



Semiárido: un desafío para la Ciencia del Suelo

13 al 16 de mayo de 2008

Potrero de los Funes (SL), Argentina



AACCS
ASOCIACION ARGENTINA
CIENCIA DEL SUELO

MICORRIZACIÓN NATURAL DE MAÍZ Y SU RELACIÓN CON LA ABSORCIÓN DE FÓSFORO DEL SUELO EN DIFERENTES SISTEMAS DE LABRANZAS Y FERTILIZACIÓN

Faggioli V.S.¹ y G.S. Freytes²

(1) Biología de Suelos, INTA EEA Marcos Juárez Ruta Prov. Nº 12, CC21 (2580) Marcos Juárez, Córdoba. E-mail: faggioli@mjuarez.inta.gov.ar (2) Estudiante de agronomía, Instituto de Ciencias Básicas Aplicadas, UNVM, Córdoba.

RESUMEN: Las micorrizas (MA) participan en la absorción de fósforo del suelo. Son afectadas por la fertilización, la remoción del suelo y los barbechos. En este trabajo se comparó la micorrización natural de maíz y su relación con la absorción de fósforo en diferentes sistemas de labranza y fertilización. Se utilizó un ensayo iniciado en 1996 en la EEA INTA Marcos Juárez. Los tratamientos fueron: labranza reducida (Lr), siembra directa (Sd) y siembra directa con cultivo de cobertura invernal (Cc). Cada uno de ellos se subdivide en: sin fertilización desde el inicio del experimento y con fertilización de reposición. En V2, V6 y R2 se determinó el peso seco, la concentración de fósforo y % de micorrización de maíz. Los sistemas de labranzas y fertilización afectaron significativamente los niveles de infección de raíces de maíz con MA en V2: Cc = Sd > Lr. Las MA estuvieron directamente relacionadas con los valores de concentración de fósforo de hojas de maíz en V2 en las parcelas sin historial de fertilización. Se observó una relación directa y positiva entre los valores de micorrización y la producción de biomasa aérea y absorción de fósforo en las parcelas sin fertilizar. Contrario a lo esperado, la micorrización en Cc no fue diferente a la observada en Sd.

Palabras Clave: manejo de suelos, biología de suelos, cultivo de cobertura.

INTRODUCCION

Las micorrizas arbusculares (MA, *Phylum* Glomeromycota) son simbioses obligados que habitan una amplia gama de suelos. Se forman en las raíces de, aproximadamente, el 80% de las especies vegetales (Peterson et al. 2004). Las MA pueden ejercer un efecto positivo sobre el crecimiento de los cultivos (Sieverding 1991). Este efecto es atribuido a mejoras en la captación de nutrientes por las raíces micorrizadas y a la ampliación del volumen de suelo explorado por el avance de las hifas más allá de los límites de la rizósfera. El transporte de iones de baja movilidad en el suelo, por ejemplo el fósforo, es el beneficio más importante que las hifas le confieren a la relación simbiótica (Bucher 2007). El establecimiento de la simbiosis depende fundamentalmente de la cantidad inicial de inóculo en el suelo. Las fuentes de propágulos de las MA son las hifas, las raíces colonizadas de cultivos anteriores y las esporas en algunas especies de hongos. La remoción del suelo por los antiguos sistemas de labranzas produce la ruptura del entramado de hifas y acelera la descomposición de raíces con propágulos (Abbot y Robson 1991). La destrucción de estas estructuras se traduce generalmente en bajos niveles de infección inicial en el cultivo siguiente a menos que las especies de MA dominantes tengan altas tasas de esporulación (Kurle y Pflieger 1994). En los sistemas de siembra directa la duración de los barbechos influye drásticamente sobre las comunidades de MA ya que el suelo queda desprovisto de hospedantes para la supervivencia de los hongos. La inclusión de cultivos de cobertura invernales con especies susceptibles a la formación de MA puede revertir el impacto negativo que ocasionan los barbechos tradicionales. A través de esta práctica, una mayor carga de propágulos de MA podría permanecer en el suelo hasta el momento de implantación del cultivo de verano siguiente. Tanto en sistemas de labranza como en siembra directa, la aplicación de fertilizantes y enmiendas ejerce un efecto directo sobre las comunidades de MA. Abbot y Robson (1991) observaron que una dosis elevada de fertilizantes fosfatados inhibió la colonización micorrízica y el crecimiento de las hifas. Sin embargo, se desconoce si en suelos con elevados niveles naturales de fósforo ocurre la simbiosis y qué relación guardan con la absorción de dicho nutriente. El objetivo de este trabajo fue comparar la micorrización natural de maíz y su relación con la absorción de fósforo en diferentes sistemas de labranza y fertilización.



Semiárido: un desafío para la Ciencia del Suelo

13 al 16 de mayo de 2008

Potrero de los Funes (SL), Argentina



AACCS
ASOCIACION ARGENTINA
CIENCIA DEL SUELO

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño experimental

Este trabajo de investigación se realizó en el cultivo maíz (*Zea mays*, AW190MG) de un ensayo iniciado en 1996 en la EEA INTA Marcos Juárez. El suelo es un Hapludol típico, serie Marcos Juárez. El diseño del experimento es de parcelas subdivididas con tres repeticiones. La secuencia de cultivos es trigo/soja – soja – maíz. El factor principal es el sistema de cultivo: Labranza reducida con rastra de discos (Lr), siembra directa (Sd) y siembra directa con avena como cultivo de cobertura invernal (Cc). Cada tratamiento se subdivide según la fertilización: no fertilizado desde el inicio del experimento y fertilizado según el requerimiento de cada cultivo. A la siembra, el maíz se fertilizó con $26.9 \text{ kg N ha}^{-1}$, 11 kg P ha^{-1} y 8.6 kg S ha^{-1} y en V10 con 99 kg N ha^{-1} , en ambos casos la aplicación fue al voleo bajo las formas de urea, MAP y yeso, respectivamente. Los datos químicos del suelo se presentan en la Tabla 1. Las precipitaciones desde la siembra hasta noviembre (3^o muestreo) fueron de 242 mm.

Tabla 1: Fósforo (P Bray1), materia orgánica (MO) y pH del suelo (0-20 cm) del experimento. Las muestras se tomaron cuando el maíz estaba en V2.

Tratamiento	P (ppm)	MO(%)	pH
Lr Fert.	75	2.8	5.4
Lr No Fert.	28	2.6	5.1
Sd Fert.	89	3	5.1
Sd No Fert.	34	2.9	5.6
Cc Fert.	81	3.2	5.2
Cc No Fert.	31	2.9	5.7

Muestréos y determinaciones

En los estados fenológicos V2, V6 y R2 se extrajeron muestras del sistema radical y aéreo del maíz. Se determinó el peso seco y la concentración de fósforo. Los tejidos vegetales se molieron a 0.05 mm de tamaño de partícula para su calcinación (500°C por 36 hs) y posterior colorimetría (Murphy y Riley 1962). Se determinó el porcentaje de micorrización radical a través del método de intercepción en cuadrícula (Newman 1966). Las raíces se tiñeron con azul de tripán y se estimó su longitud total y la longitud infectada por estructuras fúngicas.

Análisis estadístico

Los efectos de los tratamientos sobre cada una de las variables determinadas fueron evaluados estadísticamente a través de ANVA factorial. Las medias significativamente diferentes entre sí se compararon por test LSD ($p < 0.05$). Para analizar el porcentaje de micorrización cumpliendo los supuestos del ANVA, se calculó la raíz cuadrada del arcoseno de los valores porcentuales (Jansa et al. 2008) aunque gráficamente se representen los porcentajes. La relación entre variables se estimó a través del análisis de correlación de Pearson ($p = 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los porcentajes de micorrización de maíz en estadíos iniciales del crecimiento fueron diferentes entre tratamientos (Figura 1). En V2 y V6, Lr presentó los valores más bajos de micorrización en las parcelas fertilizadas y sólo en V2 cuando no recibieron fertilización. La remoción del suelo afectó la iniciación de la infección pero las poblaciones se reestablecieron al nivel de Sd al transcurrir el ciclo del cultivo. Las plantas de maíz en Lr sin fertilización fueron las de mayor tasa de micorrización: 29% en V2 a 65% en R2. Sumado a la ruptura de propágulos, los suelos laboreados presentan una menor densidad de esporas de MA que aquellos que no fueron disturbados y esto se traduce en un menor potencial de micorrización del sistema (Galvez et al. 2001). Como era previsto los mayores niveles de

micorrización inicial se observaron en Cc (Figura 1). Sin embargo, estos valores nunca difirieron del sistema Sd con barbecho invernal. Lo cual permite suponer que la cantidad de propágulos, al no remover el suelo, no son severamente afectados por la ausencia de hospedantes durante el invierno. Kabir y Koide (2000), en cambio, observaron que independientemente del cultivo de cobertura, los porcentajes de micorrización y longitud de raíces micorrizadas de maíz fueron mayores en los tratamientos con cultivos de cobertura que en los sistemas con barbecho (i.e. mantenimiento del suelo libre de hospedantes de MA en el período intercultivo).

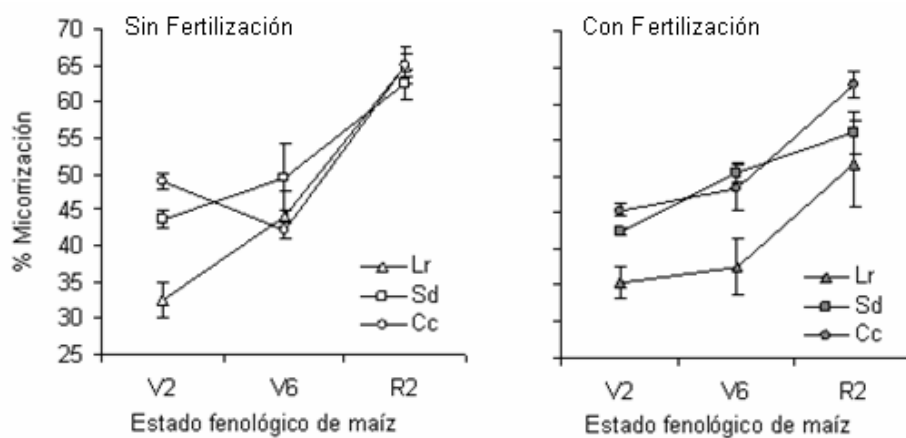


Figura 1: Porcentaje de micorrización de maíz en V2, V6 y R2 de cultivos en labranza reducida (Lr), siembra directa (Sd) y siembra directa con cultivo de cobertura invernal (Cc). Sin fertilización a la izquierda y la situación fertilizada a la derecha.

La concentración de fósforo de las plantas de maíz se presenta en la Tabla 2. En V2 todos los tratamientos mantuvieron valores similares entre sí. En cambio, en V6 se observaron diferencias entre tratamientos ($p < 0.01$) tanto en órganos aéreos como en raíces. En dicho estado fenológico las concentraciones medias de fósforo en tallos y hojas fueron de 2.79; 3.16 y 3.79 gP kg^{-1} para los tratamientos Lr, Sd y Cc, respectivamente (Tabla 2). McGonigle y Miller (1993) también observaron mayores niveles de fósforo en estados tempranos de maíz en los sistemas sin remoción de suelo que en los de siembra directa debido a que en éste se produjo un desarrollo temprano y rápido de la simbiosis micorrízica. Con el avance del ciclo del cultivo fue la fertilización, y no el sistema de cultivo, la variable responsable de las diferencias en concentración de fósforo de órganos aéreos ($p < 0.01$). Se observó una correlación positiva y significativa entre la producción de materia seca y su contenido total de fósforo con los porcentajes de micorrización en todas las parcelas sin fertilizar excepto Sd (Figura 2). Los estratos de puntos –inferior, medio, superior– en los gráficos de la Figura 2 corresponden a las medias de las variables “y” en V2, V6 y R2, respectivamente. La producción de biomasa aérea sólo fue diferente entre tratamientos en V2, sin interacción con la fertilización pero con el avance del ciclo del cultivo estas diferencias desaparecieron. Estos resultados coinciden con lo observado por Li et al. (2006) quienes no hallaron diferencias en el crecimiento de plantas de trigo con diferentes dosis de fertilización fosforada en suelos donde las micorrizas contribuyeron a la absorción de fósforo del cultivo. Jansa et al. (2008) mencionan el efecto de la funcionalidad complementaria de las poblaciones de micorrizas; es decir, no todas las MA producen sobre la planta el mismo efecto. En las parcelas fertilizadas sólo se observaron correlaciones entre variables en Sd. Li et al. (2005) también observaron que las MA correlacionaron con la producción de granos y el crecimiento de trigo cuando se agregaba una cantidad moderada de fertilizante fosforado.

Tabla 2: Concentración de fósforo en órganos aéreos y raíces de maíz en V2, V6 y R2 y p-values del ANVA factorial (letras distintas indican diferencias significativas en la columna)

Tratamiento	Fert.	Conc. P MS Aérea (gP kg ⁻¹)			Conc. P MS RAIZ (gP kg ⁻¹)		
		V2	V6	R2	V2	V6	R2
Labranza reducida	No	4.66	2.75 a	2.98 ab	3.00	2.02 ab	1.68
	Si	5.02	2.84 a	3.11 ab	2.30	1.84 a	1.62
Siembra directa	No	5.55	3.04 ab	2.66 a	2.56	2.12 ab	1.58
	Si	5.52	3.28 abc	3.05 ab	2.48	2.21 ab	1.57
Sd + Cult. cobertura	No	7.12	3.89 c	2.70 a	3.06	2.74 c	1.54
	Si	5.09	3.69 bc	3.46 b	2.50	2.36 bc	1.77
<i>p</i> -values							
Trat.		0.13	0.01	0.41	0.92	<0.01	0.88
Fert,		0.33	0.84	0.01	0.38	0.21	0.73
Trat. X Fert		0.13	0.68	0.22	0.70	0.30	0.69
DMS _{0.05}		0.80		0.54	0.45		

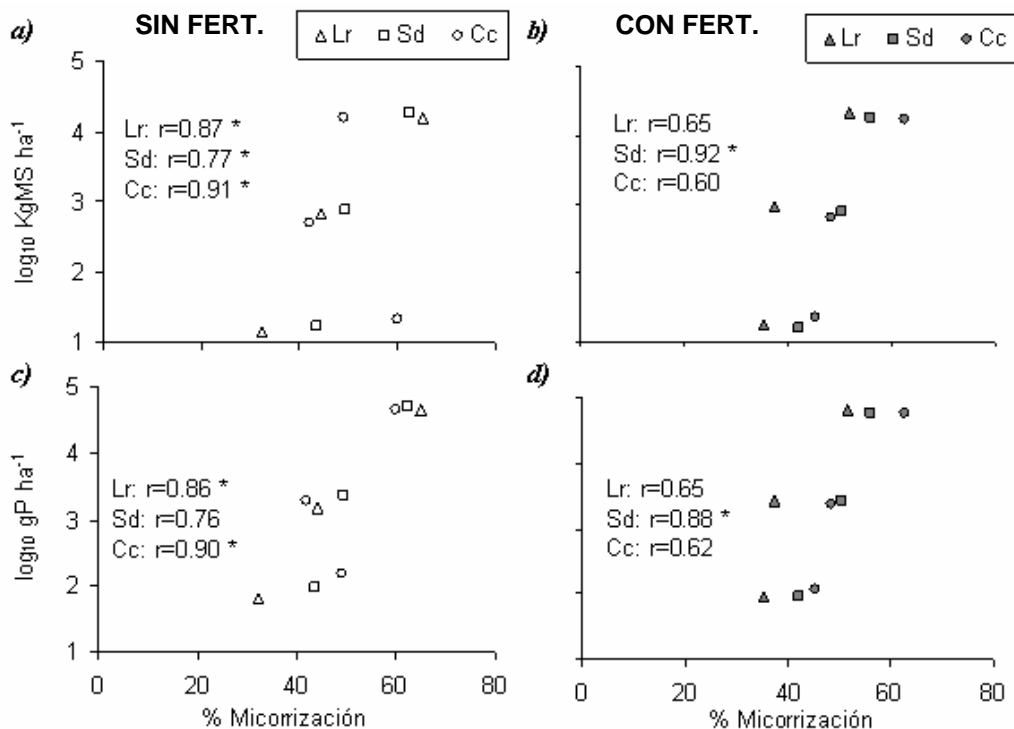


Figura 2: Correlaciones entre % de micorrización radical, la materia seca (a,b) y el P acumulado (c,d) de maíz en Lr, Sd y Sd + Cc, con fertilización (*derecha, figuras llenas*) y sin fertilización (*izquierda, figuras vacías*). Los asteriscos (*) se presentan junto a los coeficientes de correlación (r) si $p < 0.05$

En el estado de crecimiento inicial del cultivo del maíz (V2) la concentración de P en órganos aéreos no demostró diferencias entre tratamientos (Tabla 2). Sin embargo, los valores iniciales de micorrización (%) fueron diferentes en dicha etapa del crecimiento. En V2 la longitud infectada por micorrizas estuvo correlacionada ($p < 0.01$) con la concentración de P en órganos aéreos de las parcelas sin fertilizar (Figura 3). Los cm de raíz infectada por unidad de peso fresco en V2 fue diferente entre tratamientos: Lr 0.62, Sd 0.77 y Sd + Cc 0.75 cm g^{-1} PF. Para esta variable en Lr hubo diferencia entre las parcelas fertilizadas (0.73 cm g^{-1} PF) y las que no recibieron fertilización (0.51 cm g^{-1} PF). Pero como la longitud total tuvo la misma tendencia, el porcentaje de micorrización en las fertilizadas no superó al de las plantas sin historial de fertilización ($p > 0.05$). En ausencia de fertilización la concentración de P en las hojas de las plantas de maíz (V2) recayó sobre la longitud de raíz infectada (Figura 3).

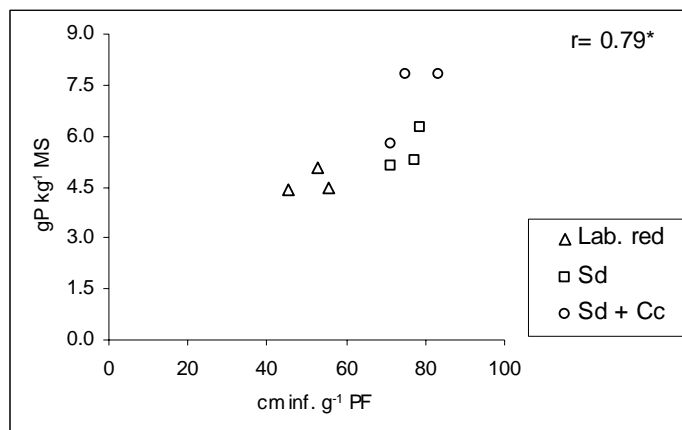


Figura 3: Correlación entre longitud radical infectada con micorrizas por unidad de peso fresco de raíces (cm inf. g^{-1} PF) y la concentración de fósforo en tallos y hojas de maíz en V6 sin fertilización, en tratamientos Lr, Sd y Sd + Cc. Se presenta coeficiente de correlación (r), el asterisco (*) indica su significancia estadística ($p < 0.01$)

CONCLUSIONES

Los diferentes sistemas de labranzas y fertilización afectaron significativamente los niveles iniciales de infección de maíz con micorrizas. El menor porcentaje de micorrización ocurrió en las plantas de maíz cultivadas con remoción del suelo. La incorporación de cultivos de cobertura invernales no se tradujo en un nivel de micorrización mayor al de siembra directa. Las micorrizas estuvieron directamente relacionadas con los valores de concentración de fósforo de hojas de maíz en V2 en las parcelas sin historial de fertilización. En general, se observó una relación directa y positiva entre los valores de micorrización con la producción de biomasa aérea y con la absorción de fósforo en las plantas sin fertilizar a pesar del elevado contenido de P Bray1 del suelo.

Estos resultados confirman el importante papel que las micorrizas desempeñan en la nutrición vegetal incluso en cultivos de elevada demanda de nutrientes durante su ciclo productivo y en suelos con elevada disponibilidad de fósforo.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de investigación fue financiado por el Proyecto Regional de Gestión Ambiental CORDO04 bajo la dirección del Ing. G. Hugo Marelli. Se contó con la colaboración del Laboratorio de Análisis de Suelo y Agua de la EEA Marcos Juárez a cargo del Bqco. Claudio Lorenzón quien gentilmente siempre cedió todos los medios necesarios para este trabajo. Las autoras agradecen



Semiárido: un desafío para la Ciencia del Suelo

13 al 16 de mayo de 2008

Potrero de los Funes (SL), Argentina



AACCS
ASOCIACION ARGENTINA
CIENCIA DEL SUELO

especialmente al Ing. Agr. Carlos Galarza por permitirnos realizar las determinaciones en el ensayo de larga duración que lleva adelante.

BIBLIOGRAFIA

- Abbot L.K y A.D. Robson. 1991. Factors influencing the occurrence of vesicular-arbuscular mycorrhizas. *Agriculture Ecosystems and Environment*. 35: 121-150
- Bucher.M. 2007. Functional biology of plant phosphate uptake at root and mycorrhiza interfaces. *New Phytologist* 173: 11-26
- Galvez L., D.D. Douds Jr., L.E. Drinkwater & P. Wagoner. 2001. Effect of tillage and farming system upon VAM fungus populations and mycorrhizas and nutrient uptake of maize. *Plant and Soil* 228: 299-308
- Jansa J., F.E. Smith y S.E. Smith. 2008. Are there benefits of simultaneous root colonization by different arbuscular mycorrhizal fungi? *New Phytologist* 177: 779-789
- Kabir Z. y R.T. Koide. 2000. The effect of dandelion or a cover crop on mycorrhiza inoculum potencial, soil aggregation and yield of maize. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 78: 167-174
- Kurle JE, Pflieger FL. 1994. The effects of cultural practices and pesticides on VAM fungi. In: Pflieger FL, Linderman RG, eds. *Mycorrhizae and plant health*. APS Press. 101-131.
- Li H., S.E. Smith, R.E. Holloway, Y. Zhu y F.A. Smith. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi contribute to phosphorus uptake by wheat grown in a phosphorus-fixing soil even in the absence of positive growth responses. *New Phytologist* 172: 536-543
- Li H., Y.G. Zhu, P. Marschner, F.A. Smith y S.E. Smith. 2005. Wheat responses to arbuscular mycorrhizal fungi in a highly calcareous soil differ from those of clover, and change with plant development and P supply. *Plant and Soil* 277: 221-232
- Newman, E.I. 1966. A method of estimating the total length of root in a sample. *Journal of Applied Ecology*. 3:139
- McGonigle T.P. y M.H. Miller. 1993. Mycorrhizal development and phosphorus absorption in maize under conventional and reduced tillage. *Soil Science Society American Journal* 57: 1002-1006
- Murphy J. y J.P. Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta* 27: 31-36
- Peterson R.L., H.B. Massicotte y L.H. Melville. 2004. Arbuscular mycorrhizas. En: *Mycorrhizas: Anatomy and Cell Biology*. NRC-CNRC. Research Press. Ottawa. Canada. Chap.3: 57-79
- Sieverding E. 1991. Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza management in Tropical Agrosystems. *Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, GTZ N° 224*. Eschborn.