

Uso potencial de hongos micorrícicos en sanidad vegetal

Es necesario evaluar las micorrizas como una estrategia de control biológico de patógenos en condiciones reales

La agricultura comercial tiende a limitar el empleo de productos químicos de síntesis para evitar el impacto ambiental que produce su uso intensivo. Las micorrizas arbusculares se pueden encontrar en la mayoría de los ecosistemas terrestres, habiendo sido demostrado que en condiciones de laboratorio y experimentales, confieren a las plantas una protección contra los patógenos, siendo necesario evaluar sus posibilidades en condiciones reales de cultivo.

M.C. Jaizme-Vega y A. S. Rodríguez-Romero.

Departamento de Protección Vegetal. ICIA. Tenerife.



Las micorrizas arbusculares (MA), simbiosis mutualística entre los hongos formadores de MA y la casi mayoría de las plantas presentes en los ecosistemas terrestres, constituyen la asociación simbiótica más generalizada. Se pueden encontrar en casi todos los sistemas ecológicos, desde comunidades con alta densidad de especies a sistemas agrícolas con prácticas culturales sostenibles y deben ser considerados parte del medio ambiente y de las propias plantas.

Muchos suelos están infectados por patógenos capaces de limitar el desarrollo de las plantas e incluso matarlas. Los patógenos son uno de los principales problemas de los cultivos y el valor

ecológico de los hongos micorrícicos como disuasivo para las infecciones es evidente. Los hongos formadores de micorrizas arbusculares viven en el interior de las raíces de las plantas ocupando un lugar de privilegio dentro de los microorganismos rizosféricos. Desde allí ejercen su influencia sobre la planta y sobre el resto de los microorganismos rizosféricos, tanto benéficos como patógenos.

A veces observamos que aquellas plantas que tienen pocas enfermedades o que superan el impacto de problemas patológicos sobre su crecimiento y supervivencia pertenecen a ecosistemas equilibrados donde el balance microbiano no ha sido alterado. En contraste, las plantas que crecen en agrosistemas alterados, donde las micorrizas no son funcionales o están ausentes, pueden desarrollar incrementos en la incidencia de las enfermedades y pérdidas en la producción (Linderman y Paulitz, 1990).

► Papel de las micorrizas en el sistema planta-patógeno

Se han realizado numerosos intentos por sintetizar la bibliografía en torno a las relaciones de las micorrizas con los patógenos (Hooker *et al.*, 1994) y la mayoría de las publicaciones sobre este tema destacan la capacidad de las micorrizas para reducir los daños producidos por los patógenos de suelo. Los estudios realizados se han orientado en su mayoría a patógenos de origen fúngico causantes de podredumbres de raíz y daños vasculares (*Phytophthora*, *Aphanomyces*, *Fusarium*, *Verticillium*, *Sclerotium*) y nematodos patógenos que causan agallas y lesiones en las raíces (*Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Radopholus*). Son escasos los estudios sobre las micorrizas y las bacterias patógenas, aunque los pocos datos que existen muestran una protección micorrícica. Con respecto a los virus, la escasa bibliografía disponible señala que

las plantas micorrizadas registran una mayor incidencia de la enfermedad, frente a las no micorrizadas, aunque esto no se corresponde con un aumento de severidad. A pesar de los datos publicados, donde se muestra un efecto protector de la micorriza en diferentes hospedadores y frente a patógenos de diferente naturaleza, no se puede generalizar ni extrapolar esta información, ya que para cada caso existe una serie de factores cuya alteración no garantizaría el balance final. Esto es consecuencia, además, del conocimiento parcial de los mecanismos relacionados con el efecto protector de las micorrizas. En cualquier sistema complejo en el que estudiásemos la interacción planta-hongo MA-microorganismos patógenos, hemos de considerar una serie de factores que

contribuyen a la expresión final de control de los hongos MA sobre el patógeno; entre dichos factores están: tipo de aislado de hongo MA, virulencia y cantidad de inóculo del patógeno, planta hospedadora, sustrato de cultivo, y las condiciones ambientales.

En general, se acepta que sólo una micorrización extensamente desarrollada y previa al ataque del patógeno es capaz de incrementar la resistencia/tolerancia y compensar, por lo tanto, los daños causados a la planta.

► Mecanismos relacionados con la protección frente a patógenos

La protección que las micorizas confieren a las plantas frente a un ataque de patógenos es probablemente fruto de la interacción de varios mecanismos. A continuación se resumen los más relevantes.

Mejoría de la nutrición y, como consecuencia, compensación de daños

Tanto un incremento en el estatus nutricional como un aumento en la biomasa radical pueden compensar los daños producidos por patógenos de suelo en los tejidos radicales, reduciendo por lo tanto los síntomas.

Competencia por productos de la fotosíntesis y lugares de colonización

Ambos microorganismos (simbiótico y patógeno) dependen de los fotosintatos para su desarrollo, por lo tanto, una situación de competencia puede ser la causa de una depresión del patógeno en plantas micorrizadas. En el caso concreto de los nematodos, se ha sugerido que necesitan nutrientes del hospedador para su reproducción y desarrollo. Hasta el momento, esta posibilidad tiene sólo rango de hipótesis, ya que no se han registrado evidencias claras al respecto.

Sí que las hay en el supuesto de una competición por el nicho ecológico, ya que hay estudios en los que se comprueba la no-colonización por un patógeno de origen fúngico, de aquellas células en cuyo interior se hubiera desarrollado un arbusculo del hongo MA.

Cambios en la anatomía y arquitectura radical

Está comprobado que los hongos formadores de micorizas producen cambios en la morfología y topología del sistema radical y que estas transformaciones en algunos casos consisten en acortamiento de las raíces principales y un incremento en las ramificaciones de las raíces secundarias. También es posible un mayor incremento en la lignificación de las células de la endodermis de las raíces que dificulta el ataque de ciertos patógenos.

Cambios microbianos de la rizosfera

Una micorrización activa modifica los exudados radicales y el pH del suelo. Como consecuencia, se produce una selección de microorganismos rizosféricos en las raíces de las plantas micorrizadas. Estos microorganismos pueden exhibir una actividad antagonista contra los patógenos de suelo, protegiendo indirectamente a la planta hospedadora.

Por otro lado, microorganismos rizosféricos tales como las bacterias promotoras del crecimiento (PGPBs) con demostrado carácter antifúngico frente a hongos patógenos no ejercen efecto negativo, o incluso estimulan la colonización micorrícica (Barea et al., 1998).

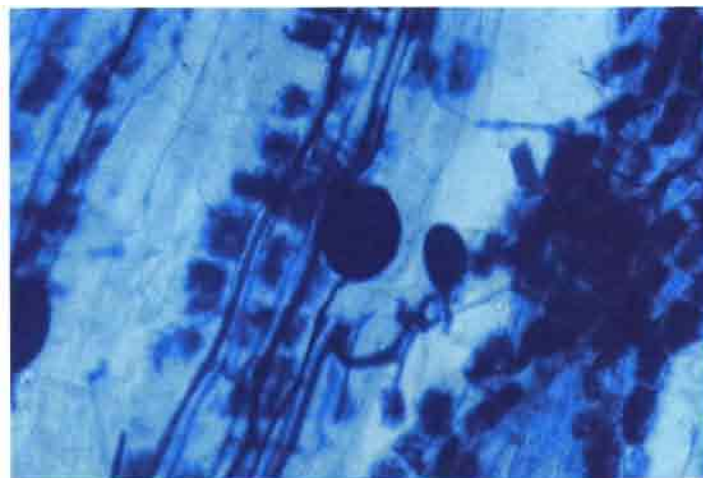


Foto superior. Aspecto al microscopio óptico (100 x) de un hongo formador de micorizas arbusculares.

Abajo. Hembra de *Meloidogyne javanica* (60 x) en el interior de una raíz de tomate micorrizada.

Cambios en los constituyentes químicos de los tejidos vegetales

Se han registrado cambios fisiológicos relacionados con la presencia de patógenos de suelo en raíces micorrizadas, tales como un incremento en las concentraciones de quitinasas, una acumulación de arginina en raíces y un aumento de isoflavonoides con una determinada resistencia a nematodos en raíces de soja. Los hongos MA producen elicitores capaces de inducir respuestas de defensa en las plantas, como lo demuestra la resistencia inducida por hongos MA en plantas no micorrizadas o líneas mutantes incapaces de establecer la simbiosis.

La información más actual apunta hacia la obtención de un cierto nivel de bioprotección mediante la actuación previa de las respuestas defensivas de la planta, relacionando esto ciertas enzimas quitinolíticas. A pesar de estos avances, queda aún mucho por demostrar, ya que la mayoría de estas determinaciones han sido realizadas en condiciones axénicas.

► Aplicaciones de las micorizas en protección vegetal

Considerando que la mayoría de la información en este tema se ha obtenido bajo condiciones de laboratorio y experimentales, es necesario evaluar las posibilidades de incluir la

ENFERMEDADES

FIGURA 1.

Efecto de tres tipos de inóculo de hongo micorrícico sobre el índice de severidad del patógeno *Armillaria mellea* en planta de vid.

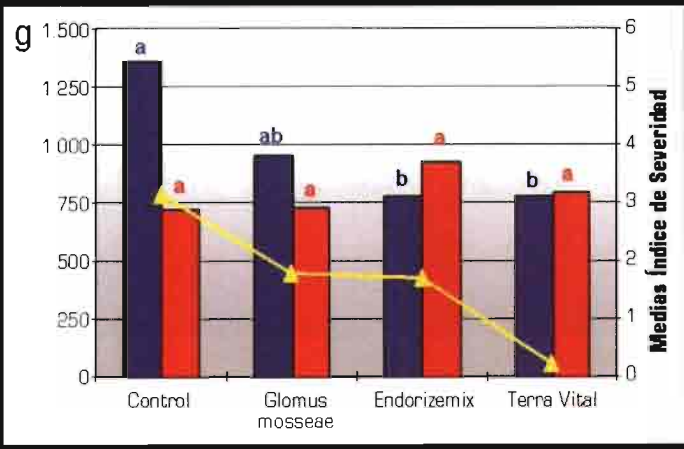
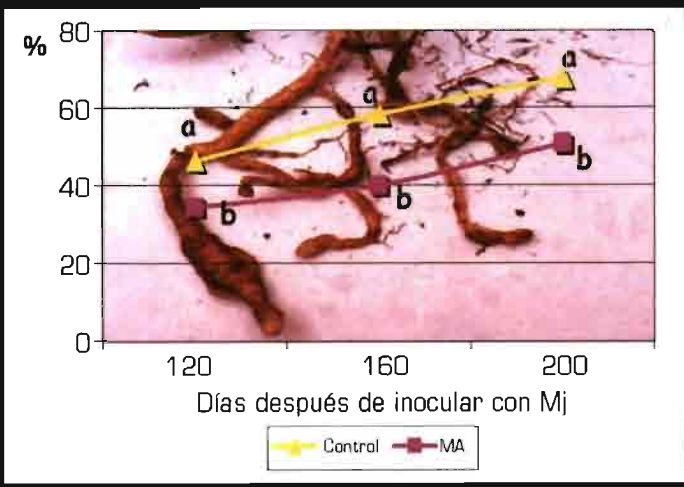


FIGURA 2.

Efecto del hongo formador de micorrizas *Glomus mosseae* sobre el porcentaje de agallamiento radical causado por *Meloidogyne javanica* en platanera.



tecnología de las micorrizas como una estrategia de control biológico en sistemas de producción vegetal. Este propósito cuenta con la dificultad de que el número de variables a considerar, trabajando a escala comercial, desvirtúa totalmente los resultados previos.

Por lo tanto, creemos necesario generar una serie de informaciones en condiciones reales de cultivo, objetivo que se puede lograr mediante estudios de las relaciones "hongo MA-patógeno-cultivo-condiciones ambientales". En este aspecto, no se dispone de mucha documentación (Azcón-Aguilar *et al.*, 2002) y serían necesarios trabajos coordinados entre patólogos y "micorrizólogos".

En nuestro país hay varios grupos consolidados que están avanzando en investigaciones relativas al uso de las micorrizas en diferentes patosistemas. Los aspectos básicos de las interacciones hongos MA-patógenos se abordan en la Universidad de Navarra, donde estudian la combinación pimiento/*Verticillium dahliae*, y en la Estación Experimental del Zaidín (CSIC de

Granada), donde estudian los modelos sobre tomate/*Phytophthora parasitica* y olivo/*V. dahliae*. Enfoques más prácticos están a cargo de investigadores del IRTA (Cambrils), donde se ha hecho énfasis en portainjertos de frutales (melocotonero, manzano, peral, ciruelo etc.) / nematodos agalladores y lesionadores, así como portainjertos de vid/*Armillaria mellea* y *Rosellinia necatrix*. En Galicia, investigadores de la Universidad y el CSIC de Santiago, junto con la Estación Fitopatológica Do Areiro (Pontevedra) han colaborado en estudios sobre la interacción de portainjertos de vid/*A. mellea*. En el ICIA, la investigación sobre micorrizas y patógenos se ha centrado en aquellas enfermedades de mayor interés para nuestra región sobre cultivos tropicales, subtropicales, hortícolas y vid. La platanera ha actuado como hospedador de la interacción de hongos MA con *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*, *Pratylenchus goodeyi* y *Meloidogyne* spp. Otras asociaciones estudiadas son: papaya/*Meloidogyne incognita*, tomate/*Meloidogyne* spp. y vid (cepas locales)/*A. mellea*. Nuestros ensayos, en general, están dirigidos a evaluar los efectos protectores de la micorrización temprana, previa al ataque del patógeno, sobre el desarrollo del cultivo en condiciones muy cercanas a las empleadas en los sistemas de producción vegetal, estableciendo colaboraciones y convenios con empresas del sector.

La actual tendencia de la agricultura comercial a nivel mundial a limitar el empleo de productos químicos de síntesis para evitar el impacto ambiental que produce su uso intensivo obliga a arbitrar alternativas de control basadas en estrategias sostenibles o respetuosas con el medio. Incluir el uso de microorganismos benéficos de la rizosfera, entre los cuales la micorriza es protagonista, así como de otras prácticas alternativas complementarias (solarización, enmiendas orgánicas, etc.), es una opción más que viable en la nueva agricultura.

Nuestra visión de esta disciplina nos permite concluir subrayando la necesidad de una investigación más exhaustiva, tanto en los mecanismos de acción como en el desarrollo de tecnologías para la conservación y multiplicación de la población micorrícica nativa o, si es necesario, para la aplicación de inóculos eficientes, adaptados a las características específicas de cada ecosistema agrario. ■

Bibliografía

Azcón-Aguilar, C., Jaizme-Vega, M.C. y Calvet, C. 2002. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to the biological control of soilborne plant pathogens. En: "Mycorrhiza technology: From Genes to Bioproducts-Achievements and Hurdles in Arbuscular Mycorrhizal Research". Ed: Hannes Schüepp. Life Sciences Editorial Department, Birkhäuser Verlag AG, Basel, Switzerland. pp. 187-197.

Barea, J. M., Azcón-Aguilar, C. Y Azcón, R. 1997. Interactions between mycorrhizal fungi and rhizosphere microorganisms within the context of sustainable soil-plant systems. In: Gange AC, Brown VK (eds) Multitrophic interactions in terrestrial systems. Blackwell Science, Oxford, pp. 65-77.

Hooker, J. E.; Jaizme-Vega, M.C y Atkinson, D. 1994. Biocontrol of plant pathogens using arbuscular mycorrhizal fungi. In Gianinazzi S, Schüepp H (eds) Impact of Arbuscular Mycorrhizas on Sustainable Agriculture and Natural Ecosystems. ALS, Birkhäuser Verlag, Basel, pp. 191-200.

Linderman, R.G. y Paulitz, T.C. 1990. Mycorrhizal-rhizobacterial interactions In: Hornby D, Cook RJ, Henis Y, Ko WH, Rovira AD, Schippers B, Scott PR (eds) Biological control of soil-borne plant pathogens. Wallingford, UK, CAB International, pp 261-283.