

Uso de inóculo de hongos formadores de micorrizas como alternativa para la mejora de rendimiento de especies forrajeras

Este estudio analiza el efecto de la inoculación con micorrizas en la recuperación de una especie forrajera tras la corta, cuantificando la respuesta de *Medicago arborea* frente a la herbivoría artificial y comparando plantas inoculadas con *Glomus mosseae* frente a plantas no inoculadas. Para el número de foliolos, altura de la planta, biomasa aérea y biomasa total encontramos mayores diferencias entre plantas cortadas y no cortadas que no habían sido inoculadas con hongos de la micorriza, frente a las inoculadas. Por tanto, bajo condiciones de invernadero y fertilización adecuada, *Medicago arborea* se recupera significativamente mejor tras la corta en el caso de estar inoculada con *Glomus mosseae* frente a plantas no inoculadas. Este estudio señala la posible utilización de inóculos artificiales de hongos de micorriza AM para mejorar la capacidad rebrotadora de plantas forrajeras, lo que supondría un mayor rendimiento.

Elena Baraza Ruiz • Investigadora posdoctoral



Introducción

Más del 90% de las plantas cuando crecen en condiciones naturales, establecen a través de sus raíces una simbiosis mutualista con hongos, denominada micorriza. En esta simbiosis la planta suministra al hongo sustratos carbonatados que obtienen de la fotosíntesis, mientras que el hongo ayuda a la planta a captar agua y nutrientes minerales del suelo. De hecho el micelio del hongo actúa a modo de sistema radical de la planta (Allen, 1997).

Existen varios tipos de micorrizas, pero el más común, (80% de los casos), lo conforman micorrizas arbusculares (MA) (Strack y otros, 2003), denominadas así por las estructuras que forma en la raíz de la planta. Concretamente forman MA la gran mayoría de las plantas de importancia

agronómica, tales como cereales, leguminosas, frutales u hortícolas (Barea, 1990).

Los hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA) mejoran el crecimiento de la planta hospedadora gracias a una mejora en la absorción de nutrientes minerales. Pero, además del aporte de fósforo entre otros minerales, otros efectos benéficos han sido descritos en el caso de los HMA. Por ejemplo, el aumento de la tolerancia a patógenos, debido a una competencia por los sitios de infección y por compensación de daños (Bodker y otros, 1998; Habte y otros, 1999). Se ha encontrado también un efecto positivo de este tipo de simbiosis en el potencial hídrico de la planta hospedadora, especialmente en plantas sometidas a estrés hídrico (Augé, 2001).

Sabemos que en cualquier suelo natural existen hongos capaces de producir micorrizas sin embargo, algunas actividades como la fertilización inorgánica o la erosión del suelo por sobrepastoreo disminuyen la abundancia y diversidad de estos hongos (Jeffries y Barea, 2001). La pérdida de la materia orgánica del suelo y la disminución de la diversidad y/o actividad biológica del suelo son resultado directo de la degradación de la cobertura vegetal debida a un uso constante por el ganado (Camperter y otros, 2001; Duponnois y otros, 2001). Consecuentemente, diversas situaciones requieren de la manipulación o manejo de la simbiosis micorrizica para restaurar la cubierta vegetal, mejorar la salud de las plantas e incrementar su productividad (Jeffries y otros, 2003). La inoculación con HMA ha sido propuesta para la restauración de ecosistemas degradados (Requena, 1997), para aumentar la producción de cultivos en áreas con ambientes extremos (Gaur y Adholeya, 2002), y como una alternativa a los fer-

tilizantes inorgánicos en sistemas sostenibles (Barea y Jeffries, 1995). Sin embargo su aplicación para la recuperación de áreas intensamente pastoreadas no ha sido estudiada.

En general la mejora en el crecimiento de la planta producida por los HMA podría a su vez suponer una mayor capacidad de recuperación ante la pérdida de tejido fotosintético debido al daño por herbívoros (Hokka y otros, 2004, Kula y otros, 2005). Sin embargo, existe una controversia sobre el efecto de las micorrizas en plantas sometidas a pérdida de superficie fotosintética, ya que la simbiosis supone un gasto de fotosintatos que no puede usar la planta para su recuperación, pero por otro lado supone un aporte de nutrientes necesarios para el crecimiento de la planta (Borowicz, 1997). Se ha visto que el efecto de la micorriza sobre plantas con pérdida de biomasa depende en gran medida las condiciones ambientales bajo las que crece, de modo que la interacción se hace más relevante en el caso de alta intensidad de luz y poca disponibilidad de nutrientes (Gehring y Whitham, 1994), como es el caso de la mayoría de los ecosistemas Mediterráneos.

Con el fin de explorar el posible efecto de la inoculación con micorrizas en la recuperación de una especie forrajera modelo tras la corta, cuantificamos la respuesta de *Medicago arborea* frente a la herbivoría artificial, comparando plantas inoculadas con *Glomus mosseae* frente a plantas no inoculadas.

Material y Métodos

Medicago arborea es un arbusto perenne del sur de Europa, con un gran potencial forrajero en el ambiente mediterráneo, no sólo por su gran valor nutritivo y su alta palatabilidad para pequeños rumiantes, sino también por su tolerancia a la sequía y la salinidad (Amato y otros, 2004).

Se estableció un pequeño ensayo en vivero. Se pregerminaron semillas de *Medicago arborea*, plantando 16 de ellas en macetas de 250 ml, con una mezcla 1:1:2 de arena, sepiolita y suelo natural esterilizado. A la mitad de ellas en el momento de la plantación se les añadió inóculo *Glomus mosseae* (BEG 119).

Las plantas fueron regadas periódicamente con una solución fertilizante. Tras tres semanas de crecimiento a la mitad de las plantas micorrizadas y a la mitad restante se les cortó hasta una altura de cinco cm por encima del suelo. Una vez transcurrido un mes tras la corta, las plantas fueron medidas en altura y contado el número de foliolos. Se sacaron de las macetas con cuidado de no romper el sistema radicular, eliminando el sustrato con agua. Una vez limpias de tierra fueron separadas en foliolos, tallo y raíz, introduciendo cada fracción en sobres de papel perfectamente etiquetados. Los sobres se colocaron en una estufa de secado y tras 48 horas se pesó su contenido.

Análisis estadístico

Debido al bajo número de réplicas por tratamiento ($n = 4$) se recurrió a un análisis no paramétrico mediante tests de Kruskal-Wallis, tomando como factor el tratamiento con

cuatro niveles (Control, Cortado, Micorrizado y Cortado-Micorrizado) y el número de foliolos, la altura, el peso seco aéreo y el peso seco total fueron las variables respuesta.

Resultados

Hubo un efecto significativo del tratamiento para el número de foliolos y la altura de la planta, pero tan sólo parcialmente significativo para la biomasa aérea y biomasa total (Tabla 1).

Tabla 1

Valores de H y significación obtenidos a través de un tests de Kruskal-Wallis para el efecto del tratamiento (Control, Cortada, Micorrizada y Micorrizada-Cortada) sobre las variables respuesta analizadas

Variable	H	P
Altura	11,735	0,008
Nº foliolos	10,683	0,013
Biomasa aérea	7,324	0,062
Biomasa total	7,301	0,062

Para todas las variables medidas encontramos mayores diferencias entre plantas cortadas y no cortadas que no habían sido inoculadas con hongos de la micorriza, frente a las sí inoculadas (Figura 1). Sin embargo, tan sólo en el caso de la altura y la biomasa total no hubo diferencias significativas entre plantas cortadas y no cortadas inoculadas pero sí entre plantas cortadas y no cortadas sin inocular (Figura 1).

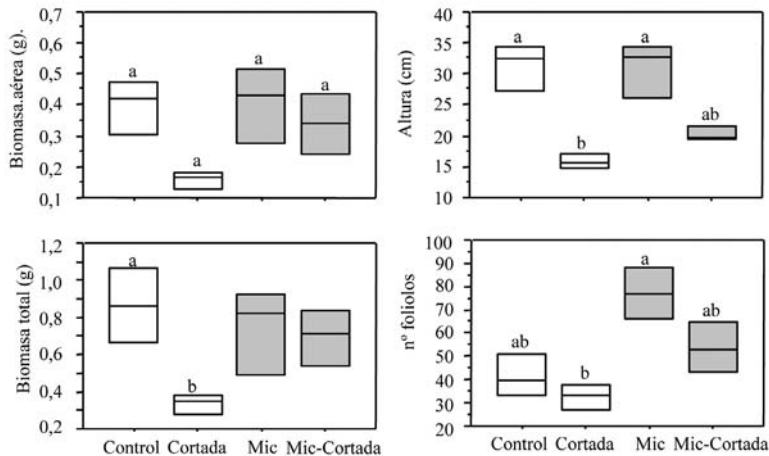
Discusión

A pesar de ser el número de muestras muy bajo encontramos un efecto significativo de la inoculación con hongo formador de micorriza en la respuesta a la herbivoría de las plantas. De modo que, bajo condiciones de invernadero y fertilización adecuada *Medicago arborea* se recupera significativamente mejor tras la corta en el caso de estar inoculada con *Glomus mosseae* frente a plantas no inoculadas. Diversos autores han encontrado un aumento de la resistencia a los herbívoros de plantas micorrizadas (Gange y West, 1994; Wamberg y otros, 2003), mientras el aumento de la tolerancia a la herbivoría de plantas micorrizadas está menos documentado.

Un exceso de pastoreo puede provocar una pérdida importante de la diversidad de hongos formadores de micorrizas (Carpenter y otros, 2001; Eom y otros, 2001). La importancia de las micorrizas para los sistemas agrícolas sostenibles ha sido destacada desde hace años, sin embargo poco se ha estudiado sobre su posible aplicación en sistemas pastorales. Este pequeño ensayo muestra la existencia de indicios de la importancia de esta simbiosis

Figura 1

Representación de la distribución de los valores de las variables medidas mediante Box-Plot (los rectángulos agrupan los datos entre los cuartiles 25 y 75, la línea dentro del rectángulo corresponde con la mediana). Letras diferentes sobre los rectángulos indican diferencias significativas para un test a posteriori no paramétrico de Nemenyi (Zar 1996).



para una buena recuperación de la planta tras la pérdida de tejido en sistemas pastorales. Lo que indica un posible uso de inóculos artificiales de hongos de micorriza AM para mejorar la capacidad rebrotadora del pasto. Son necesarios experimentos con mayor número de réplicas, acompañados de ensayos en campo y con mayor número de especies tanto de plantas como de hongos. Sin embargo, los numerosos estudios que buscan la aplicación de los inóculos de micorrizas para mejora de cultivos (Barea y Olivares 1998; Azcón-Aguilar y otros, 1999) y procesos de revegetación (Estaún y otros, 1997; Requena, 1997), junto con los resultados de este pequeño ensayo, hacen pensar en un posible éxito también en el caso de los sistemas pastorales (Barea y Jeffries, 1995). Por tanto recomiendo el uso de inóculos de micorriza comerciales para la mejora del rendimiento de praderas de pastoreo.

Bibliografía

AMATO, G., STRINGI, L., GIAMBALVO, D. 2004. Productivity and canopy modification of *Medicago arborea* as affected by defoliation management and genotype in a Mediterranean environment. *Grass and Forage Science* 59: 20-28.

ALLEN M. F. 1996. The ecology of arbuscular micorrizas: a look back into the 20th century and peek into de 21st. *Mycology Research* 100(7): 769-782.

AUGÉ, R. M. 2001. Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza* 11:3-42.

AZCÓN-AGUILAR, C., PALENZUELA, J., GARCÍA, L. Y BAREA, J.M. 1999. Aplicación de las micorrizas en horticultura. *Phytoma España*, nº 110, 46-56.

BAREA J.M. 1990. Micorrizas vesículo-arbusculares. *Microbiología* 271-278. C.I.S.C.

BAREA J.M., JEFFRIES, P. 1995. Arbuscular mycorrhizas in sustainable soil-plant systems. En: *Mycorrhiza: Structure, Function, Molecular Bio-*

logy and Biotechnology (Eds. A. Varma y B. Hock) Springer-Verlag, Heidelberg, pp. 521-559.

BAREA, J.M., OLIVARES, J. 1998. Manejo de las propiedades biológicas del suelo. R Jiménez Díaz y Ralmo de Espinosa eds. *Agricultura Sostenible*. Ed. Mundi Prensa, Madrid. Pags 173-193.

BODKER L., KJOLLER, R., ROSENDAHL, S. 1998. Effect of phosphate and the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* on disease severity of root rot of peas (*Pisum sativum*) caused by *Aphanomyces euteiches*. *Mycorrhiza* 8:169-174.

BOROWICZ V.A. 1997. A fungal root symbiont modifies plant resistance to an insect herbivore. *Oecologia* 112: 534-542.

CARPENTER, F. L., PLACIOS, S., GONZALEZ, E., SCHROEDER, M. 2001. Land-use and erosion of a Costal Rican Ultisol affect soil chemistry, mycorrhizal fungi and early regeneration. *Forest Ecology and Management* 144:1-17.

DUPONNOIS, R., PLENCHETTE, C., THIOULOUSE, J., CADET, P. 2001. The mycorrhizal soil infectivity and arbuscular mycorrhizal fungal spore communities in soils of different aged fallows in Senegal. *Applied Soil Ecology* 17:239-251.

EOM, A., WILSON, G.W.T., HARTNETT, D.C. 2001 Effects of ungulate grazers on arbuscular mycorrhizal symbiosis and fungal community structure in tallgrass prairie *Mycologia* 93: 233-242.

ESTAÚN, V., SAVÉ, R., BIELA, C. 1997. AM inoculation as a biological tool to improve plant revegetation of a disturbed soil with *Rosmarinus officinalis* under semi-arid conditions. *Applied Soil Ecology* 6: 223-229.

GANGE, C., WEST, H. M. 1994. Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and foliar-feeding insects in *Plantago lanceolata*. *Phytology* 128:79-87.

Gaur, A. and A. Adholeya. 2002. Arbuscular-mycorrhizal inoculation of five tropical fodder crops and inoculum production in marginal soil amended with organic matter. *Biology and Fertility of Soils* 35:214-21.

GEHRING, C.A, WHITHAM, T.G. 1994. Interactions between above-ground herbivores and the mycorrhizal mutualists of plants. *Tree* 9: 251-255.

HABTE, M., ZHANG, Y. C., SCHMITT, D. P. 1999. Effectiveness of *Glomus* species in protecting white clover against nematode damage. *Canadian Journal of Botany* 77:135-139.

HOKKA, V., MIKOLA, J., VESTBERG, M., SETÄLÄ, H. 2004. Interactive effects of defoliation and an AM fungus on plants and soil organisms in experimental legume-grass communities. *Oikos* 106:73-84.

JEFFRIES, P., GIANINAZZI, S., PEROTTO, S., TURNAU, K., BAREA, J. M. 2003. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. *Biology and Fertility of Soils* 37:1-16.

JEFFRIES, P., BAREA, J. M. 2001. Arbuscular mycorrhiza—A key component of sustainable plant–soil ecosystems. In B. Hock [ED.]. *The Mycota*, Vol. IX: Fungal Associations. Springer-Verlag, Berlin, p. 95-113.

KULA, A.A.R., HARTNETT, D.C., WILSON, W.T. 2005. Effects of mycorrhizal symbiosis on tallgrass prairie plant–herbivore interactions. *Ecology Letters*, 8: 61–69

REQUENA, N. 1997. Mycorrhizal symbiosis and management of the mycorrhizosphere as a tool for the restoration of degrade semi-arid ecosystems. *Recent Research Developments in Microbiology* 1: 267-27

STRACK, D., FESTER, T., HAUSE, B., SCHLIEMANN, W., WALTER, M. H. 2003. Arbuscular mycorrhiza: biological, chemical, and molecular aspects. *Journal of Chemical Ecology* 29:1955-1979.

WAMBERG, C., CHRISTENSEN, S., JAKOBSEN, I. 2003. Interaction between foliar-feeding insects, mycorrhizal fungi, and rhizosphere protozoa on pea plants. *Pedobiologia* 47: 281-287.

ZAR, J.H. 1996. *Biostatistical Analysis*, 3rd edn. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.