



Potentiality in controlling nematode infection on tomato roots by indigenous arbuscular mycorrhizal fungi

Potencialidad en el control de infección de nematodos en tomate por hongos micorrízicos arbusculares nativos

Mondino, E. A.¹; Thougnon Islas, A. J.¹; Covacevich, F.^{1,2}

¹ Unidad Integrada Estación Experimental Agropecuaria – UI EEA, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA Balcarce – Facultad de Ciencias Agrarias – FCA, Universidad Nacional de Mar del Plata - UNMDP; ² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas – CONICET, Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Biotecnología - INBIOTEC y Fundación para Investigaciones Biológicas Aplicadas - FIBA). Autor de correspondencia: mondino.eduardo@inta.gob.ar

Recibido: 27/06/2019

Aceptado: 22/08/2019

ABSTRACT

Mondino, E. A.; Thougnon Islas, A. J.; Covacevich, F. 2019. Potentiality in controlling nematode infection in tomato by indigenous arbuscular mycorrhizal fungi. Horticultura Argentina 38 (96): 20 – 29.

Our objective was to evaluate the suppression of root infection by the nematode *Meloidogyne incognita* in tomato roots previously colonized by arbuscular mycorrhizal fungi (HMA) native of Buenos Aires Province. Tomato plants were inoculated at sowing with a consortium-containing HMA= HMA0, HMA50 and HMA100 corresponding to 0, 50% and 100% of substrate with HMA (8 replications). At 40 days, inoculated plants showed HMA colonization higher than 60%. Plants were transplanted and each treatment was inoculated or not with *M. incognita* (4 replications of each nematode inoculation treatment). At harvest (115 days of growth) plants inoculated with HMA without nematodes showed mycorrhizal colonization higher than 90%. Although plants inoculated with nematodes showed decreases of mycorrhizal colonization, the

obtained levels were higher than colonization prior to transplant. Inoculation with HMA decreased both soil abundance of nematode larvae (j2) and number of root galls. Although aerial growth of tomato was not affected by inoculation (HMA or nematodes), HMA0 plants (independently of nematode inoculation) showed higher root growth, that can be considered a strategy of the plant in order to compensate the lower volume of root exploration in the absence of HMA hyphae. Our results showed reduction of nematode density (j2, galls and egg masses) after inoculation of tomato with HMA. It may be concluded that the adequate establishment of mycorrhizal colonization prior to infection with nematodes exerts an apparent control of the infection of the *M. incognita* nematode in tomato roots. It could be a strategic tool for the biological control of pathogens of horticultural crops.

Additional Keywords: mycorrhizal biocontrol, *Meloidogyne incognita*, inoculation.

RESUMEN

Mondino, E. A.; Thounon Islas, A. J.; Covacevich, F. 2019. Potencialidad en el control de infección de nematodos en tomate por hongos micorrícicos arbusculares nativos. Horticultura Argentina 38 (96): 20 – 29.

Nuestro objetivo fue evaluar la supresión de la infección ocasionada por el nematodo *Meloidogyne incognita* en raíces de tomate previamente colonizadas por hongos micorrícicos arbusculares (HMA) nativos de la Provincia de Buenos Aires. Plantas de tomate fueron inoculadas a la siembra con un consorcio con HMA: HMA0, HMA50 y HMA100, correspondientes a 0, 50% y 100% del sustrato con HMA (8 repeticiones). A los 40 días las plantas inoculadas presentaron micorrización superior al 60%. Las plantas fueron trasplantadas y cada tratamiento fue inoculado o no con *M. incognita* (4 repeticiones de cada tratamiento HMA). A los 115 días de crecimiento las plantas inoculadas con HMA sin nematodos evidenciaron micorrización superior al 90%. Las plantas inoculadas con nematodos mostraron disminución de la micorrización

que superó la obtenida al trasplante. La inoculación con HMA disminuyó la abundancia de larvas de nematodos (j2) en el suelo y el número de agallas en raíces. El crecimiento aéreo no fue afectado por la inoculación (ni por HMA ni por nematodos); sin embargo, las plantas HMA0 (independientemente de la inoculación con nematodos) evidenciaron mayor crecimiento radical. Esto sugeriría una estrategia de compensación del menor volumen de exploración radical de la planta hospedadora en ausencia de hifas de HMA. Nuestros resultados evidencian reducción de la densidad de nematodos por la inoculación con HMA. Concluimos que el adecuado establecimiento de la micorrización previo a la infección con nematodos ejerce un aparente control de la infección de *M. incognita* en raíces de tomate. Esto sería estratégico para el control biológico de patógenos de cultivos hortícolas.

Palabras claves adicionales: biocontrol micorrícico, *Meloidogyne incognita*, inoculación.

1. Introducción

Los nematodos edáficos son organismos cosmopolitas que pueden tener hábitos de vida libre mientras que otros son parásitos de plantas y animales (Shah & Mahamood, 2017). Los nematodos parásitos de plantas (NPP) afectan la productividad de los cultivos agrícolas. Este grupo de NPP incluye los nematodos de quistes y nudos de raíces, que se consideran las plagas más dañinas de los cultivos agrícolas en todo el mundo (Bartlem *et al.*, 2014). Los nematodos endoparásitos sedentarios pertenecientes al género *Meloidogyne*, y entre ellos *M. incognita* y *M. javanica*, son reconocidos por producir elevadas pérdidas en cultivos de tabaco, tomate y pimiento, entre otros (Seid *et al.*, 2016). Aunque la práctica frecuente para el control de NPP ha sido el uso de nematicidas químicos, su uso está siendo limitado debido a sus consecuencias sobre organismos no blanco y/o sobre el ambiente. Es por eso que en los últimos años las investigaciones se han orientado a la búsqueda de estrategias de control de enfermedades ocasionadas por nematodos, alternativas al control químico (<http://www.fao.org/3/v9978e/v9978e0b.htm>) tales como el manejo de nematodos en el marco del Manejo Integrado de Plagas (MIP). Una de las opciones ecológicas propuestas para el control de NPP es a través del control biológico mediante el establecimiento de simbiosis micorrícicas entre las plantas hospedadoras y los hongos micorrícicos arbusculares (HMA).

Los HMA, habitantes edáficos nativos de diversos ecosistemas, son simbioses obligados que colonizan espontáneamente las raíces de más del 80% de las plantas terrestres e incrementan el crecimiento de las plantas hospedadoras a través del aumento en la translocación de nutrientes del suelo (Feijen *et al.*, 2017). Además, los HMA pueden disminuir los efectos causados por estrés tanto abiótico, como biótico, incluyendo los ocasionados por los NPP (Kumar *et al.*, 2017). Anjos *et al.* (2010) evidenciaron que el efecto biocontrolador ocurre siempre que la simbiosis con HMA esté bien establecida previo a la infección con *M. incognita*. Algunas formulaciones comerciales con HMA han demostrado ser eficientes en el control de patógenos radicales (Tchabi *et al.*, 2016). También se ha demostrado que HMA nativos ejercen control contra nematodos parásitos de raíces (de la Peña *et al.*, 2006). En Argentina, Marro *et al.* (2014) evidenciaron control del nematodo *Nacobbus aberrans* nativo de Río Cuarto (Córdoba) por el HMA *Glomus intrarradices*, nativo de Tierra del fuego, en plantas de tomate.

Los organismos no actúan en el sistema edáfico de manera individual. En particular y de acuerdo al concepto incluido en los últimos años de *micorrizósfera*, conocido como los compartimentos microbianos que están en contacto directo con las hifas micorrícicas (Azcón Aguilar & Barea, 2015), las evidencias indican que las comunidades de dichos compartimentos y no los organismos individuales son las que cumplen o asisten a los hongos micorrícicos a cumplir roles en colonización, absorción de nutrientes y/o control de enfermedades, entre otros. Sin embargo, se desconoce si consorcios microbianos con HMA nativos de la Provincia de Buenos Aires podrían ejercer algún control sobre nematodos parásitos en cultivos hortícolas. Nuestro objetivo fue determinar la reducción de la infección radical ocasionada por *M. incognita* en raíces colonizadas por HMA nativos y sus efectos sobre el crecimiento de plantas de tomate.

2. Materiales y Métodos

2.1. Pre inoculación con hongos micorrícicos arbusculares:

Se realizó un experimento en condiciones controladas (12 h-luz, 24°C, Laboratorio Nematología EEA-INTA, Balcarce). Semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill., Florensa N° 143) fueron sembradas en bandejas de germinación (Speedling) con celdas de 70 cm³ sobre las que se establecieron los siguientes tratamientos (con 8 repeticiones): No inoculado con HMA (HMA0), Inoculado con HMA 50% del sustrato (HMA50), e Inoculado con HMA 100% del sustrato (HMA100).

El sustrato en que fueron sembradas las semillas estuvo compuesto por una mezcla de suelo:perlita:arena (2:1:1). El suelo componente del sustrato fue colectado del horizonte superficial (0-20 cm) de un sitio agrícola de Balcarce (Buenos Aires), la perlita y arena componentes del sustrato fueron lavadas con agua destilada, posteriormente mezcladas con el suelo, luego de lo cual todo el sustrato fue autoclavado (1 h, 120 °C, 1 atm). Las características químicas del sustrato antes y después de la inoculación, así como del inóculo HMA se detallan en la Tabla 1.

2.2. Obtención del inóculo de HMA:

El inóculo HMA fue preparado 1 año antes del inicio del ensayo. El mismo estuvo conformado por un sustrato base idéntico al usado para sembrar las semillas de tomate en el experimento. El sustrato fue mezclado con 6 consorcios microbianos con HMA provenientes de la Provincia de Buenos Aires según se detalla: Sitio agrícola (rotación Trigo/Soja/Maíz), Balcarce; Sitio agrícola (rotación Trigo/Soja2), Balcarce; Sitio agrícola (Soja), Salliqueló; Sitio prístino de Tandil, Club de Planeadores; Sitio agrícola (Girasol), Balcarce; Sitio agrícola (Maíz), Balcarce. Se consideran consorcios microbianos a `suelo-inóculo` conformado por raíces colonizadas por

HMA, microbiota acompañante y suelo nativo de cada sitio. Para la multiplicación inicial de los consorcios, 200 cm³ de suelo de cada sitio fueron mezclados con 200 cm³ de perlita:arena autoclavados (1:1 Vol) y multiplicados de manera separada durante 6 meses en raíces de raigrás. Los consorcios fueron seleccionados entre otros 40 por evidenciar una colonización micorrícica en raíces ocasionada por los HMA nativos superior al 50% y una abundancia de esporas mayor a 100 esporas HMA/g suelo (Covacevich & Consolo, 2014). Los inóculos-consorcios seleccionados fueron mezclados de manera homogénea, previa extracción de la parte aérea de la planta hospedadora (raigrás) y cortado de las raíces en segmentos de aproximadamente 1 cm. El nuevo inóculo-consorcio combinado (denominado en este estudio inóculo HMA) consistió en la mezcla de los 6 inóculos-consorcios seleccionados con perlita:arena autoclavadas (mezcla 6 inóculos:perlita:arena 2:1:1). Luego de la mezcla, el inóculo HMA fue multiplicado en cámara de crecimiento (2 ciclos de multiplicación, de 3 meses cada uno, empleando como plantas hospedadoras mezcla de raigrás y girasol en el primer ciclo y raigrás y maíz en el segundo). Diez días antes de finalizado cada ciclo de multiplicación, el riego de las plantas fue suspendido para favorecer la esporulación de los HMA. De manera similar a lo descrito, la parte aérea de las plantas hospedadoras fue extraída, se cortó y homogenizó el material radical y el inóculo HMA fue dejado a secar a temperatura ambiente (20 °C) y oscuridad durante un mes. El inóculo HMA presentó características químicas detalladas en la Tabla 1. Se determinó la presencia de los géneros *Glomus*, *Funneliformis*, *Acaulospora* y *Scutellospora* (<https://invam.wvu.edu/>) en el inóculo resultante, con una abundancia de 200 esporas/100 g sustrato.

Previo al trasplante (40 días) una submuestra de raíces de cada plantín de las celdas fue retirada con un sacabocado (1 cm diámetro, 5 cm profundidad). Las raíces fueron procesadas para su tinción con azul tripán en lacto glicerol (Covacevich & Consolo, 2014) y se realizó la cuantificación microscópica del grado de colonización micorrícica (Trouvelot *et al.*, 1986). El grado de colonización fue estimado a través de dos parámetros: Intensidad de colonización (M%) y Contenido de arbusculos (Ar%).

2.3. Inoculación con nematodos:

Para la obtención del inóculo de *M. incognita* se realizaron colectas de suelo, obtenidas de cultivos en crecimiento de tomate de la región (cinturón Hortícola Mar del Plata, Provincia de Buenos Aires), los cuales manifestaron síntomas por ataque de nematodos. Se extrajeron de las raíces de plantas con síntomas masas de huevos que se utilizaron para inocular plantas de tomate /una masa de huevo/planta), luego de 50 días, se extrajeron las masas de huevos y se realizaron cortes perineales de las hembras y se hizo un análisis morfotaxonomico de la población del nematodo para la identificación de la especie.

A los 40 días luego de la germinación de las plantas de tomate inoculadas o no con HMA según fue descrito, se realizó el trasplante de las mismas a macetas de 500 cm³ utilizando el mismo sustrato descrito anteriormente utilizado en las celdas. El set experimental original (inoculación con HMA) fue dividido en dos. Cuatro macetas (replicas) de cada tratamiento recibieron inóculo de nematodos a razón de 2 masas de huevos (~1.500 huevos/j2) /maceta mientras que otras cuatro macetas permanecieron sin inocular, conformando los tratamientos N100 y N0, respectivamente. En este sentido, se continuó con un set conformado por 24 unidades experimentales resultantes de: 3 niveles de HMA (HMA0, HMA50, HMA100), 2 niveles de nematodos (N0, N100) y 4 repeticiones.

2.4. Evaluación de parámetros de crecimiento e infección en las plantas de tomate:

A los 115 días después de la siembra y 75 días después de la inoculación con nematodos, se dio por finalizado el ensayo. La parte aérea de las plantas fue cortada y se determinó el peso fresco aéreo (PFA) por gravimetría. Posteriormente, el material fue llevado a estufa (60 °C) durante 48 hs, luego de lo cual se determinó el peso seco aéreo (PSA). El material radical fue lavado,

el agua absorbida con papel toalla y colocado a temperatura ambiente (20 °C) durante 2 hs para favorecer la evaporación de agua residual, luego de lo cual se determinó el peso fresco de raíces (PFR). Una submuestra de raíces (de peso conocido) de cada tratamiento fue procesada para la cuantificación de la colonización micorrícica de manera similar a lo descripto. La otra submuestra fue utilizada para la cuantificación del número (n°) de agallas, n° de masas de huevos, n° de huevos (promedio de 10 masas). El sustrato de cada maceta fue utilizado para la determinación de la presencia del n° de j2/100 g de suelo y el análisis del pH, contenido de MO y P disponible (Bray & Kurtz, 1945).

2.5. Análisis de resultados:

Los resultados fueron analizados por Análisis de la Varianza (ANOVA). Cuando las diferencias entre tratamientos fueron significativas, las medias fueron comparadas utilizando la prueba estadística de diferencias mínimas significativas (DMS) ($p < 0,05$).

3. Resultados y Discusión

Las plantas inoculadas con el consorcio con HMA presentaron una intensidad de colonización micorrícica en el rango de 25-35% y un contenido de arbuscúlos (células corticales de la raíz invadidas por los HMA donde ocurre el intercambio de nutrientes entre la planta y el hongo) en el rango 17-24%, mientras que las plantas que no recibieron inóculo HMA no evidenciaron colonización micorrícica en sus raíces (Fig. 1).

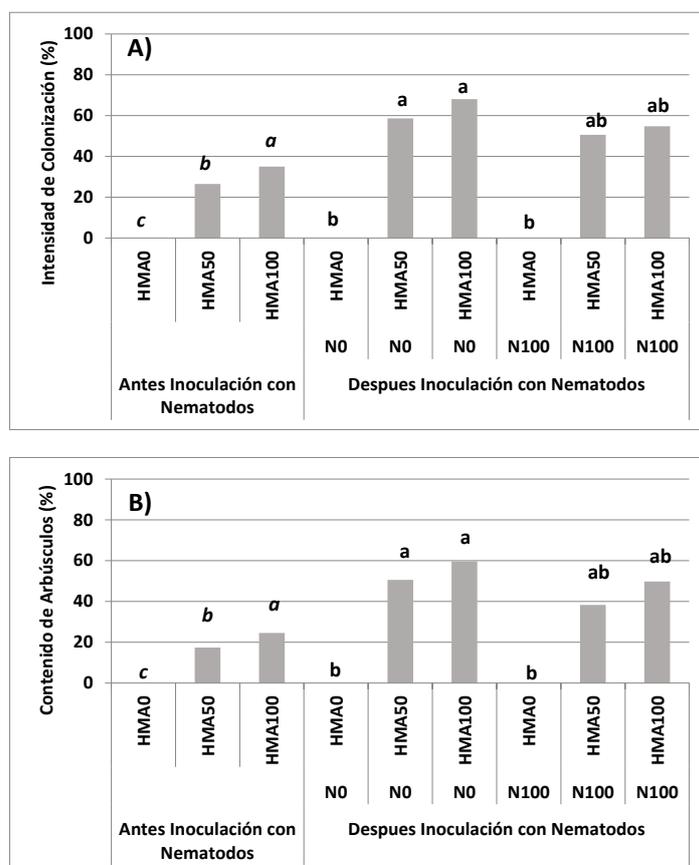


Figura 1. Colonización micorrícica (A: M%: intensidad de colonización, B: A%: contenido de arbuscúlos) en raíces de tomate por hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA) antes y después de la inoculación con nematodos.

Tratamientos: HMA0: No inoculado con HMA, HMA50: Inoculado con HMA 50% del sustrato, HMA100: con HMA 100% del sustrato. N0: No inoculado con nematodos, N100: inoculado con nematodos.

Para cada momento, antes o después de la inoculación con nemátodos, barras con letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos de inoculación HMA. Fuente cursiva: antes de la inoculación con nematodos; Fuente normal: después de la inoculación con nematodos.

Esto indicaría que 40 días de contacto entre HMA y las raíces en la bandeja de germinación son adecuados para garantizar colonización micorrícica en raíces de tomate.

A la finalización del ensayo, las plantas inoculadas con HMA que no fueron inoculadas con nematodos evidenciaron una Intensidad colonización micorrícica próxima al 60% y un contenido de arbusculos en el rango de 40-60%, independientemente de la concentración de inóculo inicial de HMA (Figs. 1 A, B, respectivamente).

Las plantas inoculadas con nematodos mostraron una leve disminución en los parámetros cuantificados para la colonización micorrícica, sin diferencias entre tratamientos de inoculación HMA. Se destaca que aun así alcanzaron (casi duplicaron) mayores niveles de colonización micorrícica que la obtenida en las plantas previo a la inoculación con nematodos. Como era de esperar, las plantas que no recibieron inóculo HMA no evidenciaron colonización micorrícica. Para evidenciar si la inoculación modificó las principales características químicas del sustrato que podrían haber afectado el crecimiento de las plantas, este fue analizado antes y después de la introducción del inóculo (Tabla 1).

Tabla 1. Características químicas de los sustratos e inóculos utilizados durante el ensayo. Para cada tratamiento de inoculación con hongos micorrícicos arbusculares (HMA).

Denominación	Descripción/Procedencia	pH	P-Bray	MO
		(1: 2,5)	(ppm)	(%)
Sustrato inicio ensayo	Suelo:perlita:arena (2:1:1)	7,5 ($\pm 0,1$)	13,8 ($\pm 0,7$)	1,6 ($\pm 0,1$)
Inóculo HMA	Procedencia: suelo de 4 sitios agrícolas de Balcarce, 1 sitio prístino en Tandil y 1 sitio agrícola en Saliqueló	7,8 ($\pm 0,1$)	18,8 ($\pm 0,9$)	3,0 ($\pm 0,2$)
Sustrato fin ensayo				
HMA0	100% Sustrato	8,0 a	14,2 b	1,7 b
HMA50	50% Sustrato 50% inóculo HMA	7,4 a	13,9 b	2,1 ab
HMA100	100% inóculo HMA	7,8 a	19,4 a	3,0 a

Tratamientos: HMA0: No inoculado con HMA, HMA50: Inoculado con HMA 50% del sustrato, HMA100: con HMA 100% del sustrato.

Para determinaciones del sustrato a fin del ensayo, valores corresponden a promedios de N0 y N100 ($n=8$). Columnas con letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos de inoculación con HMA ($P < 0,05$). No se presenta análisis ANOVA de Sustrato a inicio del ensayo ni del Inóculo HMA debido a que eran muestras únicas, entre paréntesis se presenta desvío estándar de dos lecturas independientes para cada determinación.

El sustrato de las macetas al finalizar el ensayo presentó características químicas que variaron levemente por la inoculación con HMA. La inoculación con nematodos no afectó las propiedades químicas determinadas (datos no mostrados), por lo que se presentan los promedios. Se evidenció que el sustrato de las macetas que no recibieron sustrato con HMA (HMA0) presentó características químicas similares a las determinadas previo a la realización del ensayo, mientras que el sustrato de las macetas cuyo sustrato estuvo conformado sólo por

el consorcio con HMA (HMA100) presentó las características previamente determinadas en dicho inóculo.

La abundancia de nematodos (j2) recuperados del sustrato y el número de agallas en raíces disminuyeron significativamente por la inoculación con HMA y no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos inoculados con los dos niveles de HMA (Fig. 2, A-B).

La cantidad de masas de huevos por planta y masas de huevos por gramo de raíz no presentaron diferencias significativas; aun así se evidenció el mismo comportamiento que para las agallas, detectándose una disminución de las variables en los tratamientos inoculados con HMA. El número de huevos por masa de huevos no presentó diferencias significativas entre los tratamientos de inoculación con HMA ni un patrón definido (Fig 2, C-D).

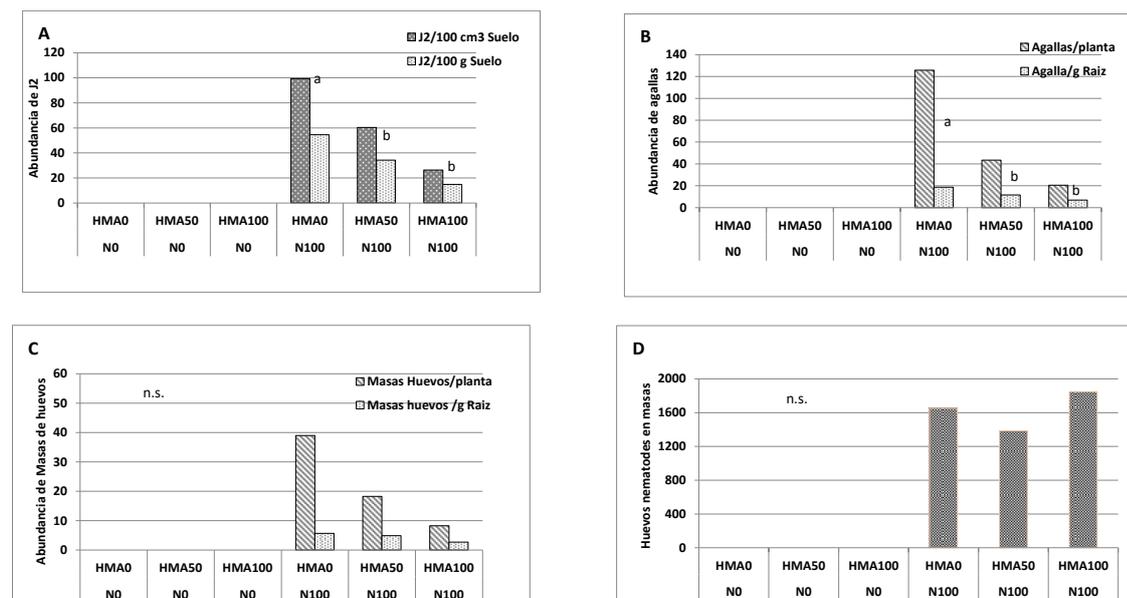


Figura 2. Abundancia de larvas J2, agallas, masa de huevos y número de huevos de nematodos (A, B, C, D, respectivamente) en raíces de plantas de tomate inoculadas con un consorcio con hongos micorrícicos arbusculares (HMA) y con nematodos *M. incognita*.

Tratamientos: HMA0: No inoculado con HMA, HMA50: Inoculado con HMA 50% del sustrato, HMA100: con HMA 100% del sustrato. N0: No inoculado con nematodos, N100: inoculado con nematodos.

Columnas con letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos de inoculación. n.s.: no significativo.

A diferencia de nuestro estudio, Cristóbal Alejo *et al.*, (2010) no encontraron evidencias de control (en número de agallas ni de hembras) aunque sí algunos indicios en la reducción de huevos luego de la inoculación con una cepa individual de *Glomus intraradices* en raíces de tomate previo a la inoculación con el nematodo *M. incognita*. Sin embargo, nuestros resultados son coincidentes en parte con los reportados por Sharma & Sharma (2015) quienes detectaron reducción de la infección (agallas, huevos y J2) por *M. incognita* luego de la preinoculación de tomate con *G. intraradices* acompañados además con incrementos de crecimiento. Resulta sorprendente la disparidad de resultados reportados utilizando las mismas especies tanto de nematodos como de biocontrolador.

La inoculación con consorcios con HMA o con nematodos no afectó el crecimiento aéreo de las plantas de tomate (Fig. 3 A, B). Por el contrario, las plantas que no fueron inoculadas con HMA evidenciaron mayor crecimiento de raíces (Fig. 3 C, D) y la inoculación con nematodos no afectó este comportamiento. Ha sido ampliamente reportado que los hongos micorrícicos aumentan el volumen de exploración del suelo por parte de las raíces (volumen de suelo

explorado por raíces + por hifas) de las plantas micorrizadas (Kaiser *et al.*, 2015). Podría suponerse entonces que las plantas no micorrizadas destinaron más recursos a la producción de raíces para compensar el menor volumen de exploración radical en ausencia de hifas de HMA.

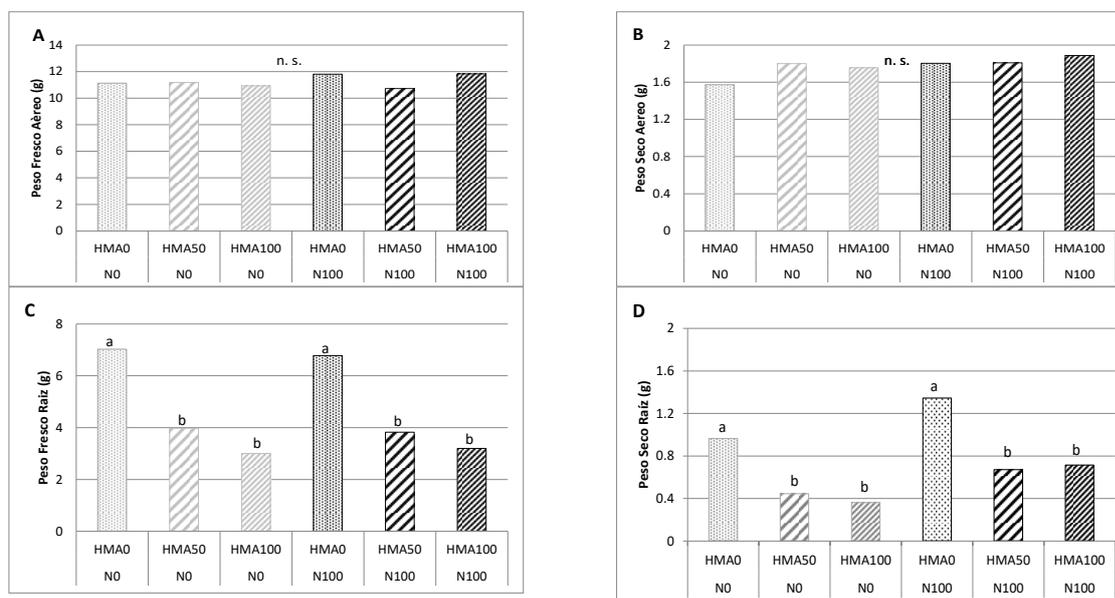


Figura 3. Peso fresco y seco aéreo y radical en plantas de tomate (113 días) inoculadas con consorcios con HMA y nematodos.

Columnas con letras distintas indican diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos de inoculación.

El presente estudio mostró una reducción de la densidad de nematodos (j2, agallas y masas de huevos) en plantas de tomate inoculadas con consorcios con HMA. El mecanismo por el cual los HMA reducen el daño del nematodo no se ha determinado completamente. Las hipótesis van desde competencia por nutrientes y espacio, cambios microbianos en la micorrizosfera que alteran la quimiotaxis de los nematodos (Rasmann *et al.*, 2012), como también a la resistencia inducida a través de una preactivación del gen y de las correspondientes proteínas responsables de la defensa de las plantas frente a los ataques de patógenos (Okubara *et al.*, 2019; Deliopoulos *et al.*, 2007), entre otros. En este estudio, si bien no se han determinado los mecanismos involucrados en el control de nematodos, se ha evidenciado que la colonización micorrícica resultante de la inoculación con un consorcio con HMA nativos de diferentes sistemas de la Provincia de Buenos Aires resulta promisorio para ser considerado un potencial biocontrolador de enfermedades causadas por *M. incongnita*. Se destaca en este estudio que el inóculo HMA no consistió en una especie única de cultivo, tal como en la mayoría de los estudios de investigación así como en varios de los inoculantes comerciales, sino en un consorcio compuesto por distintos taxones de HMA y otros microorganismos de suelo. En este estudio no se ha profundizado en los componentes de la microbiota del inóculo además de los HMA, y futuros estudios deberían estar orientados a conocer la identidad de los restantes integrantes de la comunidad que componen el inóculo evaluado. Aun así, es posible sugerir por los resultados obtenidos que los HMA y su microbiota acompañante ocasionaron incremento en la colonización micorrícica luego de la inoculación y se obtuvieron además evidencias de control de la infección por nematodos en las raíces de tomate.

4. Conclusiones

Los resultados permiten confirmar que el establecimiento de la colonización micorrícica previo a la infección con nematodos ejerce un aparente control de la infección de *M. incognita* en raíces de tomate. Esto se ha detectado aun sin incrementos significativos en el crecimiento aéreo. Los resultados resaltan el rol que los HMA cumplen para el control biológico de patógenos de cultivos hortícolas de importancia agrícola, pudiendo ser utilizada dicha función como *servicio ecosistémico* en la reducción-eliminación de insumos químicos destinados al control de nematodos parásitos de plantas. Futuros estudios deberían evaluar la instalación de los HMA en sustratos propios a los utilizados por los productores hortícolas, de manera de sugerir la preinoculación con HMA en dicha etapa previa al trasplante.

5. Agradecimientos

Los autores agradecen a los Dres. Sainz Rozas H.R. y Eyherabide M. quienes en el marco de Proyectos INTA del Grupo Relación Suelo Cultivos (UI EEA INTA-FCA UNMdP, Balcarce), aportaron las muestras de suelo con los que se preparó el inóculo HMA utilizado.

6. Bibliografía

- Anjos, É.C.T.D.; Cavalcante, U.M.T.; Gonçalves, D.M.C.; Pedrosa, E.M.R.; Santos, V.F.D. & Maia, L.C. 2010. Interactions between an arbuscular mycorrhizal fungus (*Scutellospora heterogama*) and the root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) on sweet passion fruit (*Passiflora alata*). Brazilian Archives of Biology and Technology 53(4): 801-809.
- Azcón-Aguilar C. & Barea J.M. 2015. Nutrient cycling in the mycorrhizosphere. J. Soil Sci. Plant Nutr. 15 Epub 30. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162015005000035>
- Bartlem, D.G.; Jones, M.G.K. & Hammes, U.Z. 2014. Vascularization and nutrient delivery at root-knot nematode feeding sites in host roots. J. Exp. Bot. 65: 1789–1798. doi:10.1093/jxb/ert415
- Bray, R.H. & Kurtz, L.T. 1945. Determination of total organic and available form of phosphorus in soil. Soil Science. 59:360-361.
- Covacevich, F. & Consolo, V.F. (Eds.). 2014. Manual de protocolos: Herramientas para el estudio y manipulación de Hongos Micorrícicos Arbusculares y Trichoderma. UNMdP. 115 p.
- Cristóbal Alejo, J.; Herrera-Parra, E.; Reyes Oregel, V.; Ruiz Sánchez, E.; Suárez, J.M.T. & Celis Rodríguez, T. 2010. *Glomus intraradices* para el control de *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood en condiciones protegidas. Fitosanidad 14(1): 25-29.
- De La Peña, E.; Echeverría, S.R.; Van Der Putten, W.H.; Freitas, H. & Moens, M. 2006. Mechanism of control of root feeding nematodes by mycorrhizal fungi in the dune grass *Ammophila arenaria*. New Phytologist 169(4): 829-840.
- Deliopoulos, T.; Devine, K.J.; Haydock, P.P. & Jones, P.W. 2007. Studies on the effect of mycorrhization of potato roots on the hatching activity of potato root leachate towards the potato cyst nematodes, *Globodera pallida* and *G. rostochiensis*. Nematology 9(5): 719-729.
- Feijen, F.A.A.; Vos, R.A.; Nuytinck, J & Merckx, V.S.F.T. 2018. Evolutionary dynamics of mycorrhizal symbiosis in

- land plant diversification. Scientific Reports 8: Article number: 10698
- Kaiser, C.; Kilburn, M.R.; Clode, P.L.; Fuchslueger, L.; Koranda, M.; Cliff, J.B.; Solaiman, Z.M. & Murphy, D.V. 2015. Exploring the transfer of recent plant photosynthates to soil microbes: mycorrhizal pathway vs direct root exudation. *New Phytologist* 205(4): 1537-1551.
- Kumar, M.; Prasad, R.; Kumar, V.; Tuteja, N. & Varma, A. 2017. Mycorrhizal Fungi Under Biotic and Abiotic Stress: In: Book Mycorrhiza - Eco-Physiology, Secondary Metabolites, Nanomaterials pp.57-69. DOI: 10.1007/978-3-319-57849-1_4
- Marro, N.; Lax, P.; Cabello, M.; Doucet, M.E. & Becerra, A.G. 2014. Use of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* as biological control agent of the nematode *Nacobbus aberrans* parasitizing tomato. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 57(5): 668-674.
- Okubara, P. A.; Peetz, A.B. & Sharpe R.M. 2019. Cereal Root Interactions with Soilborne Pathogens—From Trait to Gene and Back. *Agronomy* 2019, 9, 188; doi: 10.3390/agronomy9040188
- Rasmann, S.; Ali, J.G.; Helder, J & van der Putten W.H. 2012. Ecology and Evolution of Soil Nematode Chemotaxis. *J Chem Ecol* DOI 10.1007/s10886-012-0118-6
- Seid, A.; Fininsa, Ch.; Mekete, T.; Decraemer, W. & Wesemael, W.M.L. 2016. Tomato (*Solanum lycopersicum*) and root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) – a century-old battle. *Nematology* 17: 995-1009
- Shah, M.M. & Mahamood, M. 2017. Introductory Chapter: Nematodes - A Lesser Known Group of Organisms Open access peer-reviewed chapter. DOI: 10.5772/intechopen.68589
- Sharma, I. P. & Sharma. A. K. 2015. Root-knot Nematodes (*Meloidogyne incognita*) suppression through Pre-colonized Arbuscular Mycorrhiza (*Glomus intraradices*) in Tomato-PT3. *Scientia Agriculturae* 12 (1), 2015: 52-57
- Tchabi, A.; Coyne, D.; Hountondji, F.; Lawouin, L.; Wiemken, A. & Oehl, F. 2010. Efficacy of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi for promoting white yam (*Dioscorea rotundata*) growth in West Africa. *Applied Soil Ecology* 45(2): 92-100.
- Trouvelot, A. 1986. Mesure du taux de mycorrhization VA d'un système racinaire. Recherche de méthodes d'estimation ayant une signification fonctionnelle. Disponible en http://www2.dijon.inra.fr/mychintec/Protocole/Workshop_Procedures.html.

Horticultura Argentina es licenciado bajo Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial 2.5 Argentina.