

Inoculación de Soja en la Provincia de Tucumán

Resultados de la Campaña 2001/02

Mario Devani, Julián Lenis, Fernando Ledesma, Josefina Amigo,
Alberto Stegmayer, Daniel Ploper y Marina Gandur
EEA Obispo Colombres (CC 9), Las Talitas, Tucumán - Facultad de Agronomía y Zootecnia (UNT)
granos@eeaoc.org.ar

Artículo publicado en Informaciones Agrómicas, No 19, Septiembre 2003

Adaptado del original publicado en Revista Avance Agroindustrial 23(3). Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres. Tucumán, Argentina.

Introducción

La planta de soja debe acumular una cantidad significativa de nitrógeno (N) para lograr los altos contenidos de proteínas que son característicos de sus granos, los cuales pueden alcanzar valores promedios de hasta un 40% (González, 1997). Se estima que para una producción de 1000 kg de granos se necesitan aproximadamente 65 kg de N, a los cuales hay que agregarle 15 kg más para la producción de hojas, tallos y raíces, totalizando 80 kg de N. Por lo tanto para una producción de 3000 kg de soja se necesitarían aproximadamente 240 kg del mencionado elemento (Hungria, 2001).

Los requerimientos de N de esta leguminosa son cubiertos principalmente a través del aporte realizado por la mineralización de la materia orgánica (MO) del suelo, fertilizantes y por medio de la fijación biológica de nitrógeno (FBN) (Hungria, 2001). La contribución realizada por la descomposición de la MO es limitada y muy susceptible de agotarse luego de varios cultivos, mientras que la efectuada por la aplicación de fertilizantes nitrogenados es de alto costo y baja eficiencia, estimándose que aproximadamente el 50% del producto aplicado se pierde por procesos de lixiviación, volatilización y desnitrificación (Hungria, 2001). En cuanto a la FBN, la misma aporta entre el 25% y el 84% del total absorbido por el cultivo de la soja (en condiciones de funcionamiento normal), lo cual demuestra la importancia de esta fuente de N (González, 1997; Racca, 2002).

La inoculación de semillas de soja con bacterias del género *Bradyrhizobium* (comúnmente conocidas como rizobios), es una práctica agrícola común y muy utilizada por los productores de diversas zonas sojeras de Argentina y del mundo, debido a que obtienen importantes incrementos de rendimiento con respecto a la no inoculación. Alrededor del 60% de los productores de soja en Brasil utilizan esta práctica (Hungria, 2001). Sin embargo, en la región del noroeste argentino (NOA), la inoculación no es un procedimiento generalizado entre los productores, debido a que observaciones empíricas de muchos años demostraron que la respuesta a esta práctica suele ser errática. Teniendo en cuenta este aspecto y el hecho que varias empresas de inoculantes están ofreciendo sus productos en el medio, se consideró importante la realización de un ensayo cuyo objetivo fue evaluar los efectos, principalmente sobre el rendimiento cultural, de la inoculación con diferentes cepas comerciales y precomerciales de *Bradyrhizobium*.

Caracterización del lugar de ensayo

En los suelos presentes en la Subestación Monte Redondo (San Agustín, Cruz Alta, Tucumán) se viene practicando el monocultivo de soja desde hace muchos años (aproximadamente 25 campañas agrícolas), con una buena disponibilidad de fósforo (P) a

base de fertilizaciones anuales con este elemento. Además, en un recuento del número más probable de microorganismos (NMP) realizado por el método de diluciones seriadas de una muestra de suelo extraída del lugar del ensayo en Monte Redondo, se estimó una población de $109,8 \times 10^3$ bacterias/gramo de suelo, lo cual se considera un valor elevado. El suelo donde se realizó el ensayo presentaba un pH de 6.6, y contenidos de MO de 2.2% y de P extractable de 28 ppm.

Metodología de trabajo

Considerando el objetivo planteado, se realizó un ensayo consistente en 10 tratamientos con 4 repeticiones utilizando un diseño de bloques al azar. La variedad utilizada fue A 8000 RG, de grupo VIII de maduración, de amplia difusión en nuestra región. En la Tabla 1 se presentan los tratamientos empleados, los tipos de inoculantes y las dosis utilizadas.

Tabla 1. Tipos de inoculantes y dosis empleadas en el ensayo.

Tipos de inoculantes		Dosis
Comercial	1	48 cm ³ /50 kg de semilla
Comercial	2	50 g/125 kg de semilla
Comercial	3	400 cm ³ /150 kg de semilla
Comercial	4	150 cm ³ /50 kg de semilla
Comercial	5	150 cm ³ /50 kg de semilla
Comercial	6	300 cm ³ /100kg de semilla
Comercial	7	5 lt/1000 kg de semilla
Precomercial		150 cm ³ /50 kg de semilla
Fertilizado		Fertilizado con Urea en V4 y R2 a razón de 100 kg/ha
Testigo		No tratado (sin inocular y sin fertilizar con Urea)

Todos los tratamientos estuvieron fertilizados con superfosfato triple (0-46-0) a razón de 100 kg/ha y las dosis de inoculante empleadas corresponden a las indicadas en los marbetes ó recomendadas por las empresas o laboratorios que los producen.

El ensayo fue sembrado en forma manual el 26 de diciembre de 2001, en parcelas de 4 líneas de 5 m de longitud, distanciadas a 0,5 m entre sí con un diseño de bloques al azar. Dentro de cada bloque, las parcelas estuvieron separadas por 1 m para evitar interacciones entre las cepas inoculadas. La inoculación de la semilla con los distintos tratamientos se efectuó el mismo día de la siembra, tomando los recaudos necesarios para evitar la contaminación de la semilla con las distintas cepas.

Durante el desarrollo del cultivo se realizaron 2 aplicaciones con herbicida (glifosato) para el control de las malezas presentes, además de emplear insecticidas para controlar orugas y chinches principalmente. Se efectuaron lecturas fenológicas de fecha de floración, aspecto general del cultivo, fecha de madurez fisiológica, altura y vuelco. Además se realizaron determinaciones de rendimiento (kg/ha), número total de nódulos en raíces y distribución de los mismos entre raíces primarias y secundarias, contenido de N y de proteínas en grano de cada uno de los tratamientos.

Resultados

En las observaciones fenológicas efectuadas (fecha de floración y maduración, altura y vuelco), no se determinaron diferencias entre las distintas parcelas evaluadas, salvo en el caso del tratamiento fertilizado con N, donde se pudo observar un incremento en el vuelco con relación a los demás tratamientos, debido a una mayor estructura de plantas.

En la Tabla 2 se muestran los rendimientos, como así también la diferencia con respecto al Testigo absoluto, y la agrupación de los tratamientos según Diferencia Mínima Significativa (DMS) y el Coeficiente de Variación (CV).

Tabla 2. Rendimientos promedios de soja obtenidos a través de la inoculación con distintas cepas comerciales y precomerciales.

Tratamientos	Rendimiento	Diferencia de rendimiento con el Testigo
	kg/ha	kg/ha
Comercial 7	4960 a *	528
Comercial 1	4830 a	398
Comercial 2	4733 ab	300
Comercial 3	4630 ab	198
Comercial 5	4620 ab	188
Comercial 6	4605 ab	173
Comercial 4	4583 ab	150
Testigo	4433 ab	-
Fertilizado	4075 b	-358
Precomercial	4050 b	-383
CV %	10,9%	
DMS	719	

* Tratamientos con la misma letra no difieren estadísticamente entre sí (DMS, $p=0.05$)

Desde el punto de vista estadístico, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos realizados y el Testigo (sin inocular y sin fertilizar con urea). Sin embargo, se puede apreciar una clara tendencia al aumento del rendimiento por unidad de superficie en todos los tratamientos donde se utilizaron los inoculantes comerciales. Estos incrementos fluctuaron entre 150 y 528 kg/ha.

La cepa Precomercial y el tratamiento fertilizado con N, fueron los únicos que arrojaron rendimientos por debajo del Testigo. Este menor rendimiento, en el caso del tratamiento fertilizado con urea, era previsible puesto que el agregado de N en elevadas cantidades provocó un excesivo desarrollo de las plantas con el consecuente incremento del vuelco, pérdida de las vainas en contacto con el suelo y deterioro de la calidad de la semilla.

En la Tabla 3 se presentan los valores promedios de N y de proteínas en semilla, el promedio del número total de nódulos por planta y la distribución de los mismos en raíces primarias y secundarias de los distintos tratamientos.

Tabla 3. Contenido promedio de nitrógeno (N) y su equivalente en proteínas en la semilla, y promedio del número total de nódulos por planta en raíces primarias (RP), secundarias (RS) y total (T) en los distintos tratamientos.

Tratamiento		N	Proteínas	Número de nódulos		
				RP	RS	T
		-----%-----		----	nódulos por planta	----
Comercial	1	6.26	39.13	16	19	35
Comercial	2	5.99	37.43	26	24	50
Comercial	3	5.94	37.15	16	14	30
Comercial	4	5.90	36.87	17	16	33
Comercial	5	5.81	36.30	14	20	34
Comercial	6	5.76	36.02	10	17	27
Comercial	7	6.05	37.78	22	14	36
Precomercial		5.83	36.44	20	16	36
Fertilizado		5.86	36.65	17	13	30
Testigo		6.08	38.00	14	20	34

Todos los tratamientos presentaron valores levemente inferiores en el contenido de N y en el porcentaje de proteínas en semilla con respecto al observado en el Testigo no tratado, a excepción del Comercial 1, que mostró valores ligeramente superiores al Testigo. Los menores valores observados del contenido de N y del tenor proteico en los tratamientos inoculados respecto al Testigo, estarían relacionados a los elevados rendimientos obtenidos en las parcelas inoculadas. En el recuento del número de nódulos en las raíces, se pudo apreciar la presencia de una proporción importante de los mismos en las raíces primarias, además de un mayor tamaño de los mismos con relación al Testigo, lo que indicaría que la inoculación efectuada fue eficiente. En relación al número total de nódulos por planta, se pudo observar que no existían diferencias entre los distintos tratamientos realizados y el Testigo, a excepción del Comercial 2 que presentó un mayor número de nódulos.

Por otro lado, analizando el número de nódulos en la raíz principal, se observó una mayor cantidad de los mismos en todos los tratamientos, a excepción del Comercial 6 y 7, donde el número fue igual o menor, respectivamente. Los porcentajes de incrementos de nódulos en la raíz principal estuvieron entre 14% para el caso del Comercial 1, y 86% en el Comercial 2. La presencia significativa de nódulos en las raíces primarias se considera de gran importancia para el incremento de rendimiento. Por lo tanto, el mayor porcentaje de nódulos en las raíces primarias encontrados en la mayoría de los tratamientos de este ensayo y el mayor tamaño de los mismos con relación al Testigo, estaría explicando el incremento de los rendimientos obtenidos.

Consideraciones finales

- La inoculación con cepas de rizobios comerciales en semilla de soja mostró una tendencia a incrementar los rendimientos por unidad de superficie, en el ensayo realizado en la localidad de San Agustín, Cruz Alta, Tucumán durante la campaña 2001/02.
- Estos incrementos de rendimiento sugieren la conveniencia de esta práctica, aún cuando la presencia de bacterias en el suelo sea elevada, ya que cuando se realiza la inoculación, se logra un contacto entre los rizobios con las semillas, asegurando la

formación de nódulos fundamentalmente en la raíz principal. Estos resultados estarían en concordancia con los obtenidos por productores de otras regiones sojeras del país y del mundo.

- No se observaron incrementos en el contenido de N y en el porcentaje de proteínas de las semillas de los distintos tratamientos inoculados con relación al Testigo no tratado, sino que por el contrario, se registraron valores levemente inferiores. Esto seguramente estuvo relacionado a los aumentos de rendimiento registrados en los tratamientos con inoculantes.

Bibliografía citada

González, N; A. Peticari; B. Stegman de Gurfinkel y E. Rodríguez Cáceres. 1997. El cultivo de la soja en Argentina. INTA Manfredi-INTA Marcos Juárez. 448 pp. Argentina.

Hungria, M.; R. J. Campo y I. Carvalho Mendes. 2001. Fixação biológica do nitrogênio na cultura de soja. Circular Técnica Embrapa Soja. 48 pp. Brasil.

Racca, R. W. 2002. Fijación Biológica del Nitrógeno. X Congreso Nacional de AAPRESID. (1):197-208. Rosario. Santa Fe. Argentina. 13 al 16 de Agosto de 2002. Argentina.

