

ESTRATEGIAS DE INOCULACIÓN EN SOJA DE PRIMERA

Ings. Agrs. Gustavo Ferraris y Lucrecia Couretot

Proyecto Regional Agrícola-CERBAN. Area de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino.
Av Frondizi km 4,5 (2700) Pergamino

Introducción

El nitrógeno (N) es el nutriente requerido en mayor cuantía por todos los cultivos. Deficiencias de este elemento reducen severamente los rendimientos, al restringir la expansión foliar durante las primeras etapas del ciclo, y afectar la fijación de granos en el período reproductivo. La soja, lejos de escapar a esta tendencia, es una de las especies que mayores cantidades de N necesita acumular durante su ciclo, ya que se trata de un cultivo con elevado contenido de proteína en sus granos. La bibliografía menciona requerimientos que oscilan entre 60 y 80 kg N por tonelada de grano (Andrade et al., 1996; EMBRAPA, 1993; Ferraris, 2001; García, 2000; González, 2000; Scheiner et al., 1999). Para cubrir tal demanda, además de la absorción del nutriente desde el suelo, esta y otras especies de la familia de las Leguminosas han desarrollado el mecanismo de la fijación biológica de N (FBN), a partir de la asociación con bacterias del suelo pertenecientes a la familia de las Rhizobiáceas (Racca, 2002), en el caso de la Soja *Bradyrhizobium japonicum*.

La práctica más recomendable para lograr que la FBN sea una fuente importante de N para el cultivo es la inoculación con cepas de *Bradyrhizobium japonicum* incorporadas por medio de inoculantes de alta calidad (Gutiérrez Boem y Scheiner, 2005; Ferraris, 2006). La respuesta a la inoculación es mayor cuando los lotes no cuentan con antecedentes de Soja (Racca, 2002). No obstante, también se ha observado respuesta a la reinoculación en lotes con historia sojera previa (Diaz Zorita et al., 2004). Ensayos conducidos por nuestro grupo de trabajo indican una respuesta media superior al 8 %, y estadísticamente significativas en el 80 % de los casos (Ferraris y Couretot, 2006).

En los últimos años, la difusión de ensayos con respuesta positiva en rendimiento, y el desarrollo de nuevas prácticas de inoculación sumado a productos comerciales de alta calidad, ha posibilitado una adopción creciente de la práctica por parte de los productores, estimándose hoy que más del 70 % de la superficie de soja es inoculada (Perticari, comunicación personal).

El objetivo de este ensayo fue evaluar el efecto sobre la nodulación y el rendimiento de dos inoculantes diferentes estrategias de inoculación - preinoculado y a la siembra- sin o con uso de fungicidas. Hipotetizamos que estos tienen la capacidad para mejorar la nodulación y con ello el rendimiento del cultivo.

Materiales y métodos:

El ensayo se implantó el día 21 de noviembre de 2007 en SD, con antecesor soja de primera. El sitio experimental registra una rotación agrícola continua con varios cultivos de soja en la secuencia. La variedad sembrada fue Nidera A 4613 R, en hileras espaciadas a 32 cm. El sitio experimental fue fertilizado con 200 kg ha⁻¹ de superfosfato simple de calcio (0-9-0-12S) incorporado en líneas cruzadas al sentido de siembra, dos días previos a la misma.

El diseño del ensayo fue en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Los tratamientos evaluados se detallan en la Tabla 1:

Tabla 1: *Tratamientos evaluados en el ensayo*

Denominación	Inoculante	Fungicida	Momento de aplicación
T1. Testigo			
T2. Br + Mic (s)	Bradyrhizobium + Micorrizas		Siembra
T3. Br + Mic (pre)	Bradyrhizobium + Micorrizas		Preinoculado 7 d.a.s.
T4. Br + Mic + Fung (s)	Bradyrhizobium + Micorrizas	Thiram 35% + Carbendazim 15 %	Siembra
T5. Br + Mic + Fung (pre)	Bradyrhizobium + Micorrizas	Thiram 35% + Carbendazim 15 %	Preinoculado 7 d.a.s.

Al momento de la siembra se realizó un análisis químico de suelo, cuyos resultados se detallan en la Tabla 2:

Tabla 2: *Análisis de suelo al momento de la siembra*

Profundidad	PH	Conductividad (ds/m)	Materia Orgánica	N total	Fósforo disponible
	agua (1:2,5)		%		ppm
0-20 cm	5,6	0,50	2,57	0,128	12

En el estado V3 se realizó una evaluación de infectividad, considerando infectivas aquellas plantas con más de tres nódulos activos. En R5 se cuantificó el número de nódulos efectivos en raíz principal (RP) y secundaria (RS) en cinco plantas por parcela, y el peso seco de los nódulos en igual número de plantas del bloque I. En el mismo estado, se realizó una estimación indirecta del contenido de N por medio del medidor de clorofila Minolta Spad 502, el cual determina la intensidad de verde mediante una lectura no destructiva. En madurez de cosecha se recolectó una muestra de 3m², y sobre ella se determinó el rendimiento de grano.

Resultados y discusión

a) Condiciones climáticas de la campaña

Las precipitaciones fueron escasas, haciendo que el cultivo se mantuviera en déficit hídrico durante 50 días, desde inicios de enero hasta finales de febrero (Figura 1). El déficit total acumulado alcanzó a 148 mm.

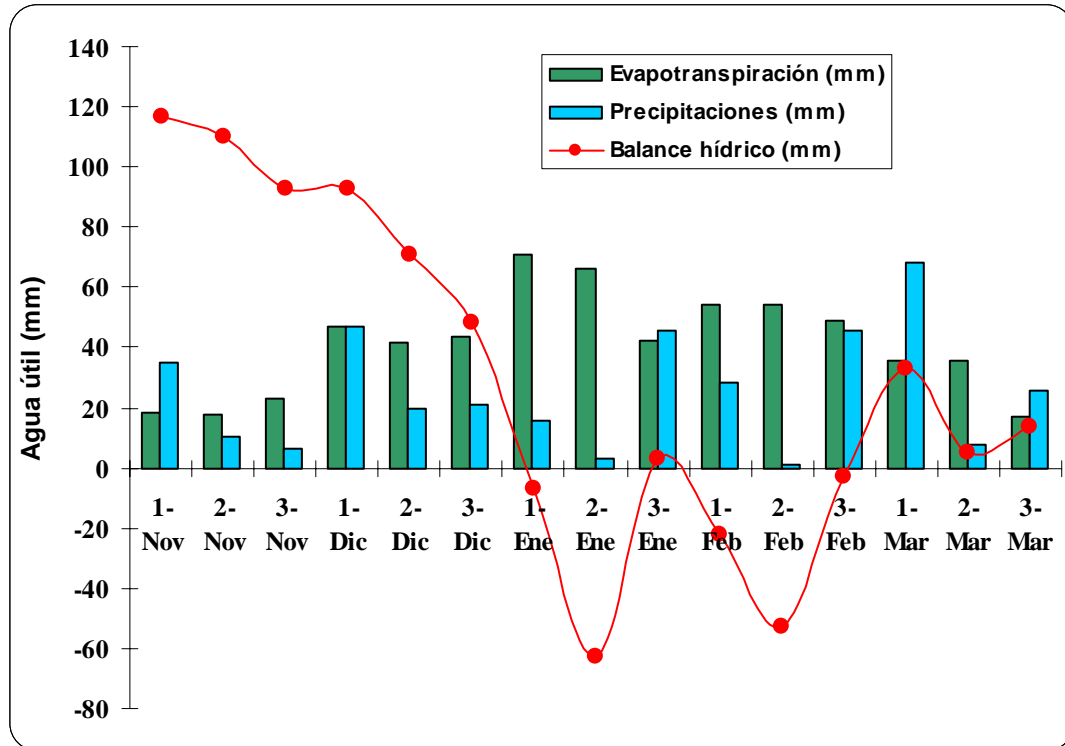


Figura 1: *Precipitaciones, evapotranspiración y balance hídrico expresados como lámina de agua útil. Valores acumulados cada 10 días en mm. Soja de Primera, Pergamino, campaña 2007/08.*

b) Resultados del ensayo

Se determinaron diferencias en el número de plantas noduladas en V3, a favor de los tratamientos inoculados ($P=0,000$, Tabla 3). No se determinaron diferencias significativas ($P>0,10$) en el número de nódulos en RP y RS, a causa de la alta variabilidad que presentan estos parámetros, con CV de 32,5 y 69,7 %, respectivamente. Sin embargo, en términos absolutos, los tratamientos inoculados presentaron más nódulos que los testigos en RP (Tabla 3), donde son de mayor importancia por la magnitud del aporte de N por fijación. El peso seco por nódulo fue similar en todos los tratamientos (Tabla 3).

Tabla 3: Infectividad en V3, número de nódulos por planta en tallo principal (TP) y tallo secundario (TS), peso seco (PS) total de nódulos por planta e intensidad de verde (unidades Spad) de los tratamientos evaluados en el ensayo. Inoculación de soja con *Bradyrhizobium*, Micorrizas y uso de fungicidas sobre semilla. Pergamino, campaña 2007/08.

Tratamientos	Infectividad V3	N° Nódulos x planta RP	N° Nódulos x planta RS	Peso Seco nod x planta *	Unidades Spad
Testigo	95	13,0	5,5	9,4	44,9
Bradyrhizobium + Micorrizas siembra	100	14,8	7,5	9,5	44,3
Bradyrhizobium + Micorrizas preinoculado	100	15,5	6,3	9,4	42,2
Bradyrhizobium + Micorrizas + Fungicida siembra	100	15,5	5,8	9,6	44,4
Bradyrhizobium + Micorrizas + Fungicida preinoculado	100	15,0	2,3	9,4	43,0
Valor de P	0,000	0,526 n.s.	0,421 n.s.		0,000
CV (%)	4,2 %	32,5 %	69,7 %		0,82 %

* Determinados en el bloque 1

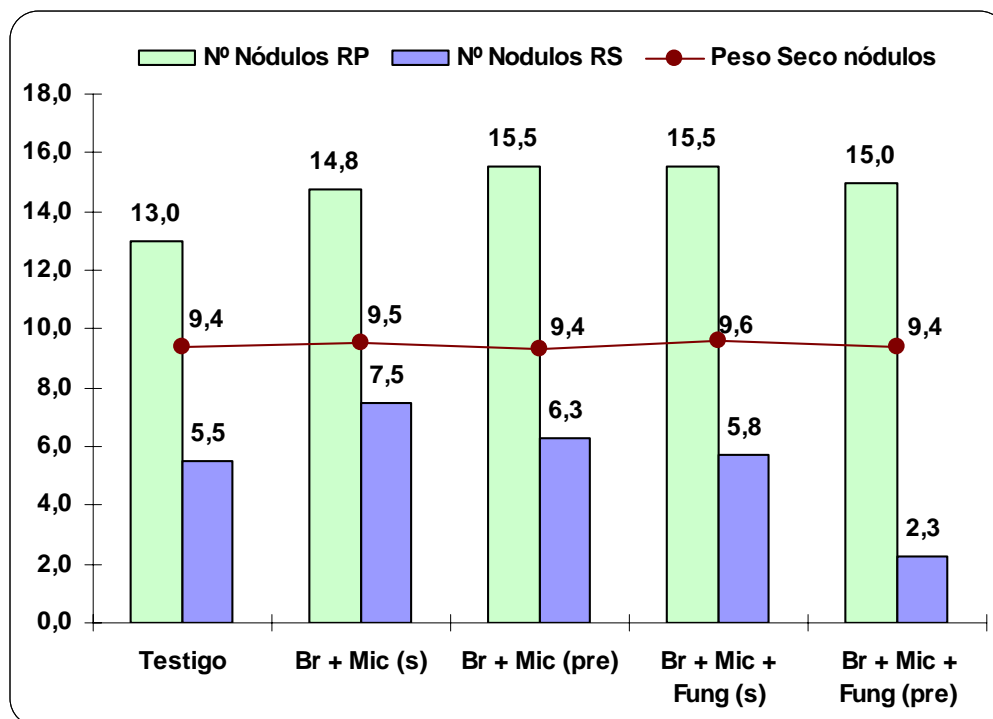


Figura 2: Número de nódulos por planta en raíz principal (RP), raíces secundarias (RS) y peso seco de nódulos por planta en el estadio R5 como resultado de diferentes tratamientos de inoculación con *Bradyrhizobium*, Micorrizas y uso de fungicidas en soja. Pergamino, campaña 2007/08.

El índice verde medido a través de Spad varió entre tratamientos ($P=0,000$), pero no guardó relación con los rendimientos. Los rendimientos difirieron entre sí (Tabla 4). El tratamiento preinoculado sin fungicida (Br + Mic pre) fue el de mejor comportamiento, superando al resto a

excepción de (Br + Mic + Fung s) (Figura 3). Es decir, la preinoculación tuvo un muy buen comportamiento cuando no se utilizó fungicida. Es probable que el largo tiempo de exposición de los microorganismos al fungicida haya deprimido su número y eficiencia. En cambio, cuando el tratamiento se realizó a la siembra no se determinaron diferencias por el uso de fungicida. Las variaciones en los rendimientos fueron consecuencia de diferencias en el número y el peso de los granos (Tabla 4).

Tabla 4: Rendimiento de grano, componentes del rendimiento y respuesta sobre el testigo de los tratamientos evaluados en el ensayo. Inoculación de soja con *Bradyrhizobium*, Micorrizas y uso de fungicidas. Pergamino, campaña 2007/08.

Tratamientos	Rendimiento (kg/ha)	Diferencias/testigo (kg/ha)	Número de granos / m ² *	Peso 1000 (g)*
Testigo	3270		1923	170,0
Bradyrhizobium + Micorrizas siembra	3406	+ 136	1935	176,0
Bradyrhizobium + Micorrizas preinoculado	3790	+ 520	2151	176,2
Bradyrhizobium + Micorrizas + Fungicida siembra	3549	+ 279	2028	175,0
Bradyrhizobium + Micorrizas + Fungicida preinoculado	3486	+ 216	2013	173,2
Valor de P	0,08 n.s.			
CV (%)	6,74 %			

* Determinados en el bloque 1

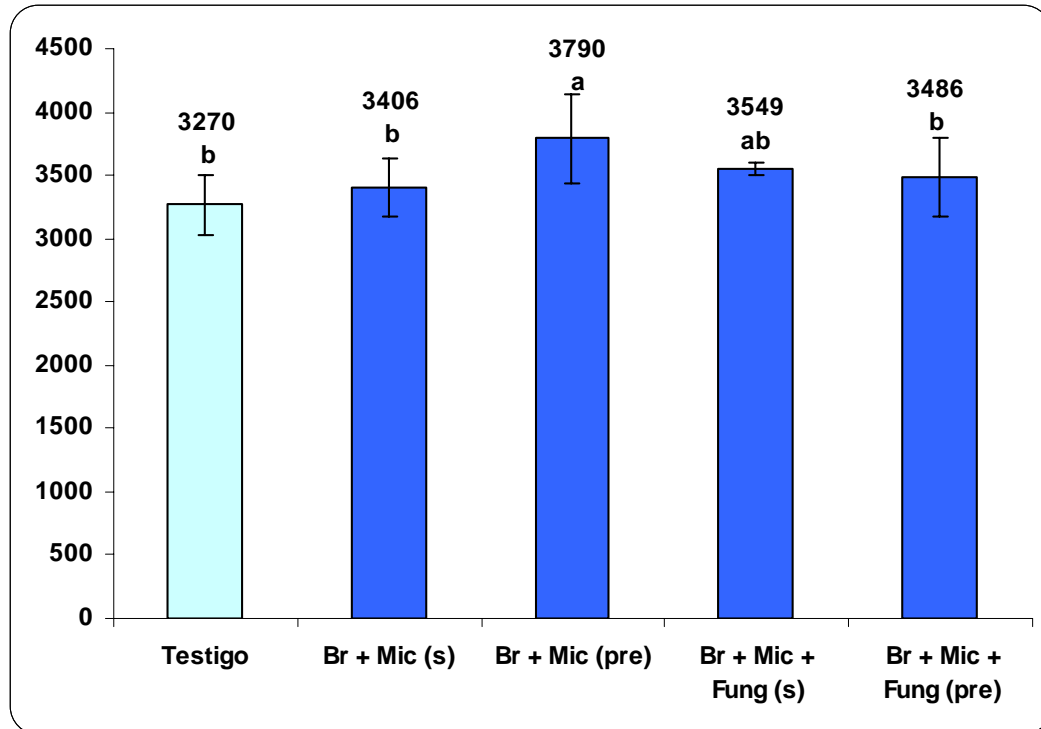


Figura 3: Rendimiento como resultado de diferentes tratamientos inoculación con *Bradyrhizobium*, Micorrizas y uso de fungicidas en soja. Pergamino, campaña 2007/08. Letras distintas en las columnas indican diferencias significativas entre tratamientos. Las barras verticales representan la desviación Standard de la media.

Conclusiones:

- * La inoculación impactó significativamente en la infectividad y los valores de intensidad de verde medido por Spad.
- * En cambio, no afectó significativamente la nodulación, aunque el número de nódulos en TP fue cuantitativamente mayor en los tratamientos inoculados con relación al testigo.
- * Se determinaron diferencias significativas en los rendimientos. Los tratamientos preinoculados tuvieron un buen comportamiento cuando no se utilizó fungicida, mientras que al utilizarse este los rendimientos decayeron, probablemente por un efecto del fungicida sobre la viabilidad del rizobio. Los tratamientos a la siembra no fueron afectados por el uso de fungicida.
- * En términos cuantitativos las diferencias de rendimiento observadas alcanzaron similar magnitud a las determinadas en ensayos de campañas anteriores.

Referencias:

- * Andrade, F., H. Echeverría, N. González, S. Uhart, y N. Darwich. 1996. Requerimientos de Nitrógeno y Fósforo de los cultivos de Maíz, Girasol y Soja. Boletín técnico N° 134. INTA EEA Balcarce, 17 p.
- * Diaz Zorita, M; R. Balaña y M. Fernández Canigia. 2004. Inoculación con *Bradhyrizobium japonicum* en cultivos de Soja. pp 7-12. En: Campaña 2003-04. Resumen de resultados de investigación y desarrollo aplicado. Nitragin Argentina S.A.

- * EMBRAPA. 1993. Centro Nacional de Pesquisa da Soja. Recomendações técnicas para a cultura da soja no Paraná. 1993/94. Londrina: OCEPAR/EMBRAPA - CNPSo, 128p. (Embrapa-CNPSo. Documentos, 62).
- * Ferraris, G.N. 2001. Nutrición: La cosecha que se lleva el carretón del lote. Revista Fertilizar, VI(24): 28-29.
- * Ferraris, G. 2006. Contribución del N inorgánico y de la FBN a la nutrición nitrogenada de soja en Argentina. pp 80-96. En: Experiencias en Soja 2006. Proyecto Regional Agrícola. Area de Desarrollo Rural EEA Pergamino y General Villegas. 301 p.
- * Ferraris, G. y L Couretot. 2006. Evaluación de nuevos desarrollos en inoculación en soja. Campaña 205/06. pp 75-79. En: Experiencias en Soja 2006. Proyecto Regional Agrícola. Area de Desarrollo Rural EEA Pergamino y General Villegas. 301 p.
- * García, F. 2000. Requerimientos nutricionales de los cultivos. En: Jornada de actualización técnica para profesionales "Fertilidad 2000", pp 40-43. INPOFOS, Rosario.
- * González, N. 2000. Inoculación e inoculantes. Fertilizar, V (21): 18-21.
- * Gutierrez Boem, F. y J. Schainer. Soja. Pp 283-300. En: H. Echeverría y F. García (eds) Fertilidad de Suelos y Fertilización de cultivos. Agroeditorial, Bs As. 525 p.
- * Racca, R. 2002. Fijación biológica del nitrógeno. En: Actas 1er Simposio de Fertilidad de Suelos y Fertilización en Siembra Directa. X Congreso Nacional de AAPRESID. pp 197-208.
- * Scheiner, J., R. Lavado y F. Gutiérrez Boem. 1999. Dinámica de la absorción de nutrientes en un cultivo de Soja. En: Mercosoja 99: Resúmen de trabajos y conferencias presentadas, pp 6-8. Rosario.