

OCURRENCIA DE MICORRIZAS EN PLANTAS DE MAÍZ, SOJA Y TRIGO EN SISTEMAS DE SIEMBRA DIRECTA

INÉS E. GARCÍA DE SALAMONE¹; R. MICHELENA²; ANALÍA RODRÍGUEZ²; IVANA MONTEMITOLI²; S. GATTI² y MARCELA RORIG²

RESUMEN

La longitud total (LTR), micorrizada (LRM) y el porcentaje de micorrización natural (PM) de raíces de maíz y soja cultivados sobre un Argiudol vértico (Ramírez, Entre Ríos) y de trigo sobre un Haplustol éntico (Bengolea, Córdoba) se determinaron en floración a tres profundidades. Parcelas de 50x50 m correspondientes a lotes manejados durante más de 10 años con siembra directa (SD) fueron subdivididas en tres bloques. Adicionalmente dos experimentos factoriales analizaron en invernáculo los efectos del cultivo antecesor y agregado de P sobre el PM, peso seco aéreo (PSA) y radical (PSR) de maíz y soja. Los tratamientos fueron T1 y T2 antecesor maíz, T3 y T4 antecesor soja y T5 y T6 antecesor suelo sin cultivar. T1, T3 y T5 fueron controles sin agregado de P mientras T2, T4 y T6 fueron fertilizados semanalmente con una solución conteniendo 16 g P/L. LRT en 0-10 cm de maíz a campo fueron significativamente mayores que en otras profundidades. LRT, LRM y PM de soja no presentaron diferencias significativas entre profundidades. Los PM de trigo fueron más elevados que en maíz y soja, pero la LRT del maíz duplicó en la capa superficial y triplicó en las subsiguientes a las estimadas para trigo. Los datos de soja fueron siempre intermedios. Los PM en maíz aumentaron con el agregado de P y soja como antecesor, pero cuando no se fertilizó, los mayores PM de maíz fueron sobre antecesor maíz. Los PM de maíz y soja sobre suelo sin cultivar en ambos niveles de P fueron significativamente inferiores a los observados en plantas sobre suelo con historia agrícola. Los mayores o iguales valores de LTR indicarían en aquellas plantas menor dependencia de la micorrización. Este trabajo demuestra que el PM es altamente dependiente del manejo histórico y actual del suelo. El cultivo antecesor y la fertilización fosforada constituyen herramientas de manejo que pueden contribuir a aumentarlo. El conocimiento de la dinámica de la micorrización en la rotación agrícola puede aportar un mejor entendimiento de estas interacciones que es sabido colaboran con la sustentabilidad de los agroecosistemas.

Palabras clave. Micorrización natural, cultivos de grano, calidad de suelo, sustentabilidad, agroecosistemas.

OCURRENCE OF MYCORRHIZA IN PLANTS OF MAIZE, SOYBEAN AND WHEAT UNDER NO-TILLAGE SYSTEMS

SUMMARY

Roots of three depths of maize, soybean and wheat plants grown onto a Vertic Argiudoll (Ramírez, Entre Ríos) and an Entic Haplustol (Bengolea, Córdoba) were sampled at flowering. Plots (50 x 50 m) under no-tillage system during ten years were divided into three blocks. Total length (LRT), mycorrhized (LRM) roots and percentage of natural mycorrhiza (PM) were determined. Additionally, two greenhouse experiments were performed in order to study the effects of predecessor crop (PC) and P fertilizer on PM, aerial (PSA) and root (PSR) dry weights. Treatments based on PC and P fertilizer were: T1 y T2 maize, T3 y T4 soybean and T5 y T6 non-cultivated soil. T1, T3, T5 were not fertilized with P while T2, T4, T6 were supplied with 16 g P/L once a week. LTR of maize roots in field conditions at 0-10 cm of depth was significantly higher than those determined at the two depths. However PM were similar. No differences were found among depths for LTR, LRM and PM of soybean. PM were higher for wheat than for maize and soybean. However, LTR of maize was two and three times higher than the LRT of wheat at the top and subsoil layers respectively. Soybean data were always placed at the intermediate level. PM of maize after soybean with P addition were the highest but without P, the highest PM values were obtained by maize after maize. At both P levels, PM of maize and soybean grown onto non-cultivated soil were significantly lower than those obtained for plants grown in soils with agricultural history. This paper has shown that PM can be significantly modified by historical and present management of the soil. PC and P fertilizer are tools that can be easily considered by the farmers to contribute to increase PM. The knowledge of the mycorrhiza dynamics through the crop sequence can help to understand better these interactions, which collaborate to maintain agrosystem sustainability.

Key words. Natural mycorrhiza, grain crops, soil quality, sustainability, agroecosystems.

¹Cátedra de Microbiología Agrícola, FAUBA. Av. San Martín 4453 (C1417DSE) CABA. igarcia@agro.uba.ar

²Instituto de Suelos, INTA. Las Cabañas y De los Reseros s/n. CC 25, 1712. Castelar. Buenos Aires.

INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista de la sustentabilidad la frase "calidad de suelo" podría reemplazarse por "salud del suelo", pues ésta lleva implícita la idea que el suelo es un sistema vivo y dinámico cuyas funciones son realizadas por una diversidad de organismos que requieren un manejo y conservación adecuados. Si bien Doran y Zeiss (2000) señalan que estas dos frases pueden utilizarse como sinónimos, también reconocen que generalmente por "calidad de suelo" se entiende a la capacidad de un suelo para ser utilizado con un fin previamente establecido. Esta concepción, históricamente, ha generado degradación y usos agrícolas poco sustentables. Por otro lado, por "salud del suelo" se entiende que el suelo tiene la capacidad de funcionar como un sistema vital conservando su productividad biológica manteniendo la calidad ambiental y, por consiguiente, favoreciendo la sustentabilidad de los agroecosistemas.

Teniendo en cuenta estos conceptos podría verse claramente la necesidad existente de evaluar la biodiversidad y las potencialidades bióticas de los sistemas agrícolas actuales.

Se sabe que en los ecosistemas naturales se encuentran asociaciones mutualísticas altamente evolucionadas entre las raíces de las plantas y algunos hongos del suelo denominadas micorrizas vesículo-arbusculares (MVA) (Giovannetti y Sbrana, 1998). Mediante esta simbiosis el hongo se nutre de las fuentes carbonadas que le provee la planta y le otorga de una barrera física contra la desecación de la raíz, brindándole a las plantas tolerancia a la sequía. Otros beneficios que se asignan en la literatura a la micorrización son el transporte incrementado de agua hacia las plantas previniendo el estrés hídrico, la tolerancia a la salinidad del suelo y el aumento de la tasa fotosintética por la mayor absorción de nutrientes provocada por el aumento de la superficie de exploración por las hifas del hongo (Paul y Clark, 1989). Para algunas plantas esta asociación es indispensable aunque el grado de dependencia varía entre las especies vegetales. Particularmente inciden la morfología de las raíces y las condiciones edafoclimáticas. Luego de una etapa inicial de infección, la red de hifas alrededor de las raíces favorece la absorción de los nutrientes del suelo y cuando se establecen los arbusculos los transfieren a la planta. Generalmente se destaca la capacidad de solubilizar el fósforo (P) orgánico del suelo, siendo esto de gran importancia en ambien-

tes donde la disponibilidad de nutrientes es escasa pero potencialmente presentan una gran fuente orgánica. Los hongos micorrícicos tienen efectos benéficos sobre el sistema hormonal de las plantas lo cual sumado a un mejor suministro nutrimental, favorece un mejor desarrollo de los cultivos (Barea *et al.*, 1997). Sabemos que el sistema de siembra directa (SD), reduce el riesgo de erosión y mejora la calidad del suelo pero es preciso aún para nuestras condiciones caracterizar la micorrización que logran los cultivos en las condiciones de manejo que le son impuestas. El presente trabajo tiene como objetivo analizar la presencia y abundancia de MVA en plantas de maíz, soja y trigo cultivadas bajo siembra directa (SD) y establecer algunas causas que puedan definir su alteración en condiciones de cultivo con el fin de obtener un indicador biológico de salud del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se extrajeron plantas de maíz y soja cultivadas sobre un suelo Argiudol vértico ubicado en la localidad de Ramírez, Entre Ríos, y plantas de trigo cultivadas sobre un suelo Haplustol éntico ubicado en la localidad de Bengolea, Córdoba. Ambos suelos fueron manejados durante más de 10 años con SD. En el Cuadro 1 se describen los contenidos de materia orgánica, N total, P asimilable y pH en agua de los suelos muestreados.

Se realizó el lavado y la tinción de raíces de plantas extraídas en floración. Las parcelas de medición fueron de 50 x 50 m, subdivididas en tres bloques de los cuales se tomaron las muestras con un calador de tubo de 4 cm de diámetro. Se seleccionaron cuatro plantas por bloque, de las cuales se extrajeron varias muestras de cada una, sobre la línea de siembra (muy cerca de la planta) y entre líneas (en la mitad del entresurco). Además, se tomaron muestras a tres profundidades 0-10, 10-20, 20-30 cm, utilizándose el método de Phillips y Hayman (1970) para realizar la tinción de las raíces. El conteo de intersecciones de raíces bajo lupa binocular y el cálculo de la longitud radical total (LRT) y micorrizada (LRM) se realizaron según la metodología descrita por Newman (1966).

Adicionalmente, utilizando suelo del horizonte superficial del lote de Ramírez, se realizaron dos experimentos factoriales en invernáculo durante ocho semanas con diseños completamente aleatorizados con cuatro repeticiones.

En ellos se analizaron los efectos de cultivo antecesor y agregado de P sobre el potencial de micorrización, determinándose Peso Seco Aéreo (PSA) y Radical (PSR).

CUADRO 1. Características químicas de los suelos muestreados.

	Argiudol vértico Ramírez, Entre Ríos ⁽¹⁾			Haplustol éntico Bengolea, Córdoba		
	Maíz	Soja	Suelo sin Cultivar	Profundidad (cm)		
				0-10	10-20	20-30
Materia Orgánica (%)	2,6	4,2	5,5	2,4	1,5	0,9
N total (%)	0,26	0,24	0,31	0,14	0,09	0,06
pH en agua	5,5	5,6	6,6	6,2	5,9	6,2
P asimilable (ppm)	14,5	34,4	143	14,0 ⁽²⁾	4,0 ⁽²⁾	6,2 ⁽²⁾

⁽¹⁾Datos de la capa de 0-15 cm de los suelos con los cultivos indicados.

⁽²⁾Datos correspondientes al lote muestreado. El suelo sin cultivar contenía 150, 171 y 176 ppm de P asimilable en las respectivas profundidades.

Los tratamientos fueron: T1 y T2 antecesor maíz, T3 y T4 antecesor soja y T5 y T6 antecesor suelo sin cultivar. T1, T3 y T5 corresponden a controles sin agregado de P, mientras T2, T4 y T6 corresponden a un agregado de P de 16 g/L suministrado una vez por semana en el agua de riego.

Los datos se analizaron estadísticamente utilizando el programa STATISTIX®. Las medias se compararon con el test de Tukey (p:5%).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En condiciones de campo, los resultados observados sobre las plantas de maíz, mostraron diferencias significativas entre la LRT medida a la profundidad de 0-10 cm con respecto a las medidas a las profundidades de 10-20 y 20-30 cm (Fig. 1) igual que entre posiciones de muestreo (datos no muestra-

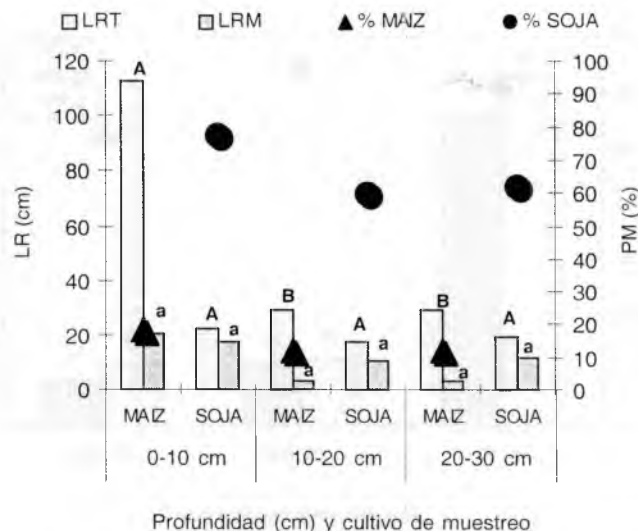


FIGURA 1. Longitud radical total (LRT), micorrizada (LRM) y porcentaje de micorrización (PM) de plantas de maíz y soja cultivadas en Ramírez, Entre Ríos. Las medias con igual letra para cada cultivo no difieren entre sí según Tukey (P:5%).

dos). A pesar de esto, no se encontraron diferencias en el PM de dichas plantas entre las profundidades. En las plantas de soja la LRT, LRM y el PM no presentaron diferencias significativas para las tres profundidades (Fig. 1).

En el caso del trigo en la localidad de Bengolea, Córdoba, se pudo observar que los PM fueron más elevados que en maíz y en soja (Fig. 2). Sin embargo, las LRT del maíz en los primeros 10 cm y en las capas subsiguientes fueron el doble y tres veces mayor que las LRT de trigo, respectivamente.

Las variables medidas en plantas de soja se ubicaron en una posición intermedia en todas las circunstancias. Si bien es preciso considerar los efectos edafoclimáticos que seguramente hayan influenciado en los resultados absolutos de las variables medidas, es relevante considerar que los distintos cultivos tienen potenciales de crecimiento radical diferentes repercutiendo en el PM que las plantas pueden lograr. Desde el punto de vista del PM, de estos resultados se puede inferir que la rotación de cultivos tendría efectos diferenciales sobre la salud del suelo, pues se sabe que la diversidad de inóculos de MVA se reduce con el monocultivo (Barea *et al.*, 1997). En relación con estas ideas, y considerando que el cultivo de soja tiene gran relevancia en las

rotaciones agrícolas argentinas, el análisis de los resultados obtenidos en este trabajo muestra que la soja no presenta un LRT elevado y, por consiguiente, un aporte reducido de la micorrización en comparación de cultivos como el maíz y el trigo, lo cual debería ser motivo de consideración e investigación para lograr afectar mínimamente la salud del suelo al utilizar esta herramienta en la programación de los cultivos dentro de la rotación. La eficiencia de micorrización mide el aporte que pueden hacer las micorrizas respecto al suministro de P u otro factor de interés vinculado a la captación de nutrientes y agua del suelo. Este concepto es usado por los investigadores cuando se hace referencia al aporte o inoculación de MVA en forma artificial a un determinado cultivo. En este trabajo, el objetivo fue estudiar la micorrización natural (sin inoculación) y el efecto que tienen para modificarla, el suministro de un nutriente como el P, así como el cultivo antecesor para un cultivo y un suelo determinados.

Los valores del PM de las plantas de maíz se beneficiaron cuando fue soja el cultivo antecesor y cuando se aumentó la disponibilidad de P (Fig. 3). Sin embargo, con este antecesor sin agregado de P, el PM fue significativamente menor que cuando el maíz se cultivó sobre suelo con antecesor maíz. En

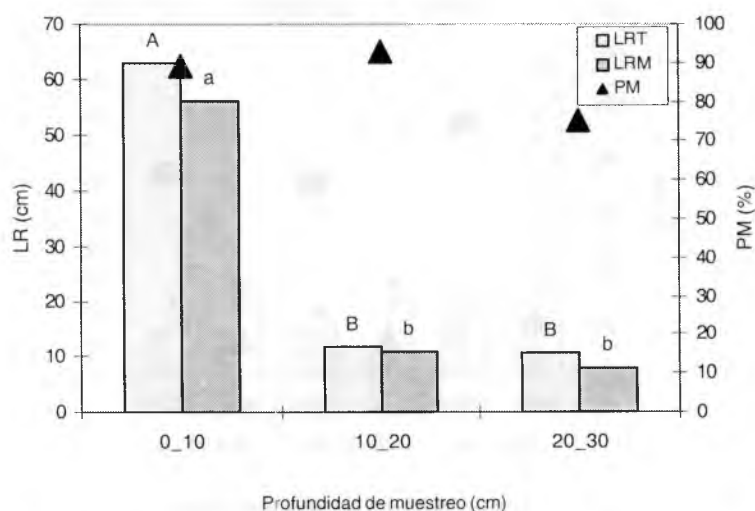


FIGURA 2. Longitud radical total (LRT), micorrizada (LRM) y porcentaje de micorrización (PM) de plantas de trigo cultivadas en la localidad de Bengolea, Córdoba. Las medias con igual letra para cada cultivo no difieren entre sí según Tukey ($P:5\%$).

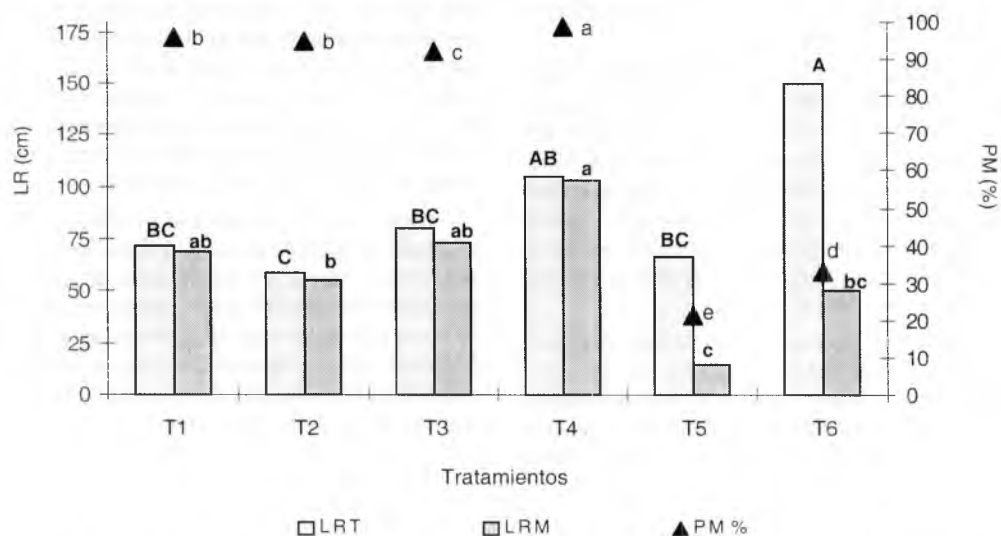


FIGURA 3. Longitud radical total (LRT), micorrizada (LRM) y porcentaje de micorrización (PM %) de plantas de maíz creciendo en condiciones de invernáculo sobre suelo con antecesor maíz (T1 y T2), soja (T3 y T4) y suelo sin cultivar (T5 y T6). Las medias con igual letra para no difieren entre si según Tukey (P:5%).

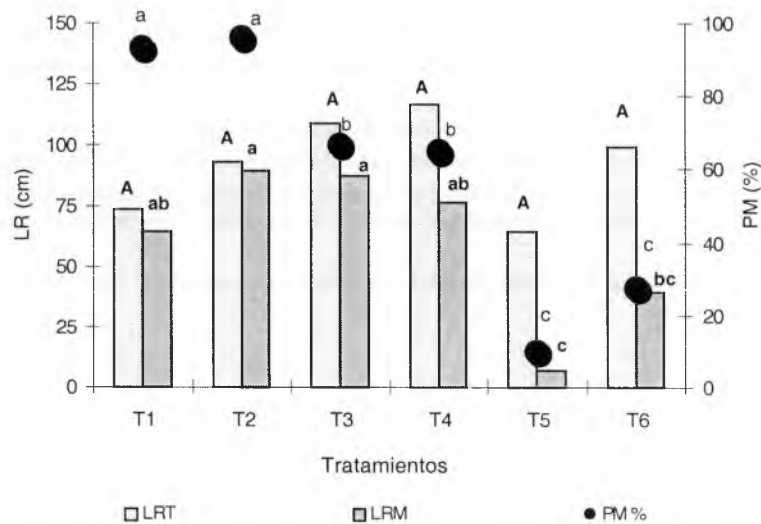


FIGURA 4. Longitud radical total (LRT), micorrizada (LRM) y porcentaje de micorrización (PM %) de plantas de soja creciendo en condiciones de invernáculo sobre suelo con antecesor maíz (T1 y T2), soja (T3 y T4) y suelo sin cultivar (T5 y T6). Las medias con igual letra para no difieren entre si según Tukey (P:5%).

las plantas de soja, el PM fue significativamente más alto para las plantas cultivadas en el suelo con maíz como cultivo antecesor (Fig. 4).

En las plantas de maíz y soja sobre suelo testigo sin cultivar en ambos niveles de P, los PM son significativamente inferiores respecto de los PM de las plantas sobre suelo con un cultivo antecesor. Esto sumado a que el LRT de las plantas fue mayor o igual sobre el suelo sin laboreo previo, parecería indicar que estas plantas serían menos dependientes de la micorrización que las que crecieron sobre suelo con historia agrícola y 10 años de SD.

El agregado de P en las plantas de maíz aumentó la biomasa aérea cuando el antecesor fue soja, observándose el valor mayor en las plantas cultivadas en suelo testigo sin cultivar. En las plantas de soja no se observaron diferencias significativas (datos no mostrados).

Estas observaciones permiten inferir que el potencial de micorrización para una determinada planta es altamente dependiente de la historia de manejo que ha tenido el suelo y que tanto el cultivo antecesor como el agregado de P pueden modificarlo. Por lo tanto, constituyen posibles herramientas para incrementar la micorrización y así mejorar la sustentabilidad de los agroecosistemas.

Aunque se ha asumido por mucho tiempo que no existe ningún tipo de especificidad en la interacción hongo-planta, el conocimiento de la dinámica poblacional de micorrizas en agroecosistemas, así como en ambientes naturales, puede llevar al entendimiento de estas interacciones, lo que permite, en especial en sistemas agrícolas, un mejor uso de este tipo de asociaciones naturales.

BIBLIOGRAFÍA

- BAREA, J.M.; C. AZCÓN-AGUILAR and R. AZCÓN. 1997. Interactions between mycorrhizal fungi and rhizosphere micro-organisms within the context of sustainable soil-plant systems. *En: Multitrophic interactions in terrestrial systems* (Eds. A.C. Gange y V.K. Brown), Backwell Science, Cambridge. p. 65-77. ISBN: 0-86542-767-4.
- DORAN, J.W. and M.R. ZEISS. 2000. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology* 15: 3-11.
- GIOVANNETTI, M. and C. SBRANA. 1998. Meeting a non-host: behavior of AM fungi. *Mycorrhiza* (1998) 8: 123-130.
- PAUL, E.A. and P. CLARK. 1989. Soil Biology and Biochemistry. *Academic Press Inc.* San Diego.
- PHILLIPS, J.M. and D.S. HAYMAN. 1970. Improved procedures for clearing and staining parasitic and vesicular-arbuscular micorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society* 55: 158-161.
- NEWMAN, E.I. 1966. A method of estimating the total length of root in a sample. *J. Appl. Ecol.* 3:139-145.