

Las plantas de tomate sometidas a tratamientos periódicos con aditivo PRO al 0,4% poseen una mayor tolerancia a la salinidad

Influencia de la aplicación de aminoácidos de síntesis en el desarrollo de plantas de tomate cultivadas bajo condiciones de salinidad

Desde siempre ha interesado a los agricultores la posibilidad de mantener rendimientos aceptables de los cultivos a pesar de que éstos tengan que desarrollarse en condiciones ambientales que no se encuentren entre las deseables (climatológicas, edafológicas, etc.). El crecimiento del tomate en condiciones inadecuadas de salinidad provoca reducciones significativas de los rendimientos de la cosecha que están referenciadas desde hace bastante tiempo (Adams, 1991; Cuartero et al, 1995; Stanghellini et al, 1998). El cultivo del tomate en determinadas zonas cuyos suelos contienen cantidades de sales excesivas, o bien la utilización de recursos hídricos con contenidos excesivos de sales, provoca que constantemente tengan que buscarse soluciones agrónomicamente viables para hacer frente a este problema; es el caso, por ejemplo, de la aplicación de reguladores osmóticos (Botta et al, 2009), u otras iniciativas agronómicas tomadas en la misma dirección. A continuación se indican las claves de un ensayo realizado con el objetivo de evaluar la eficiencia de aplicación de aminoácidos de síntesis (aa) en el desarrollo de las plantas de tomate bajo condiciones de salinidad.

J. Narciso Pastor Sáenz, Lluís Martín Closas, Andreu Ginesta Fàbrega y Joan Costa Tura (Departamento de Hortofruticultura, Botánica y Jardinería. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria. Universitat de Lleida)

El ensayo se realizó en las instalaciones de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria de la Universitat de Lleida. Se diseñó un ensayo experimental basado en el establecimiento de un cultivo de tomate en condiciones estándares de invernadero. Se partió de plantel comercial de plantas de tomate (CV Caramba), las cuales se transplantaron a contenedores de 30 litros.

Como medio de cultivo se utilizó un sustrato universal para macetas (sustrato profesional Floraska– Tipo 2). El transplante de las plantas a los contenedores fue el 13 de octubre de 2010. Las plantas estaban provistas de un gotero de 4 l/hora que permitió el riego durante todo el cultivo. El riego fue ajustándose a medida que el cultivo iba desarrollándose.



Imagen del ensayo en el momento de la preparación del sustrato (izq.), y detalle del transplante de las plantas de tomate a los contenedores de 30 litros (dcha.).

La mitad de las plantas fueron sometidas a condiciones de salinidad en su crecimiento a través de la adición de cloruro sódico (ClNa) al sustrato de cultivo en el momento del transplante, así como de adiciones posteriores de ClNa en el agua de riego. El nivel inicial de salinidad en el sustrato en estas plantas fue de 10 dS/m. Además cada 15 días (aprox.) se añadió a cada contenedor 300 cc de agua salina (9 dS/m); la cantidad de solución salina por maceta fue ajustándose a medida que las plantas iban desarrollándose

En el Gráfico A se muestra un esquema temporal del ensayo donde se marca la temporalidad de los diferentes riegos salinos, así como otras fechas de interés.

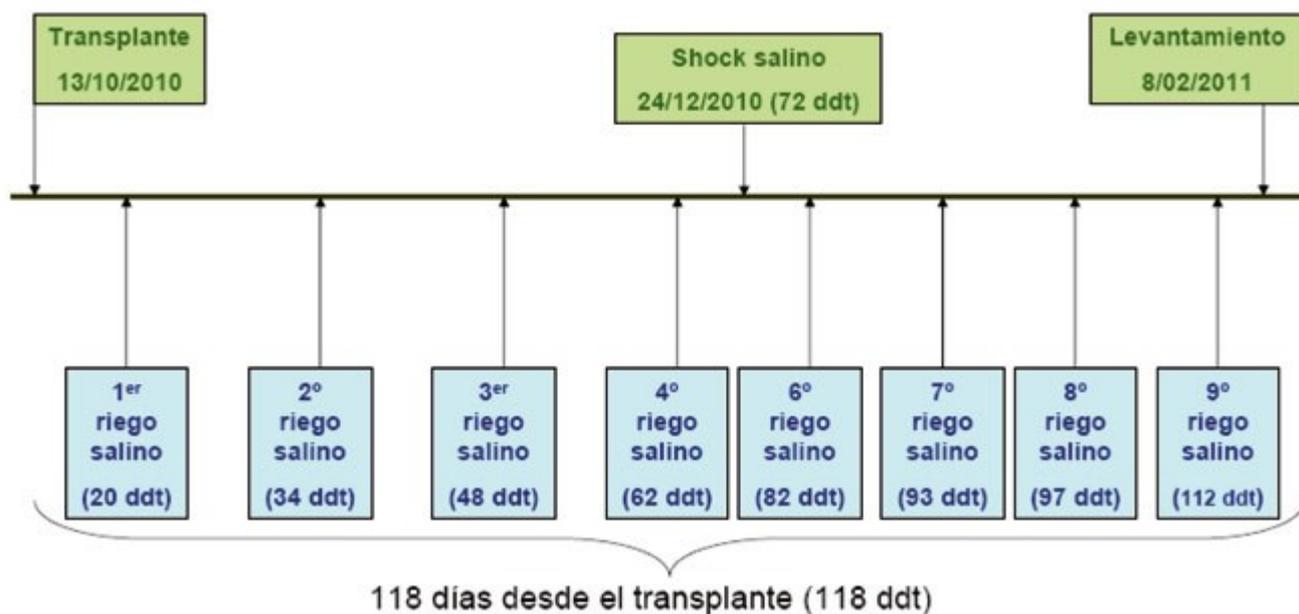


Gráfico A: Esquema temporal del ensayo donde se marca la temporalidad de los diferentes riegos salinos, así como otras fechas de interés.

La otra mitad de las plantas se desarrollaron en un sustrato agronómicamente adecuado. La situación de 'estrés' o 'no estrés' de las plantas de tomate fue el primer factor de variación de los que hubo en el ensayo:

- la mitad de las plantas crecieron en condiciones normales (plantas NE)
- la otra mitad en condiciones de estrés salino (plantas E)



Imágenes de las plantas de tomate recién transplantadas (izqda.) y tras 26 días desde el transplante (dcha.).

Como ya se utilizó el complejo PRO, (aminoácidos de síntesis y péptidos) incluido en el producto comercial Bioestim-Plus. Durante el desarrollo del cultivo se realizaron quincenalmente aplicaciones foliares a las plantas de tomate con el producto Bioestim

Plus (dosis 300 cc/hl), pero con distintas riquezas de aditivo PRO: 0%, 0.4% y 0.8% de riqueza. Además se estableció otro tratamiento (C0), en el cual a las plantas de tomate solamente se les aplicó agua destilada. Se tienen por tanto 4 niveles diferentes respecto de este factor de variación:

- C0 (plantas tratadas con agua destilada)
- BS (plantas tratadas con Bioestim Plus y 0% de aditivo PRO)
- BP-0,4% (plantas tratadas con Bioestim Plus y 0,4% de aditivo PRO). Esta concentración de aditivo PRO es la que contiene comercialmente el producto Bioestim Plus.
- BP-0,8% (plantas tratadas con Bioestim Plus y 0,8% de aditivo PRO)



Detalles del tratamiento foliar de las plantas de tomate con las diferentes concentraciones de aditivo PRO.

El número total de tratamientos distintos fue 8 (4 x 2). El número de plantas por tratamiento fue de 6. Durante el desarrollo del cultivo se fueron controlando variables como la altura de las plantas, fotosíntesis potencial y transpiración, fluorescencia, contenido en clorofilas de las plantas (SPAD), número de pomos por planta, así como el desarrollo fenológico de las plantas de tomate.



Calibración de la solución salina (izqda.) y aplicación de ésta a las plantas E (dcha.).

Tras 72 días del transplante (con fecha 22 de diciembre de 2010) se sometió a un shock salino a las plantas E a fin de evaluar la respuesta de las plantas sometidas a los distintos tratamientos. El shock salino consistió en aplicar a cada una de las plantas E, 350 cc de solución salina (14 dS/m) y colocar 2 g de CINa bajo el gotero.



Control de distintos parámetros fisiológicos durante el crecimiento de las plantas de tomate.

Resultados

Tras el shock salino se controlaron las siguientes variables en las plantas E: índice de Mortalidad tras 15 y 30 días del shock salino (IM), índice de afección de la salinidad (IAS); la puntuación asignada de IAS se ajustó a la siguiente sintomatología:

0: foliolo no afectado por la salinidad.

2: superficie afectada menor al 5% (no hay marchitamiento; pueden apreciarse leves necrosamientos internerviales en el limbo).

4: superficie afectada menor al 15%; (enrollamiento de los foliolos; no hay marchitamiento).

6: superficie afectada menor al 50% (enrollamiento de los foliolos más intenso; aparece marchitamiento de los foliolos sin llegar a ser intenso).

8: superficie afectada menor al 90% (se observa enrollamiento de los foliolos muy intenso; marchitamiento intenso de los foliolos).

10: foliolo extremadamente afectado (todos los foliolos están marchitos; no hay superficie fotosintéticamente activa).

En cuanto a los resultados, se hará un repaso para las principales variables controladas.

Respecto de la evolución de la altura de las plantas de tomate (Fig. 1) destaca que la única diferencia significativa que se ha obtenido para esta variable es la que pone en evidencia el distinto desarrollo de las plantas cultivadas en condiciones de salinidad (plantas E) respecto de las que crecen en condiciones no salinas (plantas NE), coincidiendo con comportamientos ya referenciados (Cuartero y Fernández-Muñoz, 1999; Heuvelink et al, 2003; Olympios et al, 2003). Dentro de cada uno de estos grupos (plantas E y plantas NE), no se dan diferencias significativas en esta variable para los distintos tratamientos (C0, BS, BP 0,4% y BP 0,8%).

Respecto de la evolución fenológica de las plantas de tomate, así como del número de pomos por plantas no se obtuvieron diferencias significativas entre las plantas E y NE, ni tampoco entre sus tratamientos (C0, BS, BP 0,4% y BP 0,8%). Por lo que hace referencia al SPAD (concentración de clorofilas) (Fig. 2) sucede algo parecido a lo indicado en el caso de la altura. No se aprecian diferencias significativas dentro de los tratamientos de las plantas E o dentro de las plantas NE, sin embargo sí que aparecen diferencias significativas entre las plantas E y las NE a lo largo del ciclo. Como indica la Fig. 2, excepto para las dos primeras fechas de control, los valores de Ud SPAD recogidos en las plantas E siempre son superiores a los valores obtenidos de las plantas cultivadas en condiciones no salinas (NE), coincidiendo con Heuvelink et al, 2003; esto es habitual en plantas que crecen en condiciones de salinidad moderadas sin que la concentración llegue a ser fitotóxica. Por otro lado, los resultados son coincidentes con

Cuartero (1995) cuando indican como las plantas en estas condiciones de salinidad moderada poseen un color verde más intenso que el del resto de plantas, lo que repercute en unos mayores valores de Ud SPAD.

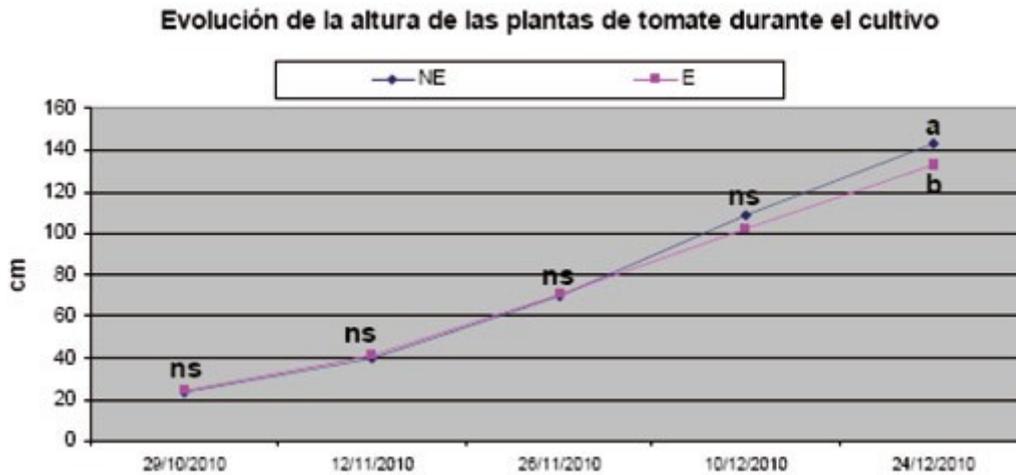


Figura 1: Evolución de la altura de las plantas (ns: no hay diferencias significativas; letras diferentes indican tratamientos diferentes –Duncan, $p < 0,05$ -).

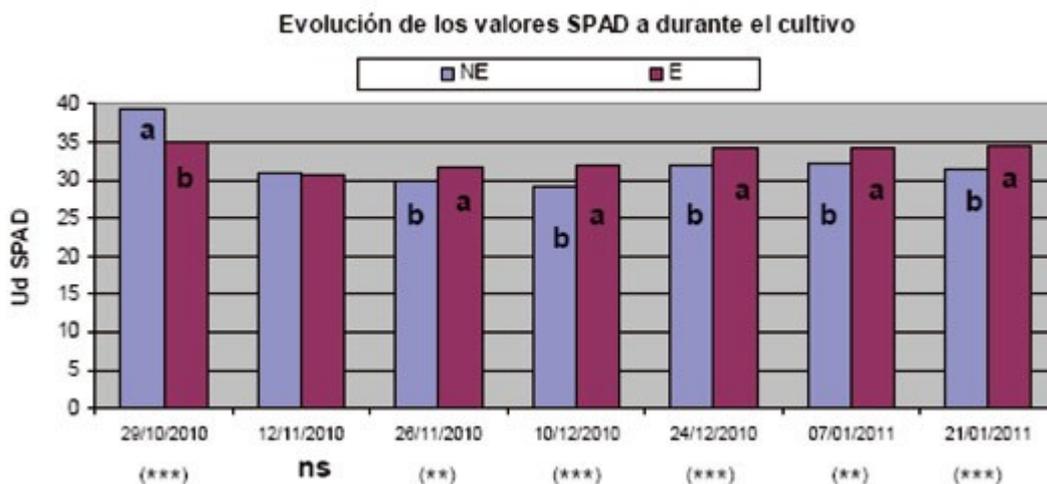


Figura 2: Evolución del SPAD (contenido de clorofila en hoja) en las plantas de tomate durante el periodo de desarrollo del cultivo (ns, *, **, ***: no significativo o significativo a $p < 0,05$, 0.01 ó 0.001 respectivamente; letras diferentes en la misma fecha de control indican tratamientos diferentes - Duncan, $p < 0,05$).

Respecto de los valores obtenidos con la variable Fluorescencia, así como en la fotosíntesis potencial y la transpiración, no se recogieron diferencias entre los diferentes tratamientos a los que se sometieron los distintos grupos de plantas. Solamente se detectaron las lógicas diferencias entre las plantas estresadas (plantas E) y las no estresadas (plantas NE) siempre a favor de las no estresadas, coincidiendo con lo indicado por Wang et al (2011).

Sin embargo tras el shock salino al que fueron sometidas las plantas E (72 ddt), sí que se recogieron resultados más significativos; en este sentido respecto del Índice de Mortalidad (IM) los resultados ponen en evidencia aspectos muy significativos en cuanto a la diferencia de comportamiento entre unas plantas de tomate y otras en función de la aplicación foliar a la que han sido sometidas durante el crecimiento. Los datos obtenidos para el IM se muestran en la Fig. 3.

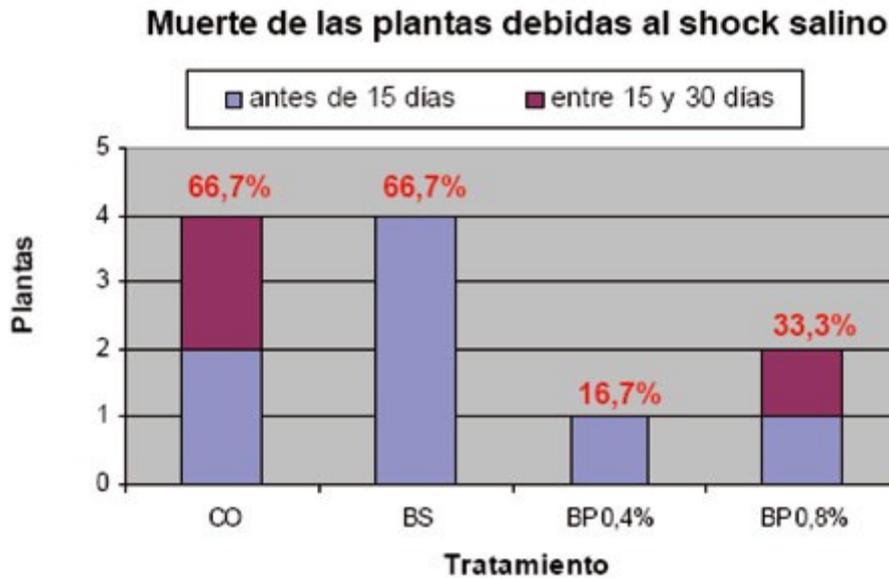


Figura 3: Índice de Mortalidad (IM) de las plantas de tomate tras el shock salino sufrido 72 días después del transplante.

Como queda reflejado, el porcentaje de plantas muertas en las plantas C0 y BS es muy superior al que se ha producido en el resto de tratamientos. Esto significa que las plantas que no han recibido aditivo PRO en los tratamientos foliares son mucho más sensibles a las condiciones extremas de salinidad. Por el contrario, las plantas que recibieron tratamientos foliares que incorporaban aditivo PRO, tuvieron una mayor resistencia a las condiciones de salinidad.

También destaca el hecho de que entre las plantas E sometidas a aplicaciones foliares de Bioestim Plus que incorpora el aditivo PRO, los mejores resultados se han obtenido en aquel tratamiento que incorpora un 0,4%, ya que se contabilizaron un 16,7% de plantas muertas en total debido al shock salino, mientras que en las plantas que fueron tratadas con el tratamiento que incorporaba el 0,8% de aditivo PRO el porcentaje de plantas muertas se eleva al 33,3%. Cabe decir por tanto, que para esta variable los mejores resultados se han obtenido en las plantas sometidas a tratamientos con Bioestim Plus con aditivo PRO al 0,4% de concentración.

Por lo que a la variable 'Índice de afección de la salinidad' (IAS) se refiere, en las plantas E controladas tras el shock salino, los resultados obtenidos se exponen en la Fig. 4. Los datos indican como después de contabilizar el IAS de todos los folíolos de las plantas E dañadas por el shock salino, las plantas que sufrieron menor afección por la salinidad fueron las sometidas al tratamiento foliar con Bioestim Plus y 0,4% de aditivo PRO. Estos datos están en la misma línea que los indicados respecto del índice de Mortalidad, en la que los mejores datos se daban para las plantas sometidas a este mismo tratamiento.

PLANTAS E

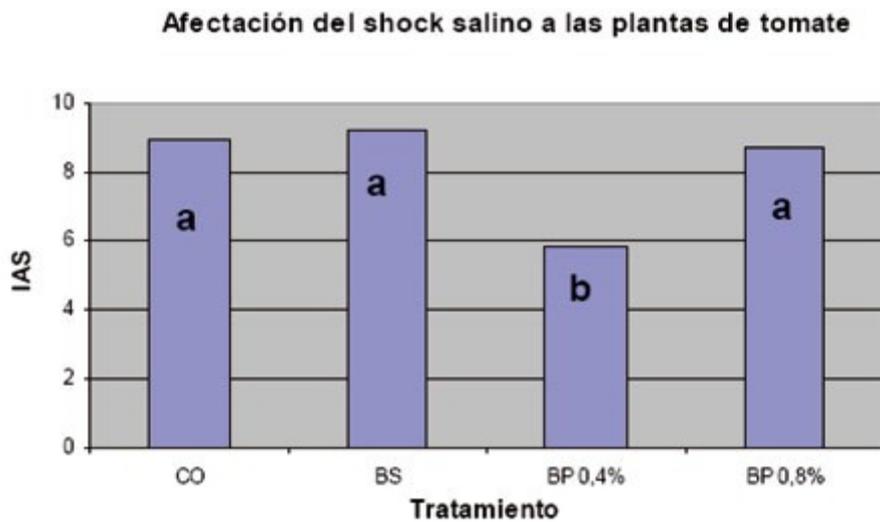


Fig.4: Índice de afección de la salinidad en hoja (IAS) (0: hoja no afectada; 10: hoja muerta) de las plantas de tomate tras el shock salino sufrido 72 días después del transplante.

Los resultados obtenidos indicaron que el hecho de intercalar riegos salinos (9 dS/m) en medio de riegos con agua no salina en el cultivo del tomate no supuso crecimiento diferencial entre las plantas, ya que seguramente la combinación de riegos salinos y no salinos ha provocado que la sal del sustrato se desplace hacia el exterior del contenedor y por lo tanto no tenga tanto efecto sobre el desarrollo del tomate.

No obstante, si bien en condiciones de cultivo normales (sin presencia de agentes estresantes) no se observaron diferencias significativas entre las distintas aplicaciones foliares realizadas a los tomates, cuando aparecen condiciones de cultivo muy estresantes por salinidad sí que se detectan diferencias entre las plantas tratadas con distintas concentraciones de aditivo PRO. Ante la presencia de condiciones severas de salinidad en el agua de riego, las plantas de tomate que presentaron un menor Índice de Mortalidad, y por tanto que presentaron una mejor respuesta son las tratadas con Bioestim Plus (0,4% de aditivo PRO); además ante la presencia de condiciones severas de salinidad en el agua de riego, las plantas de tomate que presentaron una menor afección fueron las tratadas con Bioestim Plus (0,4% de aditivo PRO).

Por todo ello puede concluirse que las plantas de tomate sometidas a tratamientos periódicos con aditivo PRO al 0,4% poseen una mayor tolerancia a la salinidad.



Imagen de las plantas cultivadas tras 92 días del transplante. A la izquierda están las plantas cultivadas en sustrato no salino, y a la derecha las tomateras que habían sufrido el shock salino 20 días antes.



Síntomas de salinidad detectados en hoja (izqda.) y en botones florales (dcha.) de las plantas de tomate durante el ensayo.

Agradecimientos

La realización de este ensayo ha contado con el soporte de Empresa Promisol, S.A. de Almacelles, Lleida (España).

Referencias bibliográficas

- Adams, P. 1991. Effects of increasing the salinity of the nutrient solution with major nutrients or sodium chloride on the yield, quality and composition of tomatoes Brown in rockwool. *J. Hort. Sci.* 66(2):201-207.
- Botta, A., Muñoz-Mayor, A., Bolarín, M., Marín, C. y Piñol, R. 2009. Tolerancia a la salinidad inducida por el regulador osmótico SresSal.
- Cuartero, J., Fernández-Muñoz, R. y González-Fernández, J.J. 1995. Estréses abióticos. p. 352-383. En: Nuez, F. (ed.). *El cultivo del tomate*. Mundi-Prensa. Madrid.

- Cuartero, J., Fernández-Muñoz, R. 1999. Tomato and salinity. *Scientia Horticulturae* 78:83-125.
- Heuvelink, E., Bakker, M. and Stanghellini, C. 2003. Salinity effects on fruit yield in vegetable crops: a simulation study. *Acta Hort* 609:133-140.
- Olympios C.M., Karapanos, I.C., Lionoudakis, K. and Apidianakis, I. 2003. The growth, yield and quality of greenhouse tomatoes in relation to salinity applied at different stages of plant growth. *Acta Hort* 609:313-320.
- Stanghellini, C., Van Meurs W.T.M., Corver, F., Van Dullemen, E. and Simonse, L. 1998. Combined effect of climate and concentration of the nutrient solution on a greenhouse tomato crop. II: Yield quantity and quality. *Acta Hort*. 458:231-237.
- Wang, X., Geng, S., Ri, Y., Cao, D., Liu, J., Shi, D. and Yang, C. 2011. Physiological responses and adaptive strategies of tomato plants to salt and alkali stresses. *Scientia Horticulturae* 130:248–255.