



## Inoculación en el cultivo de soja

Ing. Agr. Juan Andrés de Beistegui

Área de Desarrollo. CORFO Río Colorado

debeistegui@corforiocolorado.gov.ar

### *Introducción*

En los últimos años el productor regante del Valle Bonaerense del Río Colorado (VBRC), a estado interesando en el cultivo de soja. Los motivos principales de dicho interés, son: los altos precios de cotización en las principales cámaras de cereales del país, los bajos costos de producción (insumos), la escasa demanda de labores y mano de obra, en comparación con cultivos representativos del VBRC. (Barrena, P. G., 2012).

Una de las prácticas de menor costo y más comunes realizadas en el cultivo de soja, es **la inoculación**, que consiste en aplicar bacterias junto a la semilla antes de la siembra. El principal objetivo, es establecer un vínculo simbiótico entre las raíces de la planta y las bacterias, con el fin de aportar nitrógeno atmosférico al cultivo. El logro del vínculo entre la bacteria y la raíz, se expresa con la aparición de órganos llamados **nódulos**, en los cuales se produce la fijación del nitrógeno atmosférico.

Durante la campaña 2011-2012 se observaron diferentes manejos de inoculación, sojas comerciales inoculadas, LPU (lista para usar), e inoculadas a campo, con resultados dispares. También hubo casos de sojas inoculadas por plantas procesadoras de semillas, que fueron sembradas en campos con historia y sin historia de soja. En ambos, el desarrollo simbiótico fue pobre o nulo.

Una vez determinados los principales parámetros de manejo del riego, se procedió en el Campo Piloto de CORFO Río Colorado a continuar con ensayos de inoculación de soja, en base a las experiencias transcurridas durante la campaña 2011-2012.

### *Objetivos*

Determinar el manejo adecuado de inoculación, para lograr una adecuada nodulación.

Evaluar la efectividad de las dosis del inoculante.

Determinar la supervivencia de los nódulos en riego gravitacional.



### *Datos del ensayo*

El ensayo se llevó a cabo en el Campo Piloto de CORFO, en el lote 23, de suelo franco, la superficie de la parcela era de un  $\frac{1}{4}$  de ha. El cultivo antecesor fue soja. En este lote, no se habían logrado nódulos en las raíces de la soja en la campaña anterior.

Se utilizó una variedad de semilla, Nidera 3731, correspondiente al grupo de madurez tres largo.

Tabla 1. Parámetros de fertilidad del suelo.

Prof.	MO (%)	MOJov (%)	Nt (%)	N-NO3 (ppm)	P disp (ppm)
0-20	3,09	0,499	0,142	31,5	16,2
20-40				18,2	
40-60				15,4	

La preparación de la cama de siembra se realizó con 2 pasadas de rastra y 1 de cincel, logrando así, una cama firme y mullida. Aproximadamente una hora antes de la siembra, se inoculó semilla para media parcela, con una dosis simple de inoculante (recomendación del fabricante), mientras que para la otra mitad, se inoculó con una dosis doble. La inoculación se realizó colocando las semillas en un barril plástico de 100 litros, se administró el inoculante y se mezcló con una cuchara de albañil por aproximadamente 5 minutos, hasta que el inoculante quedó distribuido de manera homogénea en todas las semillas.

La siembra se realizó el 25 de noviembre de 2013, con una sembradora convencional Bertini de grano fino a chorrillo de 25 surcos, la distancia entre líneas fue de 17.5 cm. La densidad objetivo fue de 350.000 plantas/ha (100 kg de semilla). En la línea de siembra se incorporó fertilizante fosforado (18-46-0), a razón de 100 kg/ha.

Se realizó una aplicación de Glifosato (sal potásica 66,2%) a razón de 2,5 l/ha, también se agregó 0,6 l/ha de Select (24%) y aceite 0,3 l/ha.

Tanto el riego pre siembra como los realizados con el cultivo implantado, fueron realizados por manto. Durante todo el ciclo se realizaron 3 riegos, con altos caudales, aplicando entre 5 a 7 litros de agua por metro de ancho de tablón, logrando láminas de riego uniformes en cuanto a su avance y distribución, sin presentar encharcamiento.

Tabla 2. Riegos

RIEGOS	LAMINA
19/11/20112	250
04/02/2013	130
21/02/2013	180
Total mm	560

Durante el desarrollo del cultivo se evaluó el logro de la nodulación.

### *Resultados y discusión*

En el cultivo de soja con riego gravitacional, el logro de la nodulación, está condicionado en primera instancia, por la cantidad de nitrógeno disponible al momento de la siembra. En este caso, el suelo en los primeros 20 cm, se encontraba bien provisto de nitratos. También hubo un aporte de nitrógeno con el fertilizante fosforado. Esto podría haber afectado el logro de la nodulación, sin embargo se observó lo contrario. En ambos tratamientos (dosis simple y doble), se lograron nódulos bien distribuidos y de buen tamaño.

La planta es muy sensible al encharcamiento y falta de oxígeno en la raíz, esto afecta drásticamente la viabilidad de los nódulos. La supervivencia de estos a lo largo del ciclo del cultivo fue satisfactoria. Esto pudo deberse a la los riegos de altos caudales y una buena distribución del agua, sin encharcamientos.

Imagen 1. Nódulo de soja en activa fijación de nitrógeno atmosférico.

Imagen 2. Desarrollo de nódulos en la raíz secundaria.



Imagen 3. Logro de una eficiente inoculación, planta con desarrollo de nódulos.

Imagen 4. Planta sin desarrollo de nódulos.



### *Conclusiones*

- Tanto la dosis simple como la doble, en lotes con historia de soja, logran un buen desarrollo nodular.
- El riego con altos caudales permite la sobrevivencia de los nódulos a lo largo del ciclo del cultivo.
- Fertilizantes fosforados que aporten nitrógeno a la siembra, pueden influir en el tamaño y cantidad de los nódulos.

### *Recomendaciones*

- Lotes con historia sojera, utilizar la dosis recomendada por el fabricante del inoculante.
- En lotes sin historia de soja duplicar la dosis del inoculante.
- Regar con altos caudales, evitando el encharcamiento y anegamiento del suelo, así no se afecta la viabilidad y supervivencia de los nódulos.
- Si es posible en la siembra, utilizar fertilizantes fosforadas sin nitrógeno.



### *Información del cultivo de soja y la inoculación. ANEXO*

No es común en soja el aporte de fertilizantes nitrogenados para satisfacer los requerimientos de este nutriente, sin embargo es un cultivo altamente demandante ya que necesita absorber 80 kg de nitrógeno por tonelada de grano producido.

En un marco conceptual de agricultura sustentable, el ideotipo de leguminosa es aquél que obtiene la máxima cantidad de nitrógeno de la atmósfera antes que del suelo preservando la conservación del nitrógeno edáfico. La presencia del nitrógeno en el suelo afecta drásticamente los rendimientos de la fijación biológica ya que la planta lo prefiere al atmosférico. Por esa razón los suelos ricos dificultan la simbiosis y los suelos pobres la facilitan. Los suelos agrícolas, usualmente deficitarios, posibilitan simbiosis muy eficientes. (Racca, R. W., 2002)

La práctica de inoculación en soja es un proceso por medio del cual se introducen junto con la semilla, bacterias específicas que crean una estrecha relación de simbiosis con la planta y son capaces de captar el nitrógeno atmosférico y pasarlo a formas disponible para ser utilizado por el cultivo. La importancia radica en que de un 30 a un 80 % del nitrógeno absorbido puede ser aportado por la FBN (fijación biológica de nitrógeno). Cada 1000 kg, se necesitan 80 kg de nitrógeno, para 3000 kg, serían 240 kg nitrógeno, por lo tanto el aporte de la inoculación sería del orden de 70 a 190 kg de nitrógeno, pudiendo lograr balances totales de extracción de nitrógeno negativos o positivos.

La expresión de que esta asociación simbiótica es efectiva se verifica por la presencia de nuevos órganos en las raíces denominados nódulos. Estos presentan en su interior una coloración rojiza cuando son funcionales. Cuando el nódulo se deteriora por senescencia natural, cambia de coloración interna pasando a ser verde y en el estado final previo a la degradación es amarronado. Si la soja no tiene nódulos o estos no son eficientes (nódulos blancos, no fijadores) o senescentes (verdes y/o marrones en etapas reproductivas tempranas) puede extraer altas cantidades de N del suelo. (Perticari, A. et al., 2003)

Una vez que las bacteria se implantó y formó nódulos, la eficiencia de la FBN dependerá de las condiciones de crecimiento de la planta, es decir la temperatura, radiación solar, tenor de oxígeno y muy especialmente la disponibilidad hídrica. (González, N., 2002)

En los primeros 30 cm, se concentra el 90% del sistema radicular de la soja. Su impacto sobre el rendimiento depende en gran medida de las variables climáticas, principalmente de la disponibilidad de agua en dos momentos: los primeros quince días después de la siembra (cuando se instala el sistema nodular) y en el período crítico para la definición de rendimiento, el llenado de los granos. Sin embargo, el proceso de FBN es altamente sensible al stress hídrico. (González, N., 2002)

Los suelos vírgenes en nuestros país no contienen cepas del rizobio (bacteria fijadora de nitrógeno) específico de soja, mientras que aquellos con historia sojera poseen una población de bacterias naturalizadas, considerando que las cepas mejoradas son más eficientes en la FBN que las naturalizadas. Así, la eficiencia de la nodulación depende de la cepa que coloniza, el lugar de la raíz donde lo hace, y las condiciones de desarrollo de las plantas.



Cada vez que el agua útil del suelo disminuye por debajo de 60%, ocurre un fenómeno de competencia entre las cepas inoculadas y las naturalizadas en el suelo por la formación de nódulos. Las cepas naturalizadas son más competitivas y más resistentes al stress pero menos eficientes en la fijación biológica de nitrógeno que las recientemente introducidas cuando se inocula.

Las labranzas, que permiten mayor disponibilidad de agua y mejor oxigenación a la siembra, favorecen las cepas introducidas. En condiciones de suelo más estresantes, suelos más secos o más compactados, se favorecen las cepas naturalizadas, ya que éstas son más competitivas.

La relación carbono/nitrógeno (C/N), tanto en el suelo como dentro de la planta, comanda el proceso: altas relaciones favorecen simbiosis eficientes y bajas relaciones la inhiben. Toda labranza que aumente la relación C/N del suelo produce inmovilización temporaria del N por asimilación de las bacterias, lo cual favorece la FBN.

**El proceso de inoculación preferiblemente debe realizarse a la sombra y a temperaturas moderadas, inferiores a 30°C. La siembra debe ser efectuada rápidamente, en lo posible antes de las de 4 horas de aplicado el producto.** (Peticari, A. et al., 2003)

### **Recomendaciones:**

1. Emplear inoculante de calidad. Debe controlarse la fecha de vencimiento.
2. No reducir dosis, el ahorro en esto no tiene sentido y no conduce a buenos resultados.
3. No mezclar inoculantes con agroquímicos (funguicidas, insecticidas, fertilizantes) sin consultar al fabricante de inoculante.
4. No es recomendable mezclar inoculantes con agua corriente con cloro o con alto contenido de arsénico.
5. En los inoculantes hay organismos vivos, se debe tener cuidado al transportarlos y al almacenarlos (no exponerlos al sol).

### *Bibliografía*

- BARRENA, P. G. (2012). "Soja con riego gravitacional". Informe técnico. CORFO Rio Colorado. FERTILIZANDO. <http://www.fertilizando.com>. Consultado el 25 de Marzo del 2013.
- GONZALES, N. (2002). Fijación biológica del nitrógeno en soja. *Revista agromercado, cuadernillo soja, 70*, 14-16.
- PERTICARI, A.; ARIAS, M.; DE BATTISTA, J. J. (2003). Inoculación en nuevos ambientes productivos. *Revista agromercado, cuadernillo de soja, 77*, 35-38.
- RACCA, R. W. (2002). Inoculación en soja una herramienta fundamental para maximizar la productividad. *Revista agromercado, cuadernillo soja, 70*, 23-25
- RACCA, R. W. Algunos conceptos sobre la fijación biológica del nitrógeno en el cultivo de soja. INTA-IFFIVE-CONICET.
- SATORRE E. H.; BENECH ARNOLD R. L.; SLAFER G. A.; DE LA FUENTE E. B.; MILLARES D. J.; OTEGUI M. E.; SAVIN R. (2003). Producción de granos. UBA.