

RESPUESTAS DE UN CULTIVO DE AVENA EN SIEMBRA DIRECTA A LA FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y BIOLÓGICA EN UN AMBIENTE MARGINAL

Andrea Bolletta, Santiago Venanzi y Hugo Krüger
EEA INTA Bordenave, CC 44 (8187) Bordenave

INTRODUCCIÓN

En los ecosistemas naturales se encuentran asociaciones mutualísticas altamente evolucionadas, entre las raíces de las plantas y algunos hongos del suelo, denominados micorrizas arbusculares (Giovannetti y Sbrana, 1998). Mediante esta simbiosis el hongo se nutre de las fuentes carbonadas que le provee la planta, y esta logra aumentar la absorción de agua y nutrientes debido a la mayor superficie de exploración que alcanza por el gran volumen de suelo que ocupan las hifas de estos hongos. Estas asociaciones han coevolucionado a través del tiempo y el 95 % de las especies vegetales forman este tipo de simbiosis. Para algunas plantas esta asociación es indispensable; el grado de dependencia varía entre las especies vegetales, particularmente inciden la morfología de las raíces y las condiciones del suelo y del clima. En la etapa inicial de infección, estos hongos forman una red de hifas alrededor de las raíces que absorben los nutrientes desde el suelo y se los transfieren a la planta. Además tienen la capacidad de solubilizar los compuestos no disponibles como el fósforo orgánico del suelo (Fox *et. al.*, 1990), siendo esto de gran importancia en ambientes donde la disponibilidad de nutrientes es escasa pero potencialmente presentan una gran fuente orgánica.

Si bien las asociaciones micorrízicas se consideran en general no específicas, es decir, que cualquier hongo simbiote puede colonizar cualquier planta receptiva, existen sin embargo preferencias o una mejor afinidad-compatibilidad entre determinadas parejas hongo-planta.

Resultados obtenidos por Rodríguez Cáceres *et. al.* (1996) muestran que la respuesta a la inoculación varía en función del grado de fertilidad y la disponibilidad de agua de los suelos, destacando la gran importancia que puede adquirir la relación cepa-cultivar. Los fertilizantes causan un descenso de la actividad micorrízica, pudiendo llegar a inhibirse dichos hongos en suelos excesivamente fértiles. Por otro lado, las formaciones micorrízicas están influenciadas por la humedad del suelo y la aireación. Se presume que el crecimiento miceliar decrece a una baja concentración de oxígeno, debido a que todos estos hongos micorrízicos son aeróbicos. En efecto, la formación de micorrizas se inhibe en suelos arcillosos, debido a la dificultad de las raíces para penetrar en este, así como también por una pobre aireación.

Talukdar y Germida (1994) encontraron que la respuesta del trigo a la inoculación puede ser muy variable y depende del tipo de suelo, los cultivares y las cepas de hongos. En ambientes con deficiencia de agua y nutrientes las hifas externas pueden conducir a un incremento en el crecimiento vegetativo y reproductivo de las especies vegetales. Los hongos micorrízicos aumentan la absorción de fósforo, cinc, azufre, calcio, cobre, molibdeno y boro en las plantas (Burbano, 1989 y Sánchez, 1999); y por lo tanto, favorecen la fijación biológica del nitrógeno cuyo proceso exige una elevada cantidad de fósforo y molibdeno redundando en una mayor actividad nitrogenasa o tenor de nitrógeno (Silveira, 1992). Debido a estas condiciones, las plantas micorrizadas a menudo son más competitivas y toleran mejor los estreses ambientales que las plantas sin micorrizar. Por

otro lado, es importante destacar el rol que cumplen las micorrizas en la protección de las raíces contra el ataque de hongos patógenos del suelo como *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Phytium*.

El uso de hongos micorrízicos en cultivos de la región podría ser una herramienta interesante para situaciones de producción marginales. Allí las aplicaciones de fertilizantes químicos suelen verse dificultadas por el carácter aleatorio de la respuesta y la fertilización biológica podría enmarcarse, además, en planteos de producción orgánica. La hipótesis de trabajo considera que la biofertilización con hongos micorrízicos puede mejorar la producción de biomasa y grano de avena en condiciones de baja fertilidad nativa del suelo. **Los objetivos de este trabajo fueron: a) conocer la respuesta del cultivo de avena a la inoculación con hongos micorrízicos, y b) conocer su relación con la respuesta a fertilizantes químicos tradicionales.**

MATERIALES Y METODOS

El experimento se desarrolló durante el año 2002 en la Estación Experimental INTA Bordenave (pdo. de Puán, provincia de Bs. As.). Se utilizó un biofertilizante comercial (CRINIGAN ®), que induce la formación de micorrizas en las raíces de las plantas hospedadoras e incluye, además, bacterias fijadoras de nitrógeno.

El lote seleccionado provenía de una larga secuencia agrícola bajo labranza convencional, con trigo como cultivo antecesor. El suelo, clasificado como Haplustol éntico, franca gruesa, mixta, térmica presentaba bajas condiciones de fertilidad química y física. El contenido de materia orgánica (método de Walkley y Black; Nelson y Sommers, 1982) en la capa 0-12 cm osciló entre 0,93 y 1,82 %, el valor medio de fósforo extractable (Bray y Kurtz N°1) fue de 11.2 ppm y el pH de 6.35 (relación suelo agua 1:2,5). El fraccionamiento de fósforo en esta capa indicó, a su vez, bajos valores de fósforo orgánico (112,5 ppm) e inorgánico (221,0 ppm), en relación con suelos similares de la región.

El cultivo de avena, var. Suregrain, se sembró en siembra directa el 25 de marzo, con 90 kg ha⁻¹ de semilla. Previo a la siembra se aplicaron 2 l ha⁻¹ de glifosato junto con 400 cm³ ha⁻¹ de 2,4 D y 150 cm³ ha⁻¹ de humectante.

Se consideró un diseño experimental en bloques completos aleatorizados con parcela dividida, con el fertilizante químico como factor principal (unidad experimental de 360 m²), y el fertilizante biológico como factor secundario (unidad experimental de 180 m²); se realizaron cuatro repeticiones. El factor fertilizante químico incluyó cuatro niveles: Testigo sin fertilizante, Nitrógeno (30 kg N ha⁻¹ en forma de urea, incorporada a la siembra en línea separada de la semilla), Fósforo (60 kg ha⁻¹ de Superfosfato Triple de Calcio aplicado junto con la semilla), y Nitrógeno + Fósforo (30 kg N ha⁻¹ y 60 kg ha⁻¹ de Superfosfato Triple de Calcio). El factor fertilizante biológico incluyó dos niveles: Control (sin fertilizante biológico) e Inoculante (8 g inoculante kg semilla⁻¹, aplicado en seco momentos antes de la siembra).

Se realizaron las siguientes determinaciones: recuento de plantas en emergencia; producción de materia seca y área foliar al macollaje de la avena; porcentaje de colonización por micorrizas arbusculares (Giovannetti y Mosse, 1980), en dos de las cuatro repeticiones; producción de materia seca y calidad del forraje (% de proteína bruta, % de digestibilidad de la materia seca, % de digestibilidad de la materia orgánica, energía metabólica y % de carbohidratos no estructurales solubles), contenido de N y P en tejido en encañazón; rendimiento en grano, número de espigas m⁻², número de antecios espiga⁻¹, peso de 1000 granos y % de proteína en grano en madurez fisiológica.

Los datos fueron analizados con ANOVA. Cuando los tests F fueron significativos, se realizaron comparaciones de medias mediante la prueba de SNK ($\alpha = 0.05$), o con contrastes ortogonales en caso de interacción entre factores.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las condiciones climáticas durante la campaña fueron adversas aunque no excepcionales. El cultivo sufrió un ligero estrés hídrico durante sus primeras etapas debido al bajo contenido de humedad del suelo a la siembra, y a precipitaciones menores que la media histórica en el otoño (Tabla 1). Posteriormente una secuencia de fuertes heladas durante junio y julio afectó drásticamente la biomasa aérea, llegándose a temer la desaparición del cultivo.

Tabla 1 - Temperatura mínima en casilla meteorológica, a 0,05m sobre la superficie del suelo, número de días con helada a 0,05m y precipitación media mensual en Bordenave.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
T min. 1.5m(°C)	14.4	11.7	7.2	6.8	6.4	0.1	1.9	4.6	4.4	7.4	8.6	12.4
T 0.05 m. (°C)						-4.6	-3.2					
Heladas*	0	0	1	8	10	25	20	11	12	3	2	0
Precipitación 2002 (mm)	13.5	89.0	42.5	50.3	56.5	4.0	34.5	105.5	27.0	91.0	113.0	61.5
Precipitación 1928-2002 (mm)	73.1	68.1	97.2	54.6	39.4	25.8	22.0	22.5	45.2	75.2	72.3	76.6

* N° de días con heladas: total de heladas a 0.05 m sobre el suelo.

El recuento de plantas en emergencia (datos no presentados), no mostró efectos significativos de los factores fertilización química o biológica ($p > 0.20$). Hipotéticamente la presencia de los hongos micorrízicos en la zona radical del cultivo podría derivar en efectos positivos o negativos. En el primer caso la protección de las raíces contra potenciales patógenos o el suministro efectivo de nutrientes podría favorecer el arranque del cultivo. Por el contrario, una demanda temprana de elementos carbonados por parte de los hongos micorrízicos podría afectar las plántulas de avena bajo estrés hídrico, disminuyendo su población. La información obtenida no confirma ninguna de estas hipótesis. Otros estudios han observado que al existir serias deficiencias de N y P disponibles se impide la formación micorrízica y el crecimiento radical, pero si la deficiencia de uno de estos nutrientes es moderada la infección se lleva a cabo.

La determinación de los niveles de colonización por hongos micorrízicos, aunque a nivel simplemente exploratorio, indicó una escasa diferencia entre los tratamientos inoculados y no inoculados (60 y 40 % de colonización respectivamente). Esto sugiere la existencia de cepas nativas en el suelo. Las cepas nativas suelen ser mucho más agresivas que las introducidas en los primeros años de inoculación, pero en general resultan menos eficientes. En el mediano-largo plazo, la inoculación continua de los suelos con hongos seleccionados puede incrementar la eficiencia de la simbiosis, y esto debería producir efectos más definidos sobre el crecimiento de los cultivos.

Al macollaje, en forma visual, el cultivo no mostró diferencias de biomasa aérea atribuibles al fertilizante biológico, y sí efectos muy débiles del fertilizante químico. Determinaciones parciales realizadas en dos repeticiones (Tabla 2), solo mostraron mayor biomasa aérea con el agregado de N en tratamientos sin inocular ($p < 0.05$). El área foliar fue afectada por el fertilizante químico (datos no presentados), siendo los valores con el agregado de NP mayores que con N y P aplicados independientemente y estos que el Testigo sin fertilizante ($p < 0.05$).

TABLA 2 - Biomasa aérea de avena en macollaje, en función de los factores fertilización química y biológica.

Fertilización Biológica	Fertilización química				Medias Fert. biológ.
	Testigo	Nitrógeno	Fósforo	Nitrógeno+Fósforo	
	----- kg MS ha ⁻¹ -----				
Control	340	667 ^a	442	410	465 ^{ns}
Inoculado	349	381 ^b	525	409	416 ^{ns}
Medias Fert. químico	344 ^{ns}	524 ^{ns}	484 ^{ns}	409 ^{ns}	

Las letras en minúsculas corresponden a la separación de medias para el Fertilizante Biológico en el tratamiento con Nitrógeno.

En la etapa de encañazón la producción de biomasa aérea fue reducida y mostró, nuevamente, efectos del fertilizante químico (Fig.1). El agregado de NP y N a la siembra produjo mayor biomasa que la fertilización con P y el Testigo. Esto resulta relativamente consistente con los ligeros efectos observados en macollaje. Aunque el fertilizante biológico no produjo efectos significativos, las plantas inoculadas del nivel NP produjeron más biomasa que las no inoculadas.

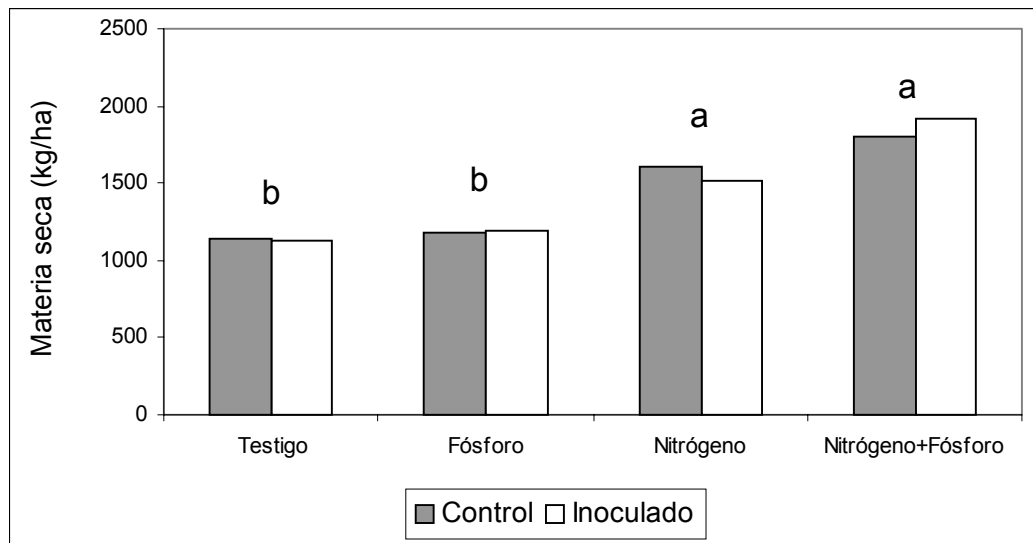


Figura 1 – Biomasa aérea de avena en encañazón, en función de los factores fertilización química y biológica. Para los niveles de fertilización química letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$). Los niveles de fertilización biológica no presentaron diferencias estadísticas.

El recuento de plantas en esta etapa indicó efectos del fertilizante químico (Tabla 3): la aplicación de NP a la siembra determinó mayor cantidad de plantas por unidad de superficie que el resto de los tratamientos ($p < 0.05$). Posiblemente en un ambiente de mayor fertilidad la mortandad de plantas por heladas fue de menor magnitud que en los restantes tratamientos. La inoculación no mostró efectos significativos sobre la población de avena. El número de macollos por planta osciló entre 3 y 5, sin que se observaran efectos de los factores bajo estudio (datos no presentados).

Se observó relación positiva y significativa entre el número de plantas y la biomasa aérea ($p = 0.03$, $R^2 = 0.14$), indicando que el mayor número de plantas atribuido al fertilizante químico se tradujo en una mayor biomasa aérea en encañazón.

TABLA 3 – Número de plantas de avena y número de macollos por planta en la etapa de encañazón, en función de los factores fertilización química y biológica.

Fertilización Biológica	Testigo	Nitrógeno	Fósforo	Nitrógeno+Fósforo	Medias Fert. biológ.
	----- plantas m ⁻² -----				
Control	329	301	262	412	326^{ns}
Inoculado	321	348	302	391	341^{ns}
Medias Fert. químico	325^A	325^A	282^A	402^B	

Las letras mayúsculas corresponden a la separación de medias para el factor Fertilización Química. Los niveles de Fertilización Biológica no presentaron diferencias estadísticas.

Las variables relacionadas con la calidad del forraje (% de proteína bruta, % de digestibilidad de la materia seca, % de digestibilidad de la materia orgánica, energía metabólica y % de carbohidratos no estructurales solubles), no fueron afectadas por la fertilización química ni por la inoculación con micorrizas ($p > 0.20$) (datos no presentados).

Ninguno de los factores estudiados afectó individualmente el contenido de P en planta (Tabla 4), aunque se observó interacción entre ambos factores ($p < 0.02$). En los tratamientos sin inocular, la fertilización con N incrementó el contenido de P en tejido respecto de los restantes tratamientos ($p < 0.06$). La aplicación de P como fertilizante no produjo, en cambio, efectos sobre el contenido de este elemento en los tejidos de avena. Prystupa *et. al.* (2002) observaron mayor absorción de P por raíces de cebada como respuesta a la fertilización con N. Explicaron este resultado por incrementos en la densidad radical del cultivo, determinados por la fertilización con N, que posibilitaron una mayor intercepción del P por las raíces. Es conocido que este elemento es prácticamente inmóvil en el suelo y su absorción se realiza por difusión desde muy cortas distancias respecto de la superficie de la raíz.

En el presente experimento, para los restantes niveles de fertilización química, incluido NP, los tratamientos inoculados mostraron valores de P ligeramente superiores que los no inoculados. Posiblemente una mayor superficie de absorción determinada por la presencia de asociaciones micorrízicas activas favoreció la absorción de P. Este efecto habría sido compensado, en las plantas no inoculadas, por el incremento en la densidad radical producido por el N.

El contenido de N, por su parte, mostró efectos más definidos del fertilizante químico (Tabla 4). Los tratamientos con aplicaciones de N y NP incrementaron el contenido de N en tejido respecto del fertilizado con P y del Testigo sin fertilizar ($p < 0.05$). La inoculación con hongos micorrízicos no afectó, en este caso, el contenido de N en planta. Otras experiencias de inoculación realizadas en *Vicia sativa* (Frontera, 1983), mostraron en cambio aumentos en el contenido de nutrientes en planta del orden de 2,7 % para el nitrógeno, y del 15,5 % para el fósforo, en tratamientos inoculados respecto de testigos sin inocular.

TABLA 4 - Contenidos de Fósforo (P) y Nitrógeno (N) en tejidos de avena en encañazón, en función de los factores fertilización química y biológica.

Fertilización Biológica	Fertilización química				Medias Fert. biológ.
	Testigo	Nitrógeno	Fósforo	Nitrógeno+Fósforo	
	----- P g kg ⁻¹ -----				
Control	0.77 ^B	0.97 ^A	0.77 ^B	0.82 ^B	0.83^{ns}
Inoculado	0.81	0.83	0.80	0.90	0.84^{ns}
Medias Fert. químico	0.79^{ns}	0.90^{ns}	0.79^{ns}	0.86^{ns}	
	----- N g kg ⁻¹ -----				
Control	16.92	18.77	16.32	18.22	17.56^{ns}
Inoculado	16.20	17.52	16.85	18.38	17.24^{ns}
Medias Fert. químico	16.56^B	18.15^A	16.59^B	18.30^A	

Las letras en mayúsculas corresponden a la separación de medias para el Fertilizante Químico. Los niveles de fertilización biológica no presentaron diferencias estadísticas.

Los rendimientos en grano del cultivo de avena fueron bajos y coherentes con las condiciones climáticas en que desarrollara el cultivo (Fig.2). Ambos factores tuvieron efectos sobre los rendimientos, con mayor peso del factor fertilización química ($p < 0.02$), respecto del factor fertilización biológica ($p < 0.12$).

El efecto de la fertilización biológica sobre los rendimientos fue variable según el nivel de fertilización química ($p < 0.11$ para la interacción entre factores). No se observaron incrementos atribuibles a la inoculación en el Testigo sin fertilizar, ni en los niveles P y N. Solamente con la aplicación de NP el rendimiento de las plantas inoculadas fue mayor que el de sus testigos sin inoculación ($p < 0.01$). Este efecto representó un incremento del 33 % en el rendimiento y sustenta la hipótesis que en condiciones de muy baja fertilidad nativa el fertilizante biológico no produciría mayores efectos.

En un estudio sobre el comportamiento de variedades de trigo en distintas regiones agroecológicas (Frontera, 1994), se observaron aumentos promedio del 19.5 % en el rendimiento en grano por efecto de la inoculación con hongos micorrízicos. En otra experiencia con trigo en el sur de la provincia de Buenos Aires, Bolletta y Rodríguez (2002) midieron incrementos de rendimiento de hasta el 50 % en tratamientos inoculados con estos hongos.

La producción de grano por el cultivo, en respuesta a la aplicación del fertilizante químico, continuó la tendencia expresada por la biomasa en encañazón (también con mayor producción en los niveles N y NP), y prueba que una de las principales limitantes nutricionales en esta experiencia fue el nitrógeno. Esto resulta coherente con los bajos valores de materia orgánica del suelo y la historia del lote. Los reducidos rendimientos, aún con fertilización, se explicarían por las características ambientales ocurridas durante

el ciclo de cultivo. La precipitación resultó insuficiente durante las primeras etapas vegetativas, y luego el cultivo fue seriamente afectado por heladas lo que le impidió aprovechar las abundantes lluvias de Agosto para definir un mejor rendimiento potencial.

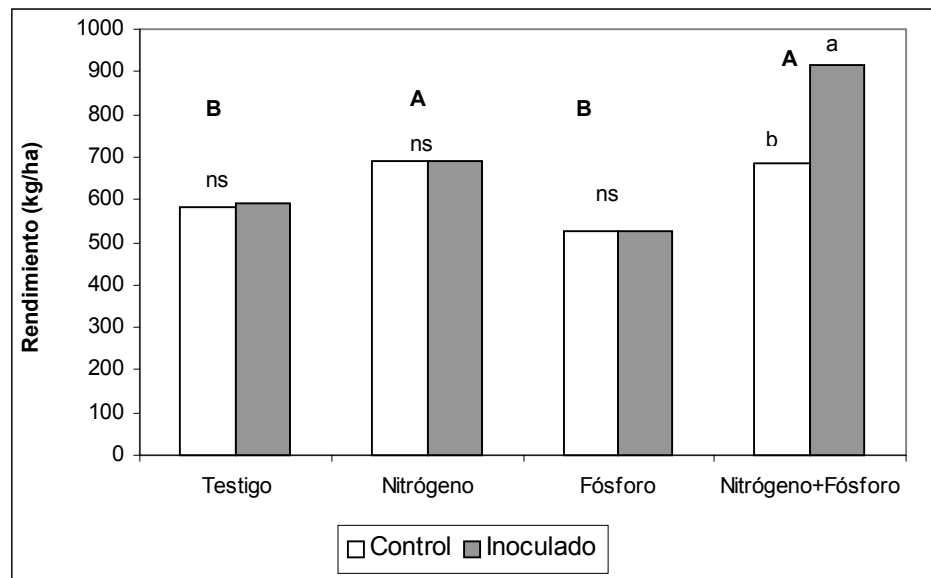


Figura 2 – Rendimiento en grano de avena en función de la fertilización química y biológica. Las letras en mayúscula corresponden a la separación de medias para el factor Fertilización Química y las letras en minúsculas corresponden a la separación de medias para el factor Fertilización Biológica.

El aumento en los rendimientos en el nivel NP tuvo relación con el incremento en el número de espigas por unidad de superficie. Este resultó mayor en las plantas inoculadas que en el testigo sin inocular ($p < 0.05$). Un efecto similar, aunque no significativo se observó en el nivel N.

Tinker (1975), y Mc. Gonigle y Miller (1993), describen una curva de colonización de hongos micorrízicos de tipo sigmoideal. Esta presenta una fase de latencia corta (15-19 días después de la siembra), seguida por una rápida colonización radical que se hace máxima a los 50 días de la siembra. La curva finaliza en una fase estacionaria, o decae lentamente hacia la madurez del cultivo de trigo. A partir de estos resultados se puede inferir una mayor efectividad de la simbiosis entre macollaje y espigazón; esto puede haber favorecido el desarrollo de biomasa y el mayor número de espigas por unidad de superficie observado en el tratamiento NP. Bajo condiciones de precipitación favorable en la etapa espigazón-madurez fisiológica, el mayor rendimiento potencial se tradujo en rendimiento efectivo.

El número de antecios por espiga fue afectado por el fertilizante químico únicamente (datos no presentados). Las plantas con N y NP desarrollaron mayor cantidad de antecios que las de los niveles P y Testigo ($p < 0.05$). Por el contrario, el peso de 1000 granos resultó afectado en mayor medida por el fertilizante biológico ($p < 0.07$), que por el químico ($p < 0.13$) (Tabla 5).

TABLA 5 – Valores promedio de peso de 1000 granos en función de los factores fertilización química y biológica.

Fertilización Biológica	Fertilización química				Medias Fert. Biológ.
	Testigo	Nitrógeno	Fósforo	Nitrógeno+Fósforo	
-----Peso de 1000 granos -----					
Control	39.3	39.8	40.0	38.5	39.4 ^a
Inoculado	37.5	39.1	38.5	36.4	37.9 ^b
Medias Fert. químico	38.4 ^{ns}	39.5 ^{ns}	39.2 ^{ns}	37.5 ^{ns}	

Las letras en minúsculas corresponden a la separación de medias para el factor Fertilización Biológica. Los niveles de fertilización química no presentaron diferencias estadísticas.

Este efecto, negativo, con menor peso en los tratamientos inoculados se relaciona con un mayor número de granos por unidad de superficie en estos últimos. Aunque el incremento resultó significativo solo en el nivel NP ($p < 0.01$), los tratamientos inoculados presentaron un mayor número de granos por unidad de superficie.

El contenido de proteína en grano fue relativamente bajo, con valores cercanos al 10% en todos los tratamientos (datos no presentados). Ninguno de los factores estudiados produjo efectos sobre esta variable ($p > 0.20$). El hecho que, aún con bajos rendimientos, el cultivo no derivara N excedente al grano indicaría que la deficiencia de este elemento no fue totalmente cubierta por la fertilización con 30 kg N ha^{-1} . Esto explicaría que no se inhibiera la simbiosis en un ambiente de mayor fertilidad química provista por el fertilizante.

CONCLUSIONES

En líneas generales la influencia de la simbiosis hongos micorrízicos-avena sobre la producción y calidad del cultivo ha sido débil. En el caso de las variables que mostraron efectos favorables (biomasa, rendimiento y número de espigas por unidad de superficie), la respuesta se produjo en interacción con el fertilizante químico y no en forma independiente. Es muy probable que la baja fertilidad nativa de este suelo, y las condiciones climáticas adversas hayan sido condicionantes de estos resultados.

La presunta existencia de cepas nativas en el suelo, más agresivas pero menos eficientes, puede haber interferido también con la expresión del factor fertilización biológica.

Los resultados generados en una única campaña permiten inferir, en forma muy preliminar, que en condiciones muy adversas de suelo y clima no cabría esperar un gran impacto de la fertilización, sea esta química o biológica. Esta conclusión, sobradamente conocida en el caso de la fertilización química, rechaza la hipótesis inicial de un efecto importante de la fertilización biológica sobre la producción de cultivos con siembra directa en áreas marginales.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Empresa CRINIGAN S.A. la provisión de inoculantes y la financiación de la presente experiencia.

BIBLIOGRAFÍA

- Bolletta A. y Rodríguez C. 2002. Efecto de la inoculación conjunta bacteria-micorriza sobre los componentes del rendimiento de trigo bajo siembra directa. En: Actas XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo en Puerto Madryn, Chubut.
- Burbano, H. 1989. El Suelo: Una visión sobre sus componentes bioorgánicos. Universidad de Nariño. 447 p.
- Fox T.R., N.B. Comerford y W.W. McFee. 1990. Kinetics of phosphorus release from spodosols: Effects of oxalate and formate. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54: 1441-1447.
- Frontera G. 1983. Efecto de la inoculación conjunta *Rhizobium* – Micorriza en *Vicia sativa*. En: Boletín Técnico para plantas leguminosas. Inoculante Fertilizante *Rhizobium*-Micorriza.
- Frontera G. 1994. Respuesta de 23 variedades de Trigo a la biofertilización combinada (micorrizas - bacterias). II Feria Congreso Latinoamericano de Biotecnología y I Congreso Argentino de Biotecnología.
- Giovannetti M. y Mosse B. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist* 84: 489-499.
- Giovannetti M. y Sbrana. 1998. Meeting a non-host: behaviour of AM fungi. *Mycorrhiza* (1998) 8: 123-130.
- Mc Gonigle T.P. y Miller M.H. 1993. Mycorrhizal development and phosphorus absorption in maize under conventional and reduced tillage. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57: 1002-1006.
- Nelson D.W. y L.E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: Page A L et. al. (Eds). *Methods of soil analysis. Part 2. Agronomy 9, 2nd edition*, Am. Soc. of Agronomy Madison, Wi. Pp. 539-579.
- Prystupa P., Savin R. y Slafer G.A. 2002. Crecimiento radical de cebada cervecera en respuesta a la fertilización nitrogenada y fosforada. Actas XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Pto. Madryn. Chubut.
- Rodríguez Cáceres E.A., Di Ciocco C., Pacheco Basurco J.C. 1996. Influencia de la inoculación con *Azospirillum brasiliense* en trigo cultivado en suelos de la provincia de La Pampa, argentina. *Ciencia del Suelo* 14: 110-112.
- Sánchez, M. de P. 1999. Endomicorrizas en agroecosistemas colombianos. Universidad Nacional de Colombia. Palmira. 227 p.
- Silveira A.P.D. 1992. Micorrizas. *Microbiología do Solo. Sociedade Brasileira de Ciencia do Solo Campinas (SP) Brasil.* 360 p.
- Talukdar N.C. y Germida J.J. 1994. growth and yield of lentil and wheat inoculated with three *Glomus* isolates from Saskatchewan soils. *Mycorrhiza* 5: 145-152.
- Tinker P.B. 1975. Soil chemistry of phosphorus and mycorrhizal effects on plant growth. In: pp. 353-371. FE Sanders, B Mosse, and PB Thinker (eds), *Endomycorrhizas*. Academic Press, London.