

UTILIZACIÓN DE PORTAINJERTOS RESISTENTE A SALINIDAD EN TOMATE

Entre los problemas que enfrenta el cultivo de tomates frescos está la escasez hídrica y la salinidad. La utilización de portainjertos tolerantes a estrés abiótico, como salinidad, se podría estar convirtiendo en un manejo agronómico importante para obtener alta productividades y buena calidad del tomate, bajo las condiciones limitantes previamente mencionadas. INIA propone un portainjerto seleccionado a partir del cruzamientos entre *S. lycopersicum* cultivado y el pariente silvestre *S. chilense*, como una herramienta efectiva para mejorar la tolerancia en tomate.


 FONDECYT 1180958. JUAN PABLO MARTÍNEZ CASTILLO, INGENIERO AGRÓNOMO, DR., INIA LA CRUZ. JPMARTINEZ@INIA.CL
BRUNO DEFILIPPI BRUZZONE, AGRÓNOMO, PH. D. INIA LA PLATINA. KAREN FARIAS GROLLMUS, INGENIERO AGRÓNOMO.
BORIS SAGREDO DÍAZ, BIOQUÍMICO, PH. D., M. SC., ING. AGR., INIA RAYENTÚE.



Figura 1. Dispositivo de silicona utilizado en la injertación en tomate.

El cultivo de tomates frescos en Chile (y el mundo) se enfrenta a varios problemas que afectan su producción, entre otros, escasez hídrica, salinidad, ataque de enfermedades y nemátodos, problemas acentuados por efecto del cambio climático. El tomate es una especie medianamente tolerante a la salinidad, pero con significativas reducciones de productividad en las variedades comerciales actualmente utilizadas. En ciertas áreas de Chile (regiones Arica y Parícuta, Coquimbo, Valparaíso y Metropolitana) se ha observado que la salinidad puede alcanzar valores que fluctúan entre 2,5 y 10 = dS/m, en suministros de agua de riego provenientes de río, desde el Aconcagua al norte. Esto repercute en cultivos glicófitas (especies que toleran bajas concentraciones de salinidad) como el tomate.

En algunos sectores de los valles de Azapa y Quillota, el problema de salinidad se ha acentuado por la reducción de la disponibilidad de agua de riego, debido al efecto del cambio climático. Lo antes descrito se traduce -en última instancia- en una reducción de la competitividad de los productores de tomate en estas zonas geográficas, impactando la integridad del ecosistema, pero, además, contribuyendo a la relocalización y abandono de sectores rurales. De acuerdo con estos antecedentes, la utilización de portainjertos tolerantes a estrés abiótico, por ejemplo, salinidad, se podría estar convirtiendo en un manejo agronómico importante para obtener alta productividades y buena calidad del tomate, bajo las condiciones limitantes previamente mencionadas.

PROBLEMAS EN TOMATE RELACIONADOS CON LA SALINIDAD

La salinidad es uno de los principales factores que limitan el crecimiento y la productividad de las especies cultivadas en zonas áridas y semiáridas del mundo (Agbna et al., 2017). El tomate se considera como un cultivo medianamente tolerante a la salinidad, sin embargo, la mayoría de las variedades comerciales cultivadas en el último tiempo se han seleccionado por su potencial de rendimiento y calidad de fruta en condiciones óptimas de cultivo, sin considerar atributos que permiten a la planta hacer frente a las condiciones de este tipo de estrés. En nuestro país, tanto los eventos de sequía como de salinidad se han acentuado los últimos años.

El detrimento del crecimiento observado en plantas de tomate bajo condiciones salinas se asocia generalmente a varias respuestas de la planta, las que incluyen toxicidad iónica a largo plazo por acumulación de iones y estrés osmótico por presencia de altas concentraciones de sales en la solución del suelo (Martínez et al., 2012). El daño producido se debe principalmente a la acumulación excesiva de Na^+ y Cl^- en las hojas (Cuartero y Fernández-Muñoz, 1999). Entre los procesos primarios, la fotosíntesis como proceso clave para el funcionamiento de una planta, es la respuesta más sensible de las afectadas por el estrés salino, lo cual se traduce en una reducción de la tasa fotosintética neta (PN), la conductancia estomática (gs) y la

concentración intercelular de CO₂ (Ci) de las plantas (He et al., 2009). La salinidad también afecta el productividad y calidad global de la fruta (Martinez et al., 2012).

SALINIDAD SOBRE CALIDAD GLOBAL DEL FRUTO

La salinidad provoca amplios ajustes en el metabolismo y la fisiología de la fruta en tomate (Saito et al., 2008) mejorando su calidad en términos organolépticos (textura y sabor por ejemplo), y su peso seco al incrementar este tipo de estrés (Bekles, 2012), lo cual mejora varias características de calidad, incluyendo el porcentaje de materia seca, el contenido de azúcares, acidez, capacidad antioxidante y aroma en la fruta, al presentar estos un mayor contenido de compuestos solubles, concentración de ácidos y licopeno (Martinez et al., 2012). Otro estudio concluye que el NaCl mejora la dulzura del tomate, mejorando la intensidad del sabor, como también se ha informado que mejora la capacidad antioxidante (Martinez et al., 2012). La importancia de los tomates cultivados en presencia de salinidad podría estar asociado a mejorar los atributos saludables de diferentes compuestos tales como el licopeno (LYC), el b-caroteno, los fenoles (PHE) o la vitamina C.

INDICADORES DE TOLERANCIA A LA SALINIDAD EN TOMATE

La relación K⁺/ Na⁺ se considera como un indicador de tolerancia a la salinidad en tomate ya que muestra un mantenimiento del equilibrio iónico en el agua y la supervivencia de la planta (Asins et al., 2013, Adams y Shin, 2014). Además, la selección de genes involucrados en el vigor también es importante para la productividad del cultivo de tomate en condiciones salinas (Albacete et al., 2009). Mantener el vigor del brote produce una dilución de los iones tóxicos (Na⁺, Cl⁻, BO₃⁻³, entre otros), pero también genera nuevos recursos (energéticos) para la defensa contra el estrés, lo que permitiría que el funcionamiento de la raíz retrase, minimice o evite los efectos iónicos tóxicos (Munns y Tester, 2008). Respecto de esto, los altos costos energéticos para la planta son necesarios de modo de mantener el proceso de exclusión de Na⁺ en la membrana plasmática de las raíces, ya que son una causa importante de la toxicidad por la sal en las plantas.

En las últimas décadas, los esfuerzos para disminuir los efectos del estrés salino han sido orientados al manejo del agua a través de tecnologías de riego, desalinización de aguas, mejoramiento de los

EL CULTIVO DEL TOMATE EN CHILE Y EL MUNDO

El tomate (*Solanum lycopersicum L.*) es uno de los vegetales más importantes para la alimentación humana, y la hortaliza más producida a nivel mundial, con una producción estimada que alcanza los 182 millones de toneladas métricas en el año 2017. Los mayores productores de tomate son China con el 32% de la producción, seguido de India (10%), Estados Unidos (7,4%), y Turquía (7,1%) (FAO, 2017). En Chile, el tomate es el tercer cultivo más relevante para consumo fresco y la tercera hortaliza más importante a nivel nacional con un 7% de superficie cultivada de hortalizas, después del choclo, la lechuga, con una superficie cultivada de tomate fresco de 5.328 hectáreas en el año 2019 (ODEPA, 2019) y tomate industrial de 9.840 ha (FAOSTAT, 2020), con rendimiento promedio de 62,7 t/ ha. La mayor parte de la superficie cultivada se concentra en las regiones de Valparaíso, O'Higgins, Metropolitana y Maule con 1.020, 938, 862 y 838 ha, respectivamente (ODEPA, 2019). La región de Arica y Parinacota es importante en tomate fresco, con una superficie aproximada de 900 ha en los últimos años. La superficie de las regiones de O'Higgins y Valparaíso, por su parte, presentaron una leve disminución en el número de hectáreas cultivadas entre 2016 y 2017 (-3,1 y -2,1%, respectivamente), lo que es atribuible principalmente a la escasez hídrica.

suelos, uso de fertilizantes y utilización de sustratos alternativos, entre otros. En este contexto, hasta la fecha, las soluciones basadas en mejoramiento genético, dirigidas al desarrollo de variedades tolerantes a la salinidad, utilizando los indicadores de tolerancia mencionados y herramientas de mejora convencional o biotecnológica, pero utilizando especies silvestres tolerantes, podría ser promisorias en este sector productivo, gracias

a material tolerante a este tipo de estrés (Cuartero et al., 2016).

LA IMPORTANCIA DE LA UTILIZACIÓN DE PORTAINJERTO PARA CONTRARRESTAR LA SALINIDAD

Una alternativa prometedora para resolver estas limitantes es utilizar portainjertos tolerantes a los diferentes estreses abióticos (estrés hídrico y salinidad). El uso de portainjertos ha sido difundido

HM • CLAUSE

En HM.CLAUSE
encontrarás la
mejor opción en

Portainjertos

Tel: +56 (2) 2435 2276
Correo: conosur@hmclause.com
www.hmclause.com

Tomate

DEFENSOR
FUNDATOR
PROTECTOR



Pimiento

ULTRON

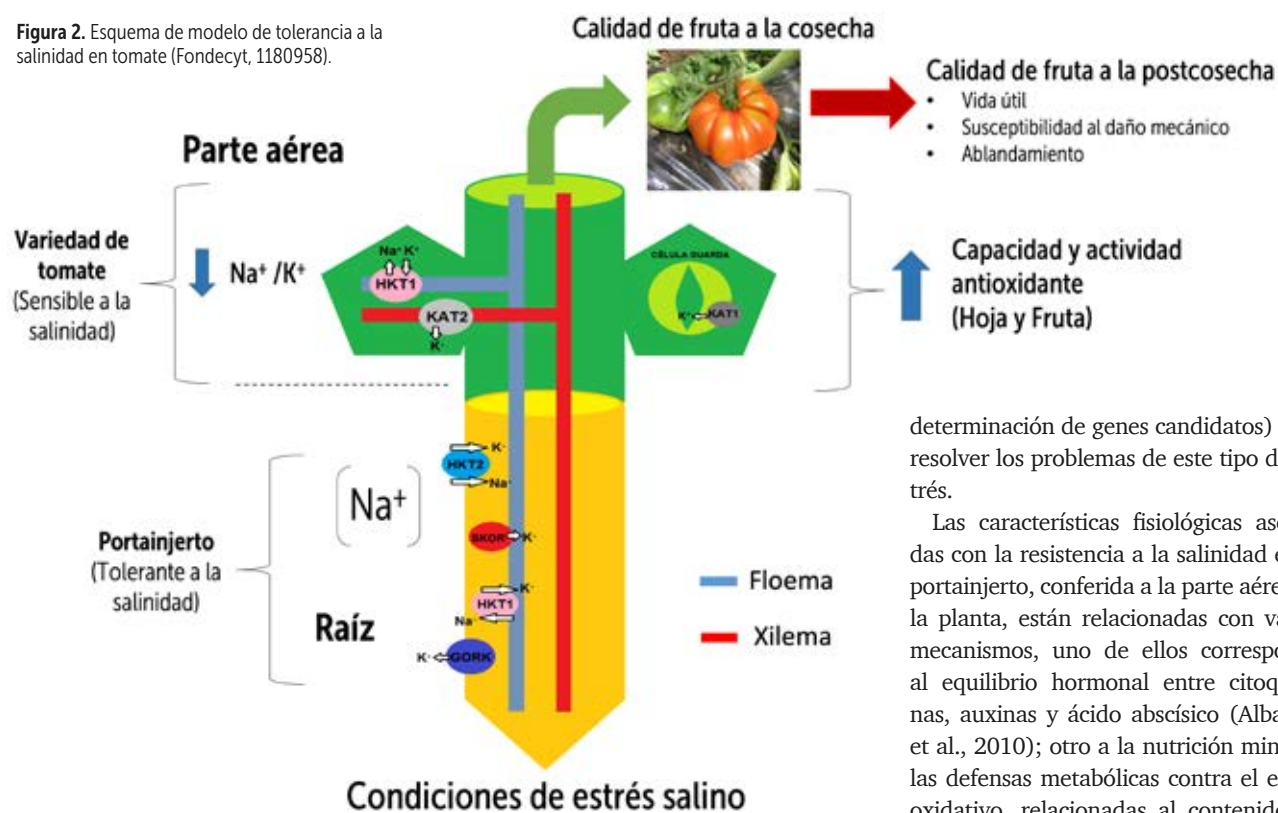


Cucurbitáceas

AURORA (Lagenaria)
TZ 148 (Interespecífico)
ONIDAI (Sandía)



Figura 2. Esquema de modelo de tolerancia a la salinidad en tomate (Fondecyt, 1180958).



exitosamente en todo el mundo en frutales tales como durazneros (Remorini et al., 2008), uva de mesa (Mccollum y Bowman, 2002), damasco (Pérez et al., 2007), etc.

El uso de portainjertos surgió en el mundo como una alternativa ecológica y sustentable al uso de fumigantes de suelo (bromuro de metilo) para el control de plagas y enfermedades, provocando un aumento notable en la superficie de plantación (Rouphael et al., 2010). El del portainjerto también ha sido una técnica exitosa en solanáceas como las berenjenas y cucurbitáceas como el melón y la sandía. A la fecha, el efecto más notorio del uso del portainjerto es la incidencia sobre el vigor de la planta, lo que se ha traducido en aumentos significativos de productividad (30%) y calidad agronómica de la fruta.

Para tomate se han seleccionado portainjertos vigorosos, que reducen el uso de fertilizantes, o que son resistentes a patógenos tales como nemátodos y hongos (*Fusarium*), con resultados productivos exitosos (Lee et al., 2010). Así

mismo, el uso de portainjertos puede mejorar la productividad del cultivo de tomate y la calidad global del fruto, incluidos atributos agronómicos, funcionales, sensoriales y calidad de postcosecha. Sin embargo, los portainjertos disponibles en el mercado muestran una falta de propiedades que permitan a la planta evitar el impacto negativo de la salinidad en las zonas Norte y Centro de Chile. Las especies de plantas halófitas (tolerantes a la salinidad) compatibles, que podrían cruzarse con variedades de tomate cultivado, juegan un papel fundamental para este propósito.

Actualmente INIA está trabajando con nuevo material de portainjertos interespecíficos para aumentar la tolerancia al estrés abiótico (salinidad) en tomate, con accesiones únicas e identificadas como altamente tolerante a la salinidad. Los estudios realizados en INIA La Cruz son aproximaciones que incluyen aspectos agronómicos (control de cultivo, rendimiento), fisiológicos (análisis de parámetros marcadores de tolerancia) y genéticos (obtención de material híbrido y

determinación de genes candidatos) para resolver los problemas de este tipo de estrés.

Las características fisiológicas asociadas con la resistencia a la salinidad en el portainjerto, conferida a la parte aérea de la planta, están relacionadas con varios mecanismos, uno de ellos corresponde al equilibrio hormonal entre citoquininas, auxinas y ácido abscísico (Albacete et al., 2010); otro a la nutrición mineral, las defensas metabólicas contra el estrés oxidativo, relacionadas al contenido de antioxidantes y actividades enzimáticas (He et al., 2009); y la exclusión en la captación y transporte de sales (Martínez & Rodríguez, 2008).

Para estandarizar el criterio de selección de material vegetal de modo de desarrollar cultivos de tomates a partir de portainjertos genéticamente resistentes a la salinidad, se pueden considerar: una alta proporción K^+ / Na^+ celular, lo que permitiría el mantenimiento de la homeostasis iónica y del agua en la planta (Asins, 2013, Adams y Shins, 2014); genes involucrados en mecanismos de mantención de vigor en condiciones salinas, los que permitirían la dilución de iónicos tóxicos en la planta y la generación de recursos energéticos por medio de los brotes nuevos (Munns y Tester, 2008). El K^+ cumple funciones a nivel celular en toda la planta, como es la regulación del potencial osmótico, mediante el que modera apertura estomática, movimientos celulares o transporte vía floema (Cherel et al., 2014). Por otro lado, se ha descubierto que un mecanismo de tolerancia a la salinidad es la selectividad de iones de K^+ , por sobre Na^+ , ya que la planta adopta diferentes mecanismos para evitar la entrada de Na^+ a las hojas (Abbas y Mobin, 2016).

Estos resultados indican que existe una competencia entre Na^+ y K^+ respecto de su aceptación y sugieren que el cultivar tolerante a la salinidad presenta una mayor capacidad de acumulación de K^+ y, por ende, un mejor desempeño de la planta a nivel celular. En consecuencia, se propone el portainjerto INIA seleccionado a partir de cruzamientos entre *S. lycopersicum* cultivado y el pariente halófito silvestre *S. chilense*, como una herramienta efectiva para mejorar la tolerancia de la parte aérea para el cultivo de "Tomate Limachino Antiguo" (Figura 3), considerando la influencia de los suelos salinos. Ra



Figura 3. Frutos de "Tomate Limachino Antiguo".

REFERENCIAS

- Abbas ZK, Mobin M. 2016. Comparative growth and physiological responses of two wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars differing in salt tolerance to salinity and cyclic drought stress. *Journal Archives of Agronomy and Soil Science* 62: 745-758
- Adams E, Shin R. 2014. Transport, signaling, and homeostasis of potassium and sodium in plants. *J. Integr. Plant Biol.* 56:231-249.
- Agbna G, Ali A, Bashir A, Eltoum F, Hassan M. 2017. Influence of Biochar Amendment on Soil Water Characteristics and Crop Growth Enhancement Under Salinity Stress. *J. E. W.* 4: 49-54.
- Albacete A, Ghanem ME, Dodd IC, Pérez-Alfocea F. 2010. Principal component analysis of hormone profiling data suggests an important role for cytokinins in regulating leaf growth and senescence of salinised tomato. *Plant Signal. Behav.* 5: 44-46.
- Asins MJ, Villalta, Aly MM, Ollas R, Alvarez DE, Morales P, Huertas R, Li J, Jaime-Pérez N, Haro R, Raga V, Carbonell EA, Belver A. 2013. Two closely linked tomato HKT coding genes are positional candidates for the major tomato QTL involved in Na^+ / K^+ homeostasis. *Plant Cell Environ.* 36: 1171-91.
- Beckles DM. 2012. Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 63:129-140.
- Chérel I, Lefoulon C, Boeglin M, Sentenac H. 2014. Molecular mechanisms involved in plant adaptation to low K^+ availability. *J. Exp. Bot.* 65: 833-848.
- Cuartero J, Bolarín MC, Asins MJ, Moreno V. 2006. Increasing salt tolerance in the tomato. *Journal of Experimental Botany* 57: 1045-1058.
- FAO. 2017. The future of food and agriculture - Trends and Challenges, (Rome).
- FAOSTAT (2020). <http://fenix.fao.org/faostat/internal/es/#home>
- He Y, Zhu Z, Yang J, Ni X, Zhu B. 2009. Grafting increases the salt tolerance of tomato by improvement of photosynthesis and enhancement of antioxidant enzymes activity. *Environ. Exp. Bot.* 66: 270-278.
- Martínez JP, Antúnez A, Pertuzé R, Acosta, MDP, Palma X, Fuentes L, Ayala A, Araya H, Lutts S. 2012. Effects of saline water on water status, yield and fruit quality of wild (*Solanum chilense*) and domesticated (*Solanum lycopersicum* var. Cerasiforme) tomatoes. *Experimental Agriculture* 48: 573-586.
- Martínez-Rodríguez MM, Estañ MT, Moyano E, García-Abellan JO, Flores FB, Campos JF, Al-Azzawi MJ, Flowers TJ, Bolarín MC. 2008. The effectiveness of grafting to improve salt tolerance in tomato when an 'excluder' genotype is used as scion. *Environ. Exp. Bot.* 63: 392-401.
- McCullum TG, Bowman KD. 2002. Effects of rootstock on fruit quality and postharvest behavior of 'Marsh' grapefruit. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 115: 44 - 46.
- Munns R, Tester M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Ann. Rev. Plant Biol.* 59: 651-681.
- ODEPA. 2019. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. Estadísticas Productivas y Comercio Exterior.
- Pérez-Pastor A, Ruiz-Sánchez MC, Martínez JA, Nortes PA, Artés F, Domingo R. 2007. Effect of deficit irrigation on apricot fruit quality at harvest and during storage. *J. Sci. Food Agric.* 87: 2409-2415.
- Remorini D, Tavarini S, Degl'Innocenti E, Loreti F, Massai R, Guidi L. 2008. Effect of rootstocks and harvesting time on the nutritional quality of peel and flesh of peach fruits. *Food Chemistry* 110: 361-367.
- Rouphael Y, Schwarz D, Krumbein A, Colla G. 2010. Impact of grafting on product quality of fruit vegetables. *Scientia Horticulturae* 127: 172-179.
- Saito T, Matsukura C, Ban Y, Shoji K, Sugiyama M, Fukuda N, Nishimura S. 2008. Salinity stress affects assimilate metabolism at the gene-expression level during fruit development and improves fruit quality in tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *J. Jpn. Soc. Hortic. Sci.* 77: 61-68.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la fuente financiamiento proyecto FONDECYT N° 1180958 de la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID) de Chile.