

BIOFERTILIZANTES DE ÚLTIMA GENERACIÓN

Asunción Morte, Almudena Gutiérrez, Beatriz Dreyer, Pilar Torrente y Mario Honrubia.

Dpto. Biología Vegetal (Botánica), Facultad de Biología, Universidad de Murcia.

amorte@um.es

En general, se puede decir que el funcionamiento de un ecosistema edáfico depende en gran medida de la actividad microbiana del suelo, dado que los microorganismos protagonizan diversas acciones que producen beneficios para las plantas a las que se asocian (Kennedy y Smith 1995, Barea 1998, Bowen y Rovira 1999). Entre otras acciones, los microorganismos beneficiosos facilitan la captación de nutrientes, producen fitohormonas que favorecen el enraizamiento, protegen a la planta frente a patógenos, descomponen sustancias tóxicas y mejoran la estructura del suelo (Barea 1998). Parece estar claro el hecho de que en suelos degradados ocurre un descenso en el número de propágulos de la microbiota del suelo.

Dentro de este grupo de microorganismos beneficiosos, se encuentran los hongos formadores de micorrizas. Las micorrizas son asociaciones mutualistas que se establecen entre ciertos hongos del suelo y la mayoría de las plantas terrestres. Las micorrizas se encuentran prácticamente en todos los hábitats de la tierra, desde ecosistemas acuáticos a desiertos, en bosques tropicales, en diferentes altitudes y latitudes (Allen 1991). Existe una gran diversidad en cuanto a morfología y fisiología de las asociaciones micorrícicas, lo que permite reconocer varios tipos de micorrizas diferentes. Las micorrizas que forman la mayoría de plantas de interés agrícola son las endomicorrizas, en las cuales el hongo coloniza de forma intracelular la raíz, y dentro de éstas, las **micorrizas arbusculares (MA)**, que se caracterizan porque el hongo presenta, dentro de la raíz, hifas intercelulares, arbusculos (hifas intracelulares muy ramificadas, formadas por divisiones dicotómicas sucesivas) y vesículas intra o intercelulares. De todos los tipos de micorrizas, las MA son las más extendidas en la naturaleza, formando esta asociación plantas pertenecientes al 80-90% de las familias botánicas (Honrubia *et al.* 1992). Los hongos formadores de MA, son simbioses biotrofos obligados puesto que sólo pueden completar su ciclo de vida cuando colonizan las raíces de la planta hospedadora.

Estos hongos formadores de MA han sido, recientemente, incluidos en una división taxonómica propia, la división *Glomeromycota* (Schüßler *et al.* 2001). Dentro de estos hongos, el género *Glomus* es el más abundante y diverso. Es por este motivo, el género de hongos utilizado habitualmente en las inoculaciones en vivero (Honrubia *et al.* 1992).

Las plantas cultivadas bajo plástico, independientemente de que sean en suelo o en hidropónico, están sometidas a regímenes de fertirrigación muy elevados; teniendo los nutrientes muy concentrados en puntos donde se acumulan agua y sales, lo que hace que su sistema radical permanezca poco desarrollado.

Todas estas plantas establecen micorriza de forma natural. Sin embargo, los procesos productivos actuales no incluyen, desde semillero, la inoculación micorrícica. A priori, la ausencia del sistema simbiótico no produce, de inmediato, un decrecimiento de la productividad, siempre que no escaseen los aportes hídricos y de fertilización. Con el tiempo, sin embargo, se producen los acúmulos de sales y, como sabemos, el agua es un elemento cada vez más escaso y crucial en las regiones mediterráneas. La introducción de hongos micorrícicos arbusculares en los suelos de cultivo agrícolas, y también forestales, mejora el crecimiento y la tolerancia de las plantas frente a problemas de salinidad y sequía (Morte *et al.* 2000, Morte *et al.* 2001, Dell'Amico *et al.* 2002), pues mejoran los parámetros hídricos de las plantas e inducen un mayor desarrollo del sistema radical, lo que provoca un mayor y mejor desarrollo de la planta en sí, permitiendo además un ahorro en el agua de riego.

Se sabe desde hace tiempo que una correcta selección y aplicación de hongos micorrícicos, considerados como fertilizantes biológicos o biofertilizantes, mejora la nutrición vegetal (Smith y Read 1997, Allen 1992, Harley y Smith 1983, Morte y Honrubia 2002), incrementa la resistencia de las plantas y, sobre todo, su capacidad de recuperación frente a situaciones de estrés abiótico (Augé 2001, Morte *et al.* 2001) y biótico, al aumentar la resistencia de las plantas frente a patógenos (Linderman, 2000; Borowicz, 2001, etc.).

También es sabido que una de las mayores dificultades a tener en cuenta a la hora de aplicación de estos fertilizantes biológicos es la producción de inóculos infectivos en cantidades comerciales (Brundrett *et al.* 1996, Honrubia *et al.* 1992) que minimicen el gasto de producción y el costo de su aplicación a gran escala. En este sentido, en nuestro Grupo de Investigación, disponemos de una colección de hongos seleccionados con diferente ecología, que proporciona un

amplio abanico de posibilidades para realizar la micorrización con el inóculo adecuado a determinados ambientes, sistema de cultivo y especie vegetal. Estos hongos han sido multiplicados tanto *in vitro* como en maceta, en diferentes sustratos, a gran escala, y envasados de forma que su manejo sea fácil para el agricultor.

Finalmente, también está bien documentado, en el contexto científico mundial, que la utilización de micorrizas en cultivos agrícolas favorece su productividad (Sieverding 1991), debido a un adelanto en el tiempo de la floración y cuajado del fruto (p.e. tomate), menor propensión a enfermedades y plagas, mayor desarrollo del sistema radical (lo cual, posiblemente, tiene repercusión en una mayor incidencia del llamado “colapso”, en el caso del tomate y melón). El uso de estos biofertilizantes, finalmente, posibilita la reducción de fertilizantes químicos, lo que se traduce, además, en prácticas agrícolas más respetuosas con el medio ambiente.

Especial interés tiene el uso de los hongos micorrícicos arbusculares en agricultura ecológica, actualmente en expansión. La agricultura ecológica es un sistema de producción que evita o excluye la utilización de fertilizantes sintéticos, plaguicidas, reguladores de crecimiento, etc. En la medida de lo posible, los sistemas de agricultura ecológica se basan en el mantenimiento de la productividad del suelo y su estructura (fertilidad de la tierra), mediante la utilización óptima de los recursos naturales, con aportación de nutrientes y control de insectos, malas hierbas y otras plagas, a partir de la rotación de cultivos, los residuos de los cultivos, cultivos intercalados de leguminosas, los abonos animales y abonos verdes y determinados aspectos de control biológico de plagas. Todo ello procurando un desarrollo agrario perdurable.

Sin duda, la idea central de esta definición es el concepto de suelo vivo, que estimula las actividades de los organismos beneficiosos, entre los que los hongos micorrícicos constituyen el eslabón fundamental de la rizosfera. Sin embargo, la experiencia de aplicación de micorrizas en agricultura ecológica, particularmente en España es muy limitada, y concretamente en la Región de Murcia es casi nula.

El análisis de la colonización fúngica se lleva a cabo mediante técnicas de microscopía, a través de las cuales se observa una fase extraradical, que incluye micelio y esporas y una fase intraradical del mismo, con hifas intra e intercelulares, arbusculos y en algunas especies vesículas. La colonización micorrícica se puede iniciar a partir de tres tipos de propágulos: esporas, fragmentos de raíz previamente colonizados y por la red de micelio que se mantenga en el suelo.

En ensayos llevados a cabo por nuestro Equipo Investigador, hemos desarrollado con éxito la tecnología para la introducción de micorrizas, a nivel de producción, en tomate, lechuga, melón, césped y diferentes especies de palmeras ornamentales. Entre los resultados obtenidos (Gutiérrez *et al.* 2003), cabe destacar:

1) En tomate, con las plantas micorrizadas se ahorró un 25% de agua, un 40% en fitosanitarios, un 25-30% en fertilizantes minerales y hubo un incremento en la producción del 10%, además, las plantas micorrizadas presentaron un crecimiento mucho más equilibrado y homogéneo que las que no lo estaban y fueron más resistentes a patógenos.

2) En lechuga y escarola las plantas micorrizadas obtuvieron un 20% más de peso que las no micorrizadas. No se nos proporcionaron datos sobre ahorro en agua y fertilizantes químicos.

3) En melón, la producción de las plantas micorrizadas aumentó en un 36% respecto a las no micorrizadas, el ahorro de la fertilización fosfórica fue del 100%, el de la fertilización nitrogenada y potásica del 20%, el de agua un 25% y una reducción del fungicida al 100%.

4) La micorrización favorece también el ahorro de agua en el cultivo del césped, aunque de manera menos importante que para cultivos hortícolas.

5) En palmeras, *Phoenix canariensis*, *Phoenix dactylifera*, *Chamaerops humilis* y *Brahea armata*, se incrementó el crecimiento de todas ellas y se mejoró su nutrición mineral, lo que se traduce en un acortamiento del tiempo de permanencia en vivero. Además, el uso de otros hongos antagonistas como *Trichoderma harzianum* y *Gliocladium catenulatum*, en combinación con los hongos micorrícicos, dio los mejores resultados para el caso de *Brahea armata*, especie de lento crecimiento (Morte y Honrubia 2002, Dreyer *et al.* 2001, 2003).

A tenor de los resultados obtenidos, la aplicación de la tecnología desarrollada para el uso de hongos endomicorrícicos como biofertilizantes puede ejecutarse, pero precisa de un cambio en los hábitos y costumbres del agricultor local. Este hecho representa el mayor hándicap para su implantación. El agricultor debe asumir algunos cambios en su forma de hacer, pues con una disminución de fertilizantes químicos y plaguicidas, y sobre todo, con una reducción de agua podrá obtener incluso mayores resultados.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, M.F. (1991). *The Ecology of Mycorrhizae*. M.F. Allen Ed. Cambridge University Press.
- Allen, M.F. (1992). *Mycorrhizal functioning an Integrative Plant-Fungal Process*. Chapman y Hall, New York. Pp. 534.
- Augé, R.M. (2001). Water relation, drought and VA mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza* 11: 3-42.
- Barea, J.M. (1998). Biología de la rífosfera. *Investigación y Ciencia (Scientific American)* 256: 74-81.
- Bowen, G.D. y Rovira, A.D. (1999). The rizosphere and its management to improve plant growth. *Advances in Agronomy* 66: 1-102.
- Brundrett, M.C., Ashwath, N. y Jasper, D.A. (1996). Mycorrhizas in the Kakadu region of tropical Australia I. Prppagules of mycorrhizal fungi and soil properties in natural habitats. *Plant Soil* 184: 159-171.
- Borowicz, V.A. (2001). Do arbuscular mycorrhizal fungi alter plant-pathogen relations?. *Ecology* 82 (11): 3057-3068.
- Dell'Amico, J., Torrecillas, A., Rodríguez, P., Morte, A., Sánchez-Blanco, M.J. (2002). Water and growth parameter responses to tomato plants associated with arbuscular mycorrhizae during drought and recovery. *Journal of Agricultural Sciences* 138: 387-393.
- Dreyer, B., Morte, A. y Honrubia, M. (2001). Growth of mycorrhizal *Phoenix canariensis* plantas under three different cultivation systems. En: *Plant Nutrition. Food security and sustainability of agro-ecosystems through basic and applied research*. Pp. 648-649. Kluwer Academic Publishers. WJ Horst y col. (eds.).
- Dreyer, B., Morte, A. y Honrubia, M. (2003). Introduction of biocontrol fungi and arbuscular mycorrhizal fungi in the production system of the palm species *Phoenix canariensis*, *P. dactylifera*, *Brahea armata* and *Chamaerops humilis*. The Fourth International Conference on Mycorrhizae (ICOM 4). Montreal Canadá. Pag. 443.
- Gutiérrez, A., Torrente, P., Morte, A. y Honrubia, m. (2003). Efectos de la micorrización con hongos arbusculares en plantas hortícolas. Libro de Resúmenes del XIV Simposio de Botánica Criptogámica p. 64.
- Harley, J.K. y Smith, S.E. (1983). *Mycorrhizal symbiosis*. Academic Press, New York.
- Honrubia, M., Torres, P., Díaz, G. y Cano, A. (1992). Manual para micorrizar plantas en viveros forestales. Proyecto LUCDEME VIII. Monografía nº 54 ICONA.
- Linderman, R.G. (2000). Effects of mycorrhizas on plant tolerance to diseases, pp. 345-366. En: *Arbuscular Mycorrhizas: physiology and function*. Eds.: Y. Kapulnick and D.D. Douds Jr. Kluwer Academic Press.
- Morte, A., Lovisolo, C. y Schubert, A. (2000). Effect of drought stress on growth and water relations of the mycorrhizal association *Helianthemum almeriense*-*Tefezia claveryi*. *Mycorrhiza* 10 (3): 115-119.
- Morte, A., Díaz, G., Rodríguez, P., Alarcón, J.J., Sánchez-Blanco, M.J. (2001). Growth and water relations in mycorrhizal and non-mycorrhizal *Pinus halepensis* plants in response to drought. *Biologia Plantarum* 44 (2): 263-267.
- Morte, A. y Honrubia, M. (2002). Growth response of *Phoenix canariensis* Hort. et Chabaud to inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi. *Palms* 46: 76-80.
- Kennedy, A.C. y Smith, K.L. (1995). Soil microbial diversity and the sustainability of agricultural soils. *Plant Soil* 170: 75-86.
- Schüßler, A., Schwarzott, Walter, C. (2001). A new fungal phylum, the *Glomeromycota*: phylogeny and evolution. *Mycological Research* 105 (12): 1413-1421.
- Sieverding, E. (1991). *Vesicular-arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agrosystems*. GTZ, Eschborn, Germany.
- Smith, S.E. y Read, D. J. (1997). *Mycological Symbiosis*. 2nd edn. Academic Press London.