



Proyecto Regional Agrícola Desarrollo Rural INTA PERGAMINO

EVALUACION DE NUEVOS DESARROLLOS EN INOCULACION DE SOJA Campaña 2005/06

Ings. Agrs. Gustavo N. Ferraris* (MSc) y Lucrecia A. Couretot*

Introducción:

El nitrógeno (N) es el elemento requerido en mayor cantidad por todos los cultivos. Deficiencias de este nutriente se manifiestan a través de una reducción de la superficie foliar y del crecimiento de la planta en general, y se manifiesta desde las primeras etapas del ciclo. La soja, un cultivo proteico por excelencia, necesita acumular grandes cantidades de N para su normal crecimiento. 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 de la semilla con cepas de *Bradyrhizobium japonicum* incorporadas por medio de inoculantes de alta calidad. La respuesta a la inoculación es mayor cuando los lotes no cuentan con antecedentes de Soja. No obstante, también se ha observado respuesta a la reinoculación en lotes con historia sojera previa (Diaz Zorita et al., 2004). En los últimos años, esto se ha visto favorecido por la incorporación al mercado de productos de alta calidad, que incluyen en su formulación protectores de las bacterias, y micronutrientes esenciales para el proceso de FBN como Cobalto (Co) y Molibdeno (Mo).

El objetivo de esta experiencia fue evaluar la respuesta de la soja a la reinoculación con diferentes formulaciones de inoculantes, en cinco sitios con historia agrícola, y varios cultivos de soja como antecedente.

Materiales y métodos:

Se realizaron cinco experimentos de campo en los que se compararon tratamientos sin y con inoculación con bacterias del género *Bradyrhizobium japonicum* a dosis de marbete. Un listado de los tratamientos evaluados se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1: Tratamientos evaluados en la campaña 2005/06

T0= Testigo sin inoculación

T1= Inoculado

T2= Inoculante + Protector bacteriano

T3= Inoculante + Fungicida

T4= Inoculante + Cobalto-Molibdeno

* Técnicos de Desarrollo Rural INTA Pergamino

Los ensayos fueron conducidos con un diseño en bloques al azar con cuatro repeticiones. Algunas características de los sitios experimentales se presentan en la Tabla 2:

Tabla 2: Características generales de los sitios experimentales

Sitio	Perg 1	Perg 2	WW 1	WW2	WW3
Localidad	Pergamino	Pergamino	Wheelwright	Wheelwright	Wheelwright
Serie de suelo	Pergamino	Pergamino	Hughes	Hughes	Hughes
Tipo de suelo	Argiudol típico	Argiudol típico	Argiudol típico	Argiudol típico	Argiudol típico
Sistema labranza	SD	SD	SD	SD	SD
Historia agrícola	+ 20	+ 20	+ 20	+ 20	3
Cultivo antecesor	Soja	Soja	Maíz	Maíz	Soja
Historia inoculación	Escasa	Escasa	Si	Si	Si
Variedad	ALM 3530	ALM 3530	DM 3700	DM 3700	DM 3700
Fecha de siembra	14-Noviembre	14 Noviembre	30-October	30-October	7-Noviembre
Espaciamento	52,5 cm	52,5 cm	52,5 cm	52,5 cm	52,5 cm
P en suelo (mg/kg)	12	13	14	14	35
MO (%)	2,04	2,94	2,96	2,96	3,3
Fertilización	No	No	94 kg Mezcla 13P-8,4 S	94 kg Mezcla 13P-8,4 S	105 kg Mezcla 13P-8,4 S

Entre los datos relevados, se evaluó infectividad en V3 y número de nódulos en raíz principal en R2-R3. En R3 se realizaron lecturas de índice de verdor a través del medidor de clorofila Spad 502. Se determinó el rendimiento de grano, y los datos fueron analizados por análisis de la varianza.

Resultados y discusión:

No se observaron diferencias significativas en el índice de verdor en ninguno de los sitios (datos no presentados). La infectividad, evaluada como porcentaje de plantas noduladas en V3, sólo llegó al máximo cuando la semilla fue inoculada, aún cuando todos los lotes presentaban una larga historia de soja previa (Figura 1). Del mismo modo, la inoculación incrementó el número de nódulos efectivos (Figura 2), alcanzando el máximo nivel en los tratamientos con uso de protector bacteriano (T2), levemente por encima de aquellos tratados con CoMo (T4) o fungicida (T3).

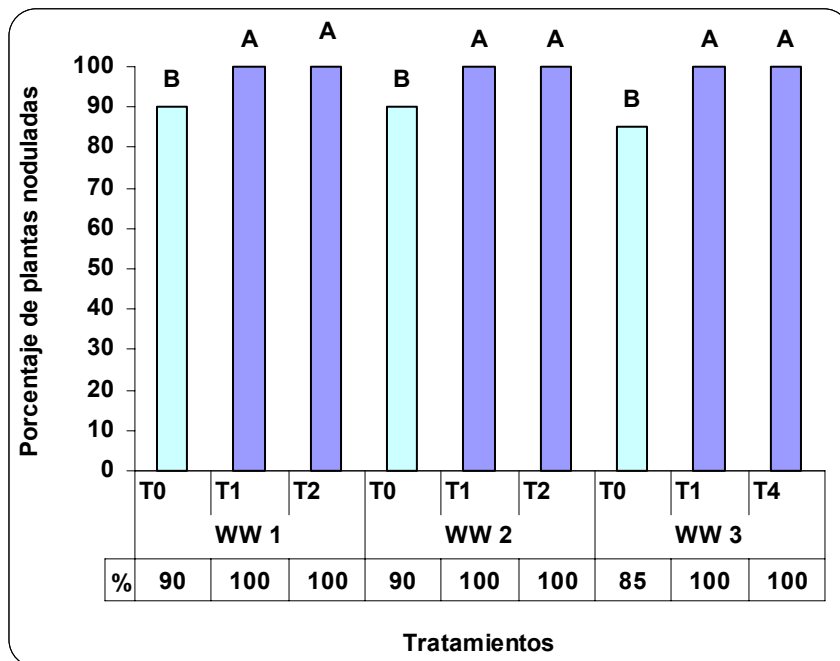


Figura 1: Inefectividad evaluado como Porcentaje de plantas noduladas en V3 en diferentes tratamientos de inoculación. Los tratamientos corresponden a los presentados en la Tabla 1

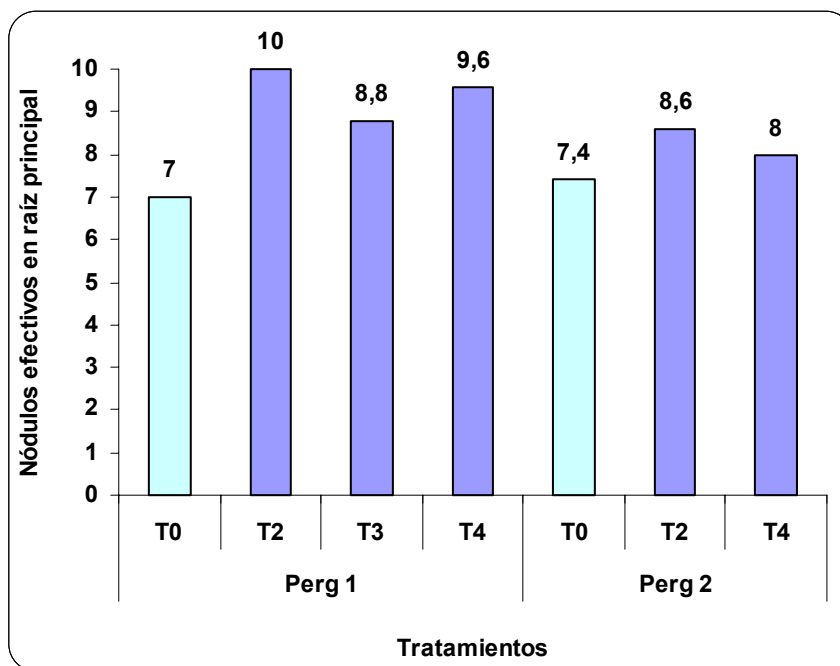


Figura 2: Nodulación evaluada como número medio de nódulos efectivos en los 10 cm superiores de la raíz principal en el estadio R3. Los tratamientos corresponden a los presentados en la Tabla 1.

Los resultados de la evaluación de rendimiento se presentan en la Tabla 3

Tabla 3: Rendimiento de grano (kg ha⁻¹) de diferentes tratamientos de inoculación evaluados durante la campaña 2005/06.

Tratamiento	Perg 1	Perg 2	WW 1	WW2	WW3	Promedio
Rendimiento (kg ha ⁻¹)						
T0= Testigo sin inoculación	3367	3658	3135	3135	2853	3230
T1= Inoculado	3762				3000	3381
T2= Inoculante + Protector bacteriano	3702	3976	3392	4035	3119	3645
T3= Inoculante + Fungicida	3705		3203	3761		3556
T4= Inoculante + CoMo	3861	4193				4027
AVOVA para Rendimiento						
Significancia estadística	P=0,10 N.S.	P=0,05	P=0,06	P=0,01	P=0,08	P=0,000
CV (%)	6,54	6,17	3,95	7,51	4,51	8,00

Se determinaron diferencias estadísticamente significativas en los rendimientos en cuatro de los cinco sitios evaluados ($P < 0,10$, Tabla 3). El análisis conjunto de los experimentos reveló ausencia de interacción sitio x tratamiento ($P > 0,10$) y efecto de tratamiento ($P = 0,000$, Tabla 3). Esto significa que la inoculación habría tenido un efecto positivo similar en un amplio rango de ambientes como el explorado en estos ensayos. Para balancear el hecho de que todos los tratamientos no estuvieron presentes en todos los ensayos, su respuesta en relación al testigo se presenta en forma relativa en la Figura 3. Se observa que el incremento como resultado de la inoculación (T2) alcanzó un 8 % sobre el testigo. El uso de protector aportó un 5 % adicional (113 vs 108), el agregado de fungicida un 3 % (111 vs 108) y la incorporación de Co y Mo un 7 % (115 vs 108).

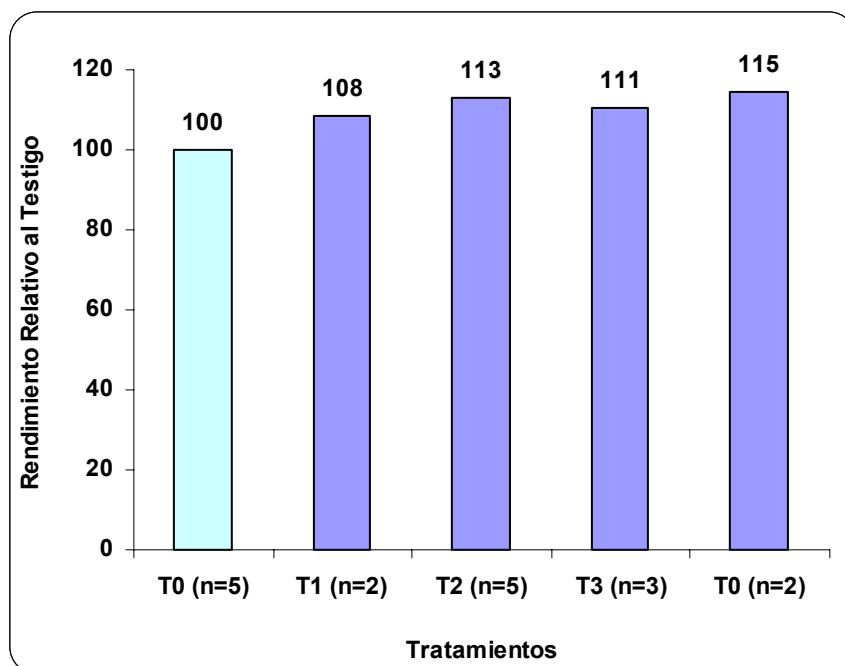


Figura 3: Rendimiento relativo al Testigo no inoculado (Testigo T0=100) de diferentes tratamientos de inoculación evaluados durante la campaña 2005/06. Los tratamientos corresponden a los presentados en la Tabla 1. n indica el número de ensayos en que fue evaluado cada tratamiento.

Conclusiones:

*La utilización de diferentes formulaciones de inoculantes permitió incrementar la infectividad y el número de nódulos en tallo principal en diferentes experimentos de campo.

*Los rendimientos se incrementaron significativamente en cuatro de los cinco ensayos, y las diferencias de rendimiento sobre el testigo alcanzaron en promedio un rango de entre 8 y 15 %, según el tratamiento evaluado.

*El estudio de la interacción sitio x tratamiento reveló que la respuesta a la inoculación se manifestó de manera similar en el amplio rango de ambientes evaluado en este ensayo.

* La reinoculación en lotes con antecedentes de soja demostró en estos experimentos ser una práctica consistente para incrementar los rendimientos en soja.

Bibliografía:

- 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.
- Díaz Zorita, M; R. Baliña y M. Fernández Canigia. 2004. Inoculación con *Bradyrhizobium 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.
- 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.
- 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: Resumen de trabajos y conferencias presentadas, pp 6-8. Rosario.

Agradecimientos:

A las empresas Nitragin S.A, Rizobacter Argentina S.A., Insumos Argentinos S.A. y Nitrap S.A. por proveer los inoculantes, fungicidas, protectores bacterianos y micronutrientes, y por compartir el desarrollo de estas experiencias.