral se situó en torno a $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ y la pendiente de descenso varió entre un 8,8% por cada incremento unitario de CE en el experimento 1 y un 11,8% en el experimento 2.

El umbral apenas se vio afectado por las condiciones ambientales, mientras que la variedad elegida tuvo una ligera influencia sobre este parámetro, ya que con Daniela se situó en $3,8 \text{ dS m}^{-1}$ y con Boludo en torno a $3,2 \text{ dS m}^{-1}$. Por lo que respecta a la pendiente de descenso, se vio afectada tanto por las condiciones ambientales como por la variedad. Puede decirse que Daniela resultó ser más tolerante a la salinidad que Boludo.

Peso medio del fruto y número de frutos

Analizando la relación entre la CE y cada uno de los componentes de la cosecha por separado (peso medio del fruto y número de frutos), se observa que el comportamiento de ambos fue diferente. El peso medio se redujo

linealmente desde el tratamiento control a razón de un 6% por término medio por cada incremento unitario de CE, mientras que el número de frutos siguió un patrón similar al de la producción, con un valor umbral de CE hasta el cual se mantuvo dicho número y un descenso lineal posterior (figura 2). Se observa que Daniela mostró una menor reducción en el número de frutos comerciales con el aumento de la salinidad que Boludo, como consecuencia de la menor aparición de frutos con necrosis apical. De hecho, las dos variedades de tomate utilizadas en los experimentos tuvieron un comportamiento distinto respecto a la producción de destrío. Daniela fue especialmente sensible al jaspeado cuando se manejó en condiciones de baja CE, mientras que Boludo fue sensible a la necrosis apical a alta salinidad. En términos generales se puede decir que Daniela mostró porcentualmente una menor producción de destrío considerando el conjunto de tratamientos.

Frutos con necrosis apical

El porcentaje de frutos con necrosis apical respecto a la producción total aumentó linealmente con la salinidad a partir de un valor umbral de CE, por debajo del cual se mantuvo constante y a niveles muy bajos (figura 3).

Boludo mostró ser más susceptible que Daniela ya que presentó un umbral menor ($3,5$ frente a $4,8 \text{ dS m}^{-1}$) y mayores pendientes de aumento del porcentaje de necrosis apical por encima del umbral. Asimismo, el aumento de la demanda evaporativa del aire determinó un incremento significativo de dicha pendiente, ya que para Boludo se obtuvo una pendiente mayor en ciclo de primavera que en ciclo largo de invierno.

Calidad del fruto y rentabilidad

La calidad externa del fruto tendió a mejorar con la salinidad ya que ésta provocó un au-



Sistema de cultivo utilizado.

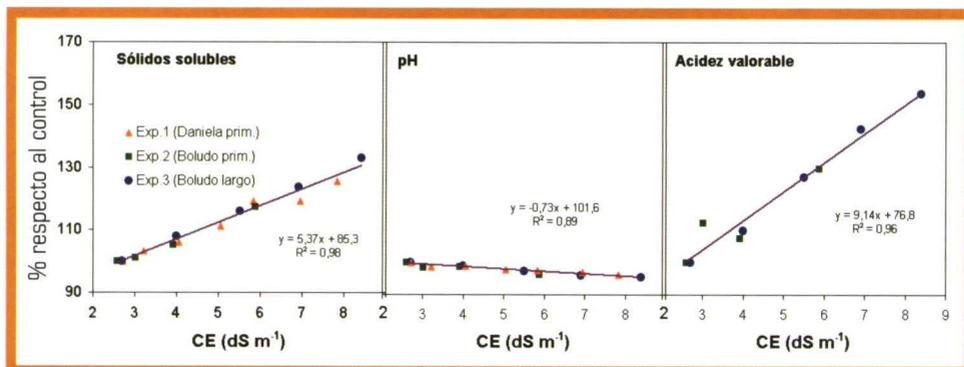
Niveles moderados de salinidad provocaron una mejora de la calidad del fruto aumentando la proporción de frutos de alta calidad visual, el contenido de sólidos solubles y la acidez valorable. Sin embargo, a niveles de $CE > 3,5 \text{ dS m}^{-1}$, la salinidad provocó una reducción del calibre del fruto y de la producción

mento de la proporción de frutos de categoría extra (frutos de alta calidad visual) y redujo los de categoría II (los frutos comerciales de peor calidad) (figura 4). Por otro lado, incrementó linealmente tanto el contenido en sólidos solubles como la acidez valorable del zumo del fruto a razón de un 5,4 y un 9,1%, respectivamente, por cada incremento unitario de CE y disminuyó el pH del mismo a razón de un 0,7% (figura 5). Tan sólo dos aspectos empeoraron al incrementar la salinidad: la mayor aparición de necrosis apical y la reducción del calibre del fruto, que puede incidir de forma severa en la valoración económica del producto, perjudicando a los tratamientos salinos. De hecho, según un estudio económico realizado, los ingresos brutos percibidos por el agricultor disminuyeron linealmente a partir de



Figura 5.

Relación entre la conductividad eléctrica de la solución de drenaje y el contenido en sólidos solubles, el pH y la acidez valorable del zumo del fruto expresados en valores relativos al tratamiento control.



una CE comprendida entre 3,1 y 3,8 dS m⁻¹ dependiendo del experimento (figura 6), a pesar de la mejora obtenida en términos generales en la calidad del fruto, debido a la reducción de la producción fresca y del calibre.



Conclusiones

Los resultados obtenidos indican que el manejo del tomate en cultivo sin suelo bajo

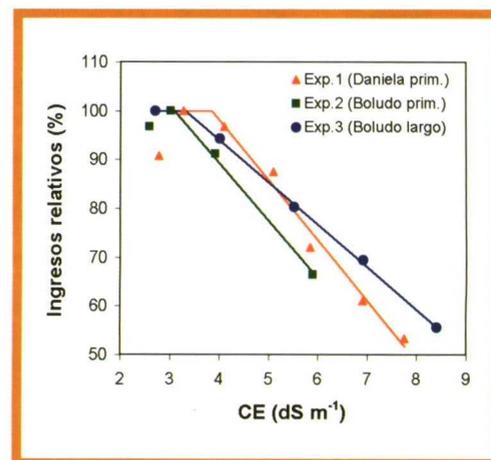
Arriba. Depósito colector y bomba de impulsión de la solución recirculante.

Abajo. Canalones de recogida del lixiviado y vista del cultivo.



Figura 6.

Relación entre la conductividad eléctrica de la solución de drenaje y los ingresos brutos obtenidos expresados en valores relativos a los ingresos máximos en cada uno de los experimentos.



condiciones de salinidad moderada tiende a provocar una mejora notable de la calidad del fruto pero, actualmente, esto no es capaz de compensar en términos económicos la reducción obtenida en el calibre del mismo y en la producción, por lo que, mientras el mercado aprecie tanto dicho calibre y no valore en mayor medida la calidad organoléptica, resulta conveniente trabajar a una CE en torno a 3,5 dS m⁻¹.

Suponiendo necesaria una CE mínima a base de macronutrientes de 2 dS m⁻¹ con el fin de obtener máxima producción, el resto hasta alcanzar 3,5 dS m⁻¹ podría corresponder a cloruro sódico, lo que supone unos 13 mmol l⁻¹ de esta sal. Para establecer con precisión dicha acumulación, serán necesarios posteriores estudios que valoren la concentración mínima de macronutrientes necesaria para obtener máxima producción con una calidad aceptable. En cualquier caso, una concentración de cloruro sódico de 13 mmol l⁻¹ en la solución recirculante determina una concentración máxima admisible de sodio y cloruros en el agua de refresco añadida al sistema cerrado para reponer el agua absorbida por el cultivo de 1,2 y 1,7 mmol l⁻¹, respectivamente, (Magán, 2005), valores que resultan inferiores a las concentraciones existentes de ambos elementos

en la mayoría de las aguas de riego disponibles en el sureste español. Por tanto, con el fin de obtener máximos ingresos, frecuentemente sólo será posible llevar a cabo una recirculación parcial y resultará fundamental aprovechar óptimamente el agua de lluvia disponible. ■

Bibliografía

Maas, E.V. y Hoffman, G.J. 1977. Crop salt tolerance-Current assessment. Journal of the Irrigation and Drainage Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers, 103(IR2): 115-134.

Magán, J.J. 2005. Respuesta a la salinidad del tomate larga vida en cultivo sin suelo recirculante en el sureste español. Tesis doctoral. Universidad de Almería. 171 pp.