

Artículo de divulgación

## Evaluación de la micorrización y parámetros de rendimiento en un cultivo de soja de segunda, fertilizado e inoculado

Romagnoli, M.V.<sup>1</sup>; Denoia, J.<sup>2</sup>; Osso, M.<sup>1</sup>; Estancich, E.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Cátedra de Microbiología Agrícola

<sup>2</sup>Cátedra de Manejo de Tierras

Facultad de Ciencias Agrarias – UNR

[valeria@express.com.ar](mailto:valeria@express.com.ar)

La población de microorganismos constituyentes de la rizósfera es dinámica e interactiva, y los hongos formadores de micorrizas arbusculares (HFMA) se encuentran entre los componentes fundamentales.

El término micorriza (Mykes= Hongo y Rhiza= Raíz) se define como una estructura especializada que se forma por la asociación de un grupo específico de hongos con las raíces de las plantas y cuya función repercute en beneficios nutrimentales y fisiológicos para ambos organismos. De esta forma se constituye una simbiosis mutualista entre ambos componentes.

La simbiosis micorrízica ha cobrado especial interés por su enorme potencial de uso en los diversos programas de producción de plantas en sistemas de vivero y propagación (Alarcón y Ferrera, 1999). Al inocular HFMA en las plantas, éstas presentan mayor sanidad, vigor e incluso calidad, características que repercuten en la capacidad de adaptación a diferentes condiciones edáficas y climáticas, así como en su productividad. Desde el punto de vista ecológico, los HFMA han sido considerados como elementos primordiales en la funcionalidad de los sistemas productivos. En lo que respecta a las interacciones con otros microorganismos, al parecer los HFMA tienen un efecto inductor de poblaciones microbianas cuya actividad fisiológica repercute en beneficios para la planta. Así como las plantas ejercen un efecto rizosférico sobre los microorganismos que se establecen alrededor de las raíces, los exudados que producen las hifas de HFMA propician cambios significativos en la comunidad microbiana adyacente. En este sentido, se ha detectado mayor cantidad de bacterias diazotróficas y simbióticas, además de solubilizadoras de fosfatos insolubles, que inducen el mejoramiento de la

nutrición (González, 1995) y protección de la planta ante patógenos de hábito radical (Linderman, 1988; St-Arnaud, M. 1997; Vázquez, M. 2000) cuando en la planta se establece la simbiosis micorrízica.

A su vez, la presencia de las micorrizas, mejora la capacidad de las plantas de explorar un mayor volumen de suelo, al sumarse la presencia de las hifas del hongo; captando con mayor facilidad ciertos elementos, como nitrógeno, calcio, potasio (entre otros) destacando en especial la importancia de aquellos con escasa movilidad, como fósforo, zinc y cobre, ya que su disponibilidad para la planta generalmente es limitada.

Esto no implica que se pueda dejar de fertilizar, sino que la fertilización sea más eficiente y puedan disminuirse, las dosis a aplicar, con un menor impacto ecológico. Estos microorganismos que establecen simbiosis con las plantas pueden resultar importantes también en el control biológico de patógenos, biorremediación y recuperación de suelos degradados.

El uso de microorganismos benéficos para la agricultura juega un papel relevante para la sustentabilidad de los ecosistemas; es así como la agricultura moderna ha incrementado el uso de microorganismos, tales como: bacterias promotoras del crecimiento, bacterias fijadoras de nitrógeno, microorganismos solubilizadores de fosfato y HFMA. Por los beneficios que aporta esta simbiosis, se han producido inoculantes para ser usados comercialmente en floricultura y horticultura.

En los últimos años los suelos de la región pampeana, evidencian una constante disminución en los niveles de Fósforo (P) disponible, atribuido a la mayor producción de granos y el reducido uso de fertilizantes

fosfatados. Las nuevas técnicas acordes a la demanda actual, incluyen el uso de microorganismos, de modo tal que el uso de fertilizantes complementarios resulte más eficiente y sustentable. La implementación de los hongos endomicorrízicos es de gran utilidad para las plantas, facilitando por su intermedio la absorción de agua, Nitrógeno, Fósforo (P) y protegiéndolas contra enfermedades.

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el comportamiento de un producto comercial precursor de la actividad micorrízica (PAM) sobre la dinámica, de la población de hongos formadores de micorrizas arbusculares y parámetros de rendimiento, en un cultivo de Soja de 2°.

El ensayo se realizó en un lote experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNR (Zavalla, Santa Fe). El suelo es un Argiudol típico, serie Roldan, y en este caso la dotación de Fósforo puede considerarse adecuada (15 ppm) para la mayoría de los cultivos agrícolas de la región. El área de estudio se encuentra bajo una rotación agrícola: maíz – cultivo de cobertura/Soja 1° – trigo/Soja 2°. Se sembró soja de 2° identificada como Don Mario 4210 en una densidad de 24 granos/m. La semilla se inoculó con el producto comercial Rizopack 102 (siguiendo las especificaciones técnicas del fabricante). Se plantearon 4 tratamientos en bloques al azar (Tabla 1) con 3 repeticiones, donde se incluyeron diferentes niveles de fertilización con Súper Fosfato Simple (SPS) colocado en la línea de siembra y el agregado del producto comercial precursor de la actividad micorrízica (PAM) que incluye en su formulación endomicorrizas, y bacterias de los géneros *Bradyrhizobium*, *Azospirillum* y *Pseudomonas*.

**Tabla 1.** Detalle de los tratamientos realizados y las parcelas en las cuales fueron aplicados.

Tratamiento	Nº Parcela
T1:80 kg/ha SPS	3 - 8 - 9
T2:80 kg/ha SPS + PAM	4 - 5 - 12
T3:40 kg/ha SPS + PAM	2 - 6 - 11
T4:PAM	1 - 7 - 10

**Tabla 2.** Porcentaje de micorrización encontrado en cada tratamiento.

Tratamientos	T1	T2	T3	T4
Arbúsculos	23,33	0	30	33,33
Vesículas	80	50	23,33	33,33
Hifas	66,67	6,67	66,67	53,3
% Mic Total	83,33	60	73,33	70

Cuando las plantas llegaron a los estadios R2 y R3 se cosecharon 15 plantas por parcela y se procedió a la tinción de las raíces con modificación del protocolo de Kormanik et al (1980) para evaluar el porcentaje de micorrización. Para obtener este porcentaje se colocaron sobre un portaobjeto 30 segmentos de raíz de 1cm de longitud. En ellos se efectuó un recuento de estructuras fúngicas al microscopio. El método indica que la presencia de arbúsculos, hifas, vesículas o bien una combinación de todas ellas es indicadora de la presencia de micorrizas.

Por otra parte se registraron parámetros asociados al desarrollo del cultivo: peso seco de raíces, peso seco de parte aérea y número de nódulos, y el rendimiento a cosecha. Para el análisis de los datos se realizó un ANOVA con  $p < 0,05$  (InfoStat).

### Resultados

Como se puede ver en la tabla 2, T1 mostró los valores más elevados de micorrización, lo cual podría deberse a la presencia de micorrizas naturalizadas. En T2, este valor se redujo en un 28%, debido a la posible competencia entre los individuos naturalizados adaptados al ambiente y por ende con mayor capacidad de supervivencia y los incluidos en el PAM. La ausencia de arbúsculos en este tratamiento podría atribuirse a que, siendo su función, facilitar el intercambio bidireccional de nutrientes

entre el hongo y la planta, al haber P fácilmente disponible por la planta los arbúsculos (al no ser necesarios) son digeridos, pudiendo recomenzar su formación más adelante (Bago, B.; Pfeffer, P. and Shachar, 2000). El tratamiento T3 presentó un 22% de aumento en la micorrización con respecto a T2, pudiendo adjudicarse ésta respuesta a la disminución en la dosis de P suministrada. El T4 no difiere significativamente con T3. Por último, si consideramos el porcentaje de vesículas, comparando T4 y T1, la diferencia en los valores obtenidos estaría relacionada con que siendo éstas, estructuras de reserva, se encuentran en menor proporción en T4, tratamiento que no fue fertilizado. Por otro lado tenemos un aumento en el porcentaje de arbúsculos en T4, lo que estaría demostrando la actividad del hongo para mejorar la capacidad de la planta en la asimilación del P presente en el suelo. La disminución en el porcentaje de hifas en T4 estaría relacionada con la actividad del PAM en comparación con la actividad de los individuos naturalizados presentes en T1. En cuanto a los parámetros de rendimiento (Tabla 3), no se encontraron diferencias en el peso seco de las raíces entre los cuatro tratamientos. T2 y T4 presentaron el mayor número de nódulos por planta, pero el peso seco de nódulos por planta es 36% superior en T2, lo que podría atribuirse a la combinación del fósforo y al estímulo biológico generado por el PAM. En

cuanto al peso seco de la parte aérea, los tratamientos T2 y T3 presentaron una mejor respuesta con respecto a T1, atribuible probablemente a la inoculación, que permitió un aprovechamiento más eficiente y rápido del fertilizante fosfatado. Es conocido el efecto de las micorrizas de realzar la actividad de *Bradyrhizobium* a través de una estimulación generalizada de la nutrición del hospedante (Spagnoletti *et al.* 2013), pudiendo ocurrir algunos efectos más localizados a nivel de nódulos, tal como demostraría el peso seco de los mismos en el tratamiento T2, resultado similar al hallado por Clua *et al.*, 2013 en un ensayo de doble inoculación de *Bradyrhizobium* y micorrizas en un cultivo de soja realizado en el Partido de Lobos, provincia de Buenos Aires, Argentina y también por Corbera Gorotiza y Nápoles García (2013) en un trabajo llevado a cabo en Cuba, también en el cultivo de soja. En valor absoluto el rendimiento en grano no mostró diferencias estadísticamente significativas, aunque el del T1 superó a T4 en un 29%.

No necesariamente los hongos que se establezcan abundantemente (80-90% de colonización), en el sistema radical de las plantas, pueden inducir mayores efectos, ya que se pueden encontrar hongos que colonicen la raíz en menor proporción (15-40%) y muestren excelentes efectos en la nutrición y crecimiento de las plantas. Con

**Tabla 3.** Valores obtenidos en las mediciones realizadas a las plantas, (los pesos de raíces, nódulos y parte aérea están expresados en gr/planta).

Tratamientos	Peso Seco Raíces	Peso Seco parte aérea	Nódulos Totales/planta	Peso Seco Nódulos/planta	Rendimiento kg/ha
T1	2,6 a	32,67 ab	74 a	0,33 a	2750 a
T2	2,48 a	40,75 b	121 c	0,58 b	2667 a
T3	2,56 a	36,84 ab	87 ab	0,29 a	2350 a
T4	2,67 a	28,4 a	110 bc	0,37 a	1967 a

esto se denota la importancia de utilizar hongos cuya característica principal sea propiciar el mayor beneficio a la planta, en cualquiera de las variables que se tengan como objetivo, independientemente del grado de colonización que estos hongos presenten en el sistema radical. Con ello, es posible determinar la dependencia micorrízica de las plantas, entendiéndose ésta como el grado de respuesta en crecimiento o nutrición de las plantas por efecto de la inoculación de hongos micorrízicos (expresado en porcentaje), siempre considerando las características de fertilidad de los sustratos en los que se establezcan las plantas (Alarcón, 1999). Por otro lado determinadas especies de plantas, aún cuando se encuentren establecidas en sustratos con alta disponibilidad de nutrientes, son igualmente capaces de aprovecharlos incluso cuando se hayan establecido los hongos micorrízicos en sus raíces, pero si estas mismas plantas se establecen en sustratos con limitación de nutrientes, entonces la respuesta y la dependencia hacia los hongos resultarían significativamente mayores. Según Philip Hunter (2016), las legumbres han desarrollado una simbiosis de tres vías con rizobios y micorrizas como la forma más eficiente de obtener nutrientes. "Las simbiosis 'tripartitas' entre leguminosas, rizobios y mycos son muy comunes en los ecosistemas naturales". La simbiosis de fijación de nitrógeno es altamente exigente, y por lo tanto requiere una gran cantidad de fósforo. Este fósforo es a menudo suministrado por las micorrizas.

#### Conclusiones

El empleo del producto PAM impactó solo en el número de arbusculos, efecto observado en el T4.

La combinación de la dosis máxima de SPS con el PAM (T2) se tradujo en un incremento significativo en el peso seco de la parte aérea de la planta y en el número total de nódulos. No se registraron diferencias significativas en el rendimiento del cultivo para ninguno de los tratamientos.

Con la idea de contribuir a la sostenibilidad de los sistemas de producción en general y a la nutrición de los cultivos extensivos en particular, se plantea la necesidad de orientar la investigación de esta temática hacia ambientes con mayores restricciones en la provisión de fósforo.

#### Bibliografía

Alarcón, A.; Ferrera Cerrato, R.(1999)."Manejo de la micorriza arbuscular en sistemas de propagación de plantas frutícolas". Terra Latinoamericana.17(3).1-14.

Bago, B.; Pfeffer, P. and Shachar, Y. (2000)"Carbon Metabolism and Transport in ArbuscularMycorrhizas". Plant Physiology 124 no3:949-958.

Clua, A., Olgiati, J., y Beltrano, J. (2013). "Evaluación de la doble inoculación *Bradyrhizobium*-micorrizas y el uso de fitoterápicos de semilla en el crecimiento, eficiencia de inoculación y el rendimiento de un cultivo de soja". RIA. Vol 39. N° 3. 250-258.

Corbera Gorotiza, J. y Nápoles García, M. (2013). "Efecto de la inoculación conjunta *Bradyrhizobiummelkanii*-hongos MA y la aplicación de un estimulador del crecimiento vegetal en soja (*Glycinemax*(L.) Merrill), cultivar INCASOY-27". Cultivos Tropicales, 2013, vol. 34, no. 2, p. 5-11.

González, M. (1995). "Interacción de la simbiosis endomicorrízica y la fijación biológica de nitrógeno", en R Ferrera y J Pérez

(eds). Agromicrobiología elemento útil en la agricultura sustentable. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas Montecillo, Estado de México

Hunter Philip (2016). "Plant microbiomes and sustainable agriculture". Science & Society- EMBO reports p.1-4. Freelance journalist in London.

Kormanik, P.P.; McGraw, A.C and Shultz, R.C. (1980)."Procedures and equipment for staining large numbers of plant roots for endomycorrhizal assay". Canadian Journal of Microbiology 26: 536-538.

Linderman RG. (1988). Mycorrhizal interactions with the rhizosphere microflora: the mycorrhizosphere effect. Phytopathology 78: 366-370.

Spagnoletti, F. Fernandez, A.; di Pardo, N.; Gómez T. y Chiochchia V. (2013)."Las micorrizas arbusculares y Rhizobium: una simbiosis dual de interés". Revista Argentina de microbiología. vol.45 no.2 Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

St-Arnaud M, Hamel C, Vimard B, Caron M, Fortin JA. (1997). Inhibition of *Fusariumoxysporum* f. sp. dianthi in the nonVAMspecies *Dianthus caryophyllus* by co-culture with *Tagetespatula* companion plants colonized by *Glomus intraradices*. Canadian Journal of Botany 75: 998-1005.

Vázquez, M.; César, S.; Azcón, R.; Barea, J.(2000)"Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and other microbial inoculants (*Azospirillum*, *Pseudomonas*, *Trichoderma*) and their effects on microbial population and enzyme activities in the rhizosphere of maize plants". Applied Soil Ecology. Volume 15, Issue 3. Pages 261-272



## Boletín Semanal de Capacitación

Un espacio de libre acceso destinado a la difusión de actividades de formación y perfeccionamiento organizadas por nuestra Facultad y por otras Instituciones vinculadas al medio agropecuario

Suscribase en: [www.fcagr.unr.edu.ar](http://www.fcagr.unr.edu.ar)