

Parte II

Portainjertos en Tomate como una Barrera Contra los Patógenos del Suelo

- ▶ **Juan Pablo Martínez C.**
Ingeniero Agrónomo. Dr.
INIA - La Cruz y Centro Regional de Estudios en Alimentos y Salud (CREAS)
jpmartinez@inia.cl
- ▶ **Lida Fuentes V.**
Bioquímico, Dr.
CREAS e INIA-La Cruz
lfuentes@creas.cl
- ▶ **Alejandro Antúnez B.**
Ingeniero Agrónomo. Ph. Dr.
INIA - La Platina
aantunezb@inia.cl
- ▶ **Luis Salinas P.**
Ingeniero Agrónomo
INIA La Cruz
luis.salinas.pacheco@gmail.com
- ▶ **Valeska Gonzalez F.**
Ingeniero Agrónomo
INIA - Ururi
vgonzalez@inia.cl

Portainjerto de tomate ▶
con unión clip de
silicona.



▶ **Figura 8.** Evaluación de portainjertos comerciales de tomate en Valle de Lluta bajo invernadero de malla antiáfido (sombreadero de malla).



Figura 1. Plantines de portainjerto de tomates en contenedor. ▲

A nivel internacional, Japón, Francia, Holanda y España son pioneros en la utilización de portainjertos en hortalizas, principalmente cucurbitáceas (melón, sandía, pepino) y solanáceas (tomates, pimiento y berenjena). En España hasta los '80, el uso de portainjertos era sólo experimental y a baja escala. Sin embargo, a fines de esa década fue cuando las empresas de semillas tomaron esta técnica y la masificaron rápidamente, registrando en el año 2004 una producción de unas 110 millones de plantas injertadas, de las cuales 73 millones fueron plantas de tomates (De Miguel, 2009).

La utilización de la técnica de injertación en plantas herbáceas es relativamente nueva en Chile (Figura 1), ya que no hay un registro que indique el uso masivo de esta técnica que, paulatinamente va en aumento, convirtiéndola en una de las opciones más idóneas para el futuro hortícola del país, teniendo en cuenta que para el año 2015 no se podrá seguir utilizando bromuro de metilo. La utilización de portainjertos de tomate en Europa (España) se ha focalizado en conferir mayor vigor y resistencia a las plantas frente a enfermedades y nematodos del suelo, como alternativa al uso de control químico, específicamente bromuro de metilo para desinfectar, así como también para facilitar el manejo y la producción del cultivo de tomates en zonas que presentan dificultades de índole climática, como países de clima tropical y suelos salinos, como el Norte de Chile.

En la actualidad, el número de plántulas injertadas de uso comercial hortalizas solanáceas (tomate y pimiento) ha crecido notablemente en países con tradición hortícola, lo que refleja un aumento en las preferencias de los

agricultores por plantas injertadas de alta calidad con un rendimiento de cultivo mayor.

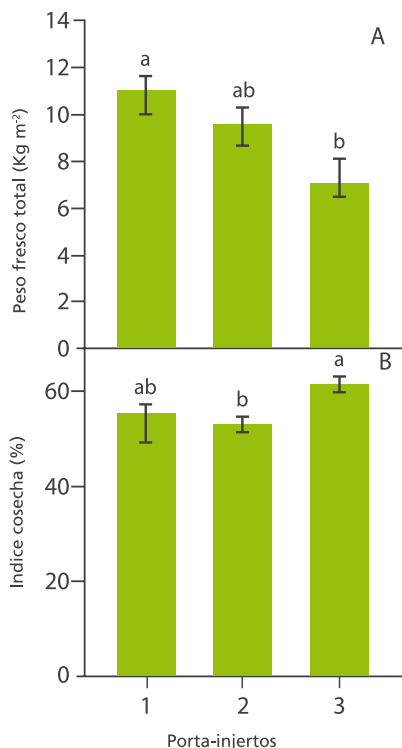
La utilización de portainjertos en plantas herbáceas comienza en Japón en 1914 para prevenir Fusariosis en sandía.

El injerto ha sido utilizado en la agricultura como una técnica que permite otorgar resistencia o tolerancia de las plantas a determinados patógenos del suelo, además de aumentar el crecimiento y rendimiento de las plantas injertadas en relación a las que no se injertan (González *et al.*, 2008).

A nivel mundial, el interés por esta técnica se basa en la siembra de portainjertos interespecíficos de origen silvestre resistentes a determinados patógenos del suelo, debido a su grado de parentesco. Este parentesco entre el tomate cultivado y los tomates silvestres se refleja en la nueva clasificación filogenética de las solanáceas que ha sido recientemente revisada, donde el anterior género *Lycopersicon* se integró al nuevo género *Solanum*, con su nueva nomenclatura: *Solanum lycopersicum* como la especie cultivada y 12 especies silvestres.

A partir de cruzamientos con especies silvestres, existe una gran variedad de portainjertos de tomates en el comercio, que reúnen características que otorgan resistencia a la planta frente a nematodos y a patógenos del suelo como *Fusarium oxysporum*, entre otros. El desarrollo de portainjertos resistentes a este tipo de estreses, utilizando especies silvestres, es crucial para incrementar la productividad y mejorar la calidad de la fruta de tomate.





► **Figura 3.** Peso fresco e índice de cosecha sobre la base peso fresco en 3 portainjertos (P1, P2 y P3) en presencia de nematodos.



▲ **Figura 7.** Planta injertada en producción de portainjertos comerciales.



▲ **Figura 2.** Ataque de nematodo del género *Meloidogyne* sp. en raíces de tomate cultivado.

Problemas fitosanitarios a nivel de suelo en tomate ◀

Entre los problemas fitosanitarios que reducen la productividad en tomate a nivel nacional e internacional, se han descrito el marchitamiento de plantas producidos por *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (Carrillo *et al.*, 2003) y el ataque de nematodos, siendo *Meloidogyne* spp., el más importante (Sorribas y Verdejo-Lucas 1998). El agente causal de la podredumbre de raíces y el cuello es el hongo *Fusarium oxysporum*. La fusariosis es una enfermedad severa que afecta a los cultivos de tomate desarrollados tanto bajo condiciones de campo abierto como condiciones de invernadero. Este hongo actúa necrosando los haces vasculares de la planta, impidiendo la absorción de agua y nutrientes. Estos daños se presentan con mayor severidad cuando las plantas son sometidas a un período de estrés en las etapas de floración y fructificación, bajando la productividad y generando pérdidas al productor que pueden llegar hasta un 50%. La importancia de *Fusarium oxysporum* como patógeno de plantas se ha puesto de manifiesto debido a la dificultad de controlar su ataque, ya que los métodos de control disponibles han demostrado ser insuficientes o difíciles de aplicar.

En el caso de los nematodos, *Meloidogyne* sp., es el de mayor importancia en cultivos de tomate en Chile. Se caracteriza por ser un endoparásito, polífago y de gran distribución gracias a las labores de labranza de suelo, plantas afectadas y a través del agua de riego. Según Castillo (2006), en la parte aérea, los efectos perjudiciales de los nematodos, comúnmente son atribuidos a distintos estreses abióticos, sin embargo Monardes *et al.* (2009) señala que la presencia de nódulos en las raíces generados por estos fitopatógenos (Figura 2), disminuyen la absorción de agua y nutrientes por parte de la planta, reduciendo la productividad del cultivo entre un 15% y 60%. En relación a la búsqueda de resistencia y/o tolerancia a nematodos fitoparásitos, la investigación que INIA está desarrollando se focaliza en el género *Meloidogyne* sp. (nematodos agalladores), que corresponde al grupo de nematodos más agresivo sobre las familias Solanaceae y Cucurbitaceae.

La resistencia a estos nematodos ha sido asociada a los genes Mi que confieren resistencia a tres especies de *Meloidogyne* (*M. incognita*, *M. javanica* y *M. arenaria*). Con la introducción de estos genes en portainjertos de tomates se podría mejorar la productividad. Considerando que la información existente en el país, relacionada a la respuesta de cultivos hortícolas frente a nematodos fitoparásitos y las especies de *Meloidogyne* asociadas a éstos son muy escasas, INIA ha comenzado a realizar prospecciones para identificar las especies con mayor distribución en la zona tomatera, identificando, las poblaciones de mayor agresividad. Es probable que la especie *M. ethiophica*, ampliamente distribuida en vides cultivadas en Chile y de una notable agresividad, también se encuentre asociada a cultivos hortícolas. De esta forma, los portainjertos de tomate comerciales y, los que ha comenzado a desarrollar INIA, han sido sometidos a nematodos en campos de los agricultores en Arica y Quillota, con poblaciones muy agresivas.

Estrategias de solución de los problemas fitosanitarios a nivel de suelo en tomate ◀

Los productores de cultivos bajo invernadero tienen muy pocas posibilidades de practicar rotación con diferentes especies vegetales. Principalmente por motivos comerciales, se ven obligados en muchos casos, a repetir los mismos cultivos año tras año, con lo que los suelos están cada vez con una mayor carga de insectos, hongos y nematodos.

Los problemas fitopatológicos del suelo afectan el sistema radicular de las plantas haciendo que su control sea dificultoso. En determinadas

▼ **Figura 4 (de izq a der).** Raíces de portainjertos híbrido (P1 y P2) y portainjerto de polinización cruzada (P3).



ocasiones, con mucha presión de patógenos, son incluso poco efectivos, lo que lleva a determinar que “las acciones y medidas más adecuadas deben ser de naturaleza preventiva y que requieran la aplicación de estrategias de control integrado” (Castillo, 2006). Las vías más utilizadas para contrarrestar los problemas fitopatológicos del suelo se basan en la aplicación de productos químicos como fungicidas y nematicidas. En general, los agricultores cultivan el tomate un año tras otro usando el mismo suelo, recurriendo la mayoría de las veces a la aplicación de bromuro de metilo al suelo, considerado perjudicial para el medio ambiente. Otras opciones para el control de los problemas fitosanitarios del suelo refieren al manejo cultural del tomate, como por ejemplo, plantar en suelos libres de enfermedades a través de solarización o vaporización, así como también el uso de semillas o plantines libres de patógeno. Por tanto, el uso de portainjertos es una buena alternativa si se considera su uso para enfrentar los ataques de enfermedades y parásitos a nivel radicular.

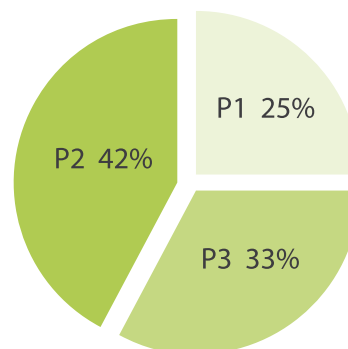
Utilización de portainjertos resistentes a problemas fitosanitarios ◀

Esta tecnología, que implica el uso de una variedad comercial sobre un portainjerto resistente, tiene como fin evitar el ataque del patógeno en plantas sensibles, manteniendo el sistema de raíces saludable, lo que permite la ejecución de la absorción normal de agua y nutrientes del suelo.

Basándose en esta idea es que se sugiere el uso de la resistencia genética, para el manejo integrado de enfermedades radicales, a través del uso de portainjertos, además que constituye una alternativa para la sustitución del control químico de las enfermedades del sistema radicular en tomates.

En términos productivos el uso de portainjertos, además de ser una herramienta eficaz para el control de enfermedades y parásitos del suelo, aumenta el vigor, la producción y el rendimiento de las plantas injertadas. La utilización de diferentes portainjertos y la constante renovación e incorporación de ellos en tomate contribuye a minimizar los daños productivos por estrés biótico, específicamente del hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* y el nematodo *Meloidogyne* sp. Por tanto, INIA

▼ **Figura 5.** Grado de infestación (%) de *Fusarium* sp. en raíces de porta injertos híbrido (P1 y P2) y portainjertos de polinización cruzada (P3).



ha focalizado su investigación a evaluar el efecto de los diferentes portainjertos comerciales y portainjertos INIA sobre crecimiento, productividad y calidad de fruta en tomate bajo la presencia de algunos fitopatógenos del suelo en condiciones controladas y de campo.

Se evaluó el efecto de la Fusariosis sobre la producción de biomasa e índice de cosecha como también el grado de infestación de los nematodos en tres portainjertos, dos híbridos y uno de polinización cruzada (OP). Las Figuras 3 y 4 muestran tres portainjertos, dos híbridos (P1 y P2) y el portainjerto de material de polinización abierta (P3), en presencia de suelos con nematodo, observándose una menor productividad y masa radical respectivamente en el P3.

El ataque de nematodos en los P1, P2 y P3 se muestra por la presencia a nódulos en raíces (Cuadro 1) de los portainjertos de tomate producidos por *Meloidogyne* sp. con niveles intermedios de nemátodos en el suelo (Cuadro 2). A nivel de macetas cultivadas en invernadero se observó que P2 fue el más afectado por *Fusarium* a nivel de su presencia en raíces, sin embargo no se reflejó en la productividad, ya que el P3 fue el que redujo en mayor proporción en este parámetro (Figura 5).

Estos resultados mostraron que el ataque de nemátodos es un problema severo que afecta a los cultivos de tomate desarrollados tanto bajo condiciones de campo abierto como condiciones de invernadero. En el caso del ensayo con inoculación de *Fusarium*, no hubo diferencias significativas entre las plantas infectadas versus las plantas sin infectar, manteniendo los niveles de producción y calidad de la fruta. De acuerdo a los resultados observados esta técnica resulta ser promisoría para productores y empresas que deseen reducir el uso de agroquímicos como el bromuro de metilo o simplemente que busquen alcanzar mayores rendimientos en suelos con estrés biótico (presencia de fitopatógenos) o con estrés abiótico (suelos salinos).

Por esto, INIA desarrolla ensayos en los valles de la región de Valparaíso (Quillota y San Felipe) y la región de Arica y Parinacota (Azapa y Lluta), zonas de importancia para la producción de tomate donde también se están realizando evaluaciones agronómicas con portainjertos comerciales (Figuras 6, 7 y 8) bajo las condiciones del agricultor.



- **Cuadro 1.** Grado de infestación en tres portainjertos (P1, P2 y P3) en presencia de nematodos.

Variable	Tomate Cherry		
	P1	P2	P3
Nódulos g ⁻¹ raíz	1,24 ± 0,83 ab	1,12 ± 0,72 b	4,03 ± 1,74 a

- **Cuadro 2.** Análisis de nematodos de un suelo para cultivo de tomate (Panquehue, Chile).

*	Individuos 250 cc de suelo	Umbral poblacional de daño
Helicotylenchus	45	2000
Hemicycliophora	90	200
Meloidogyne (J2)	310	100
Tylenchorynchus	50	200
Nemátodos no Fitoparásitos	2850	

*Análisis realizado en Laboratorio Curauma, PUCV.

En términos productivos, el uso de portainjertos, además de ser una herramienta eficaz para el control de enfermedades y parásitos del suelo, aumenta el vigor, la producción y el rendimiento de las plantas injertadas. Se deslumbra que la utilización de diferentes portainjertos en tomate contribuye a minimizar los daños productivos por estrés biótico, específicamente del hongo *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* y el nematodo *Meloidogyne* sp. Por este motivo, el grupo de Fisiología y Biología Molecular Vegetal de INIA e INIA Ururi focalizan su investigación en determinar el efecto de diferentes portainjertos sobre crecimiento, productividad y calidad de fruta en tomate bajo la presencia de algunos fitopatógenos del suelo en condiciones controladas y de campo, dando respuesta a la demanda productiva de un importante número de horticultores nacionales. Los estudios realizados en INIA La Cruz e INIA Ururi son aproximaciones experimentales que incluyen aspectos agronómicos (control de cultivo, rendimiento), fisiológicos (análisis de parámetros marcadores de tolerancia) y genético (obtención de material híbrido y determinación de genes candidatos) para resolver los problemas de estrés bióticos y abióticos en tomate.

Literatura citada

- Carrillo-Fasio JA, Montoya-Rodríguez TJ, García-Estrada RS, Cruz-Ortega JE, Márquez-Zequeira I, Sañudo-Barajas AJ. 2003 Razas de *Fusarium Oxysporum F.sp lycopersici Snyder* y Hansen en tomate (*Lycopersicon esculentum*. Mill) en el valle de Culiacán, Sinaloa, México. Revista Mexicana de Fitopatología 21:123-127.
- Castillo P. 2006. Características y control de los ataques por nematodos noduladores (*meloidogyne spp.*) y lesionadores de las raíces (*Pratylenchus spp.*) en cultivos hortícolas y frutales, Instituto de Agricultura Sostenible, CSIC, Córdoba. XIII Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología. Murcia.
- De Miguel A. 2009. Evolución del injerto de hortalizas en España, Revista de Tecnología Hortícola 72: 10-16.
- González F, Hernández A, Casanova A, Depestre T, Gómez L, Rodríguez M. 2008. El injerto herbáceo: alternativa para el manejo de plagas del suelo. Revista de Protección Vegetal 2: 69-74.
- Monardes H, Escalona MV, Alvarado P, Urbina C, Martín A. 2009. Manual del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Revista Nodo Hortícola: 5-9.
- Sorribas FJ, Verdejo-Lucas S. 1998. Capacidad parasitaria de *Meloidogyne spp.* En cultivares de tomate resistente. Investigación Agraria: Producción y Protección Vegetales 14: 1-2.

Figura 6. Evaluación de nueve portainjertos comerciales de tomate en el Valle de Lluta, bajo malla antiáfido, temporada 2012.