

Physiological behavior of pepper rootstocks versus nematodes

Comportamiento fisiológico de porta-injertos de pimiento frente a nematodos

A. Gálvez^{1*}, F.M. Del Amor¹, C. Ros², J. López-Marín¹

¹Departamento de Producción Vegetal y Agrotecnología, IMIDA, La Alberca, Murcia. Spain.

²Departamento de Biotecnología y Protección de Cultivos, IMIDA, La Alberca, Murcia. Spain.

*1297@coitarm.es

Abstract

A management challenge in high production systems are diseases transmitted by soil pathogens, such as nematodes, being the grafting with rootstocks with nematode resistance genes a proposal to mitigate these problems. Few studies have been carried out on greenhouses grown peppers under Mediterranean climate conditions. Therefore, we studied a susceptible variety (Gacela) grafted on resistant rootstocks (C19, C25 and RT17), and compared it with non-grafted and self-grafted plants. After inoculation into susceptible rootstocks, leaf photosynthesis was affected by a change in stomatal regulation and photochemical efficiency, leading to imbalances in nutrient concentration and better photosynthesis carbon allocation for the production of biochemical defense compounds. These results identified new ideas in traits that can identify nematode-resistant rootstocks and, therefore, new tools to induce resistance, while avoiding the use of disinfectants in the soil.

Keywords: *Capsicum annuum* L.; grafting; *Meloidogyne incognita*; Gacela.

Resumen

Un desafío de manejo en los sistemas de alta producción son las enfermedades transmitidas por patógenos de suelo, como los nematodos, siendo el injerto con porta-injertos resistentes una propuesta para mitigar estos problemas. Se han realizado pocos estudios en pimiento cultivado en invernaderos bajo condiciones de clima mediterráneo. Por tanto, estudiamos una variedad susceptible (Gacela) injertada en porta-injertos resistentes (C19, C25 y RT17), y la comparamos con plantas no injertadas y autoinjertadas (GAL). Después de la inoculación en los portainjertos susceptibles, la fotosíntesis de la hoja se vio afectada por una modificación en la regulación estomática y en la eficiencia fotoquímica, lo que condujo a desequilibrios en la concentración de nutrientes y a una mejor asignación del carbono de la fotosíntesis para la producción de compuestos bioquímicos de defensa. Estos resultados proporcionan nuevas ideas en los rasgos que pueden identificar portainjertos resistentes a nematodos y, por lo tanto, nuevas herramientas para inducir resistencia, mientras evitamos el uso de desinfectantes en el suelo.

Palabras clave: *Capsicum annuum* L.; injerto; *Meloidogyne incognita*; Gacela.

1. INTRODUCCIÓN

En la producción hortícola bajo plástico las condiciones de suelo ideal (relativamente cálido, húmedo y con textura adecuada) y el cultivo intensivo pueden ofrecer un perfecto escenario para

que las poblaciones de nematodos puedan aumentar hasta niveles perjudiciales (1). El injerto se usa en muchos países en cultivos protegidos, en los cuales la tierra se usa de forma continuada y no se rotan los cultivos, lo que permite mejoras tanto en productividad como en la calidad de la fruta (2). Además, la elección correcta del porta-injertos es de suma importancia para el rendimiento de un cultivo vulnerable (3). El objetivo de este trabajo fue obtener información del efecto provocado por los nematodos en la fisiología y en la producción de plantas injertadas en tres portainjertos diferentes, plantas no injertadas y autoinjertadas, comparando sus habilidades para mitigar este importante estrés biótico.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Material vegetal

Se estudiaron plantas de la variedad Gacela 'F1' (Syngenta Seeds), autoinjertadas (GAL) e injertadas sobre 3 porta-injertos: Atlante (C25) y C19 (Ramiro Arnedo Seeds S.A.) y Robusto (RT17) (Syngenta Seeds S.A.). Se usaron como control, plantas de Gacela sin injertar e injertadas sobre los mismos porta-injertos sin inocular. Todas las plantas se cultivaron e inocularon de forma individual con 2.400 J2 de nematodos de una población de *Meloidogyne incognita* en contenedores de 10 L.

2.2 Intercambio gaseoso

El intercambio de agua y gases, la fluorimetría y la cantidad relativa de clorofila se determinaron en 6 hojas totalmente desarrolladas de cada tratamiento en la fase generativa de la planta. Las medidas se realizaron a los 172, 182, 188, y 196 d después del trasplante, de 9:00 a.m. a 11:00 a.m. La tasa de asimilación neta de CO₂ (Pn), conductancia estomática (gs), tasa de transpiración (E) y eficiencia en el uso del agua (Pn/E) se midieron en condiciones constantes de saturación de luz (800 mmol/m²s) y 400 ppm de CO₂ con un medidor de fotosíntesis portátil LI-6400 (LI-COR Inc., Lincoln, Nebraska, USA). La clorofila se determinó mediante un fluorómetro ADC FIM 1500 de pulso de amplitud modulada (Analytical Development Company Ltd., Hoddesdon, Reino Unido) y la cantidad relativa de clorofila en hojas (SPAD) se determinó con un Minolta SPAD-502m (Konica Minolta Optics, Inc., Japón).

2.2 Índice de agallas y producción

Se determinó la incidencia de *M. incognita* mensualmente en 3 plantas anotando el índice de agallas (IA) (4).

Se recolectaron los frutos de 20 plantas (5 plantas por bloque, 4 bloques). La calidad de la producción comercial se evaluó de acuerdo a las prácticas comerciales, descartándose los frutos con desordenes fisiológicos (soleados, blossom-end-rot, etc.) que no eran comerciales.

2.3 Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental fue en bloques al azar de 4 bloques por 5 repeticiones. Se calcularon las diferencias significativas por ANOVA y las medias se compararon con una probabilidad de P≤0,05 de acuerdo al test Duncan.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tasa de asimilación de CO₂ (Fig. 1A y B) y la conductancia estomática (Fig. 1C y D) se vieron gravemente afectadas después de la inoculación en plantas no injertadas, y al final del ensayo los valores de estos parámetros se redujeron en un 62,8 % y 88,1 %, respectivamente, en comparación con el control (sin injertar y sin inocular). Las plantas autoinjertadas mostraron un menor impacto, pero los valores de ambos parámetros se redujeron con respecto a las plantas control en un 34,5 % y 57,4 %, respectivamente. Claramente, C19 y RT17 mostraron mayores

tasas fotosintéticas y de conductancia estomática que las plantas autoinjertadas (GAL) y no injertadas, después de la inoculación, y al final del ciclo de cultivo. Nuestros datos muestran el impacto diferencial de los porta-injertos en la eficiencia del uso del agua y, especialmente, conductancia estomática, que se vio gravemente afectada en plantas no injertadas después de la inoculación. La fotosíntesis de la hoja también se redujo en las plantas en porta-injertos susceptibles. Melakeberhan et al. (5) indicaron que en soja *M. incognita* puede contribuir a la abscisión prematura de las hojas y clorosis, que puede afectar a la fotosíntesis.

La fluorescencia de la clorofila de la hoja no se alteró significativamente cuando las plantas no fueron inoculadas (Fig. 1G) y los distintos tratamientos mantuvieron valores de entre 0,75 y 0,8. La inoculación diferencial afectó esta respuesta, y las plantas GAL y RT17 mantuvieron los mismos valores que las plantas no inoculadas. El resto de los tratamientos mostraron reducción en sus valores, pero no inferiores a 0,75 (Fig. 1H). Por el contrario, los valores SPAD se vieron más afectados, especialmente en la última fecha de muestreo (Fig. 1J), cuando las plantas no injertadas y el porta-injertos C25 tenían unos valores de SPAD que fueron 31 % y 26 % más bajos, respectivamente, en comparación con el porta-injertos no inoculado. Los valores de SPAD no se modificaron para RT17 después de la inoculación.

Con respecto al índice de agallas, las plantas no injertadas tuvieron mayores valores, mientras que C25 y C19 se vieron relativamente menos afectadas, con disminuciones en el índice de agallas (IA) de 26,3 % y 38,9 %, respectivamente, en la última evaluación, en comparación con las plantas no injertadas (Fig. 1). Las plantas autoinjertadas (GAL) mostraron una reducción moderada en el IA (8,9 %), pero el porta-injertos RT17 no mostró progresión en cuanto a la afección, lo que indica su mayor tolerancia a *M. incognita*.

La gravedad de los síntomas de los nematodos en las plantas de pimiento se reflejó visiblemente en el rendimiento (Fig. 2B), como era de esperar. La interacción del porta-injertos/injerto puede afectar potencialmente al rendimiento y la calidad de los frutos, mientras confiere tolerancia a este estrés biótico (6). Primero, en ausencia de nematodos el porta-injertos modifica significativamente la respuesta de la variedad, aunque, plantas injertadas sobre C19 o RT17 dieron más bajos rendimientos que las sin injertar, autoinjertadas y C25. Sin embargo, la combinación porta-injertos/variedad que mostró más bajos rendimientos bajo condiciones control se vio menos afectada por los nematodos y en contraste las no injertadas, autoinjertadas y C25 mostraron mayores impactos. Por lo tanto, los efectos combinados de los nematodos en el intercambio de gases en las hojas fueron menos severos para RT17 y C19; sin embargo, dichos portainjertos no mostraron mayores rendimientos en la ausencia de infestación (en comparación con portainjertos susceptibles o plantas sin injertar). Este notable resultado indica que estos portainjertos resistentes a nematodos pueden ofrecer ventajas significativas solo para suelos infestados.

4. CONCLUSIONES

Futuros estudios deben analizar el deterioro producido por *M. incognita* en la regulación estomática y en la eficiencia del PSII, ya que ambos reducen la tasa de fotosíntesis y, en consecuencia, el crecimiento y rendimiento de las plantas.

5. REFERENCIAS

1. Aguiar JL, Bachie O, Ploeg A. Response of Resistant and Susceptible Bell Pepper (*Capsicum annuum*) to a Southern California Meloidogyne *incognita* Population from a Commercial Bell Pepper Field. *J Nematol.* 2014;46(4):346-51.
2. Kyriacou MC, Roupael Y, Colla G, Zrenner R, Schwarz D. Vegetable grafting: The implications of a growing agronomic imperative for vegetable fruit quality and nutritive value. *Front Plant Sci.* 2017;8:741.
3. López-Pérez J.A., Le Strange M, Kaloshian I, Ploeg AT. Differential response of Mi gene-resistant tomato

rootstocks to root-knot nematodes (*Meloidogyne incognita*). Crop Prot. 2006;25:382–8.

- Bridge J, Page SLJ. Estimation of root-knot nematode infestation levels on roots using a rating chart. Trop Pest Manag. 1980;26(3):296–8.
- Melakeberhan H, Webster JM, Brooke RC, D'Auria JM, Cackette M. Effect of *Meloidogyne incognita* on Plant Nutrient Concentration and Its Influence on the Physiology of Beans. J Nematol. 1987;19(3):324–30.
- King SR, Davis AR, Liu W, Levi A. Grafting for disease resistance. HortScience. 2008;43(6):1673–6.

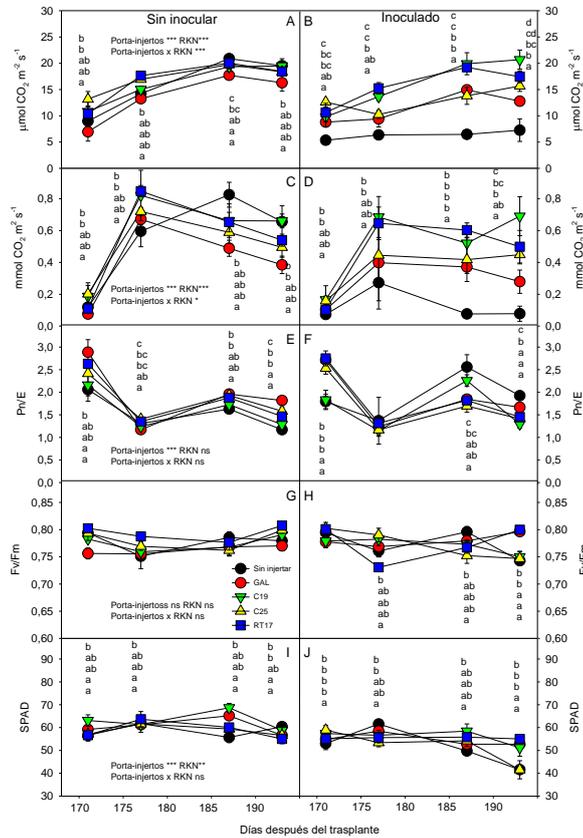


Figura 1. Efectos de la inoculación con *M. incognita* sobre fotosíntesis neta (A, B), conductancia estomática (C, D), uso eficiente del agua (E, F), fluorescencia de las clorofilas (G, H), y contenido relativo de clorofila (I, J). Letras diferentes dentro de una columna y gráfico indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre tratamientos. Los valores son las medias ($n=20 \pm SE$). Análisis de varianza para cada parámetro: ns, no significativo; * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,005$; *** $p \leq 0,001$.

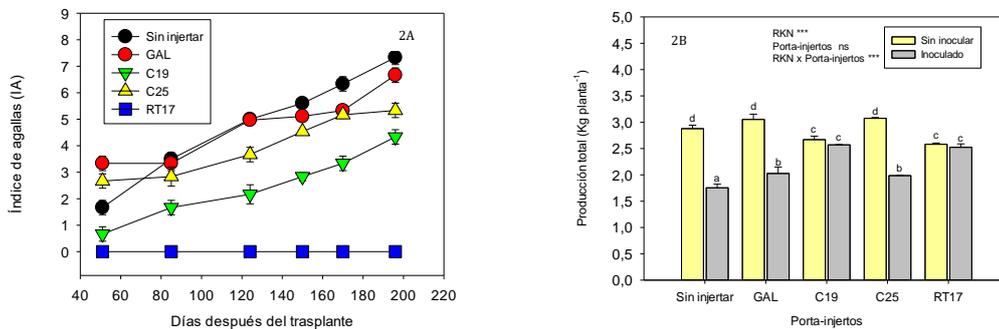


Figura 2. Progresión del índice de agallas después de la inoculación con *M. incognita* (2A). Efectos de la inoculación con *M. incognita* sobre la producción total (2B). Letras diferentes dentro de una columna y gráfico indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre tratamientos. Los valores son las medias ($n=20 \pm SE$). Análisis de varianza para cada parámetro: ns, no significativo; * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,005$; *** $p \leq 0,001$.