

5. INOCULACION DE LA SOYA

Fernando Munevar M. *

5.1 INTRODUCCION

Los altos costos de los fertilizantes nitrogenados son un hecho ampliamente reconocido, especialmente en Colombia, donde el precio de estos productos aumenta de una manera acelerada. Lo anterior justifica ampliamente la búsqueda y utilización de tecnologías alternas que permitan reemplazar total o parcialmente los fertilizantes nitrogenados sintéticos, ya que con ello se lograría una importante reducción de los costos de producción y un ahorro de divisas.

En el fenómeno biológico de la fijación de N se encuentra la alternativa más viable para sustituir los fertilizantes nitrogenados. Este fenómeno permite la transformación del nitrógeno elemental del aire (N_2) en formas químicas utilizables por las plantas. Aunque el proceso de la fijación biológica de N es llevado a cabo por una gama relativamente amplia de microorganismos, el sistema fijador de mayor importancia práctica es la simbiosis entre las plantas leguminosas y las bacterias de los géneros *Rhizobium* y *Bradyrhizobium* (denominados con el nombre común "rizobios".)

En la mencionada asociación simbiótica, la bacteria induce la formación de nódulos en las raíces, en los cuales el microorganismo encuentra un medio apropiado para fijar N. El N_2 de la atmósfera es entonces convertido en nitrógeno amoniacal y luego en otros metabolitos que

* I.A. Ph.D. Director Técnico MICROAGRO. FAX 2351817 Santafé de Bogotá D.C.

satisfacen las necesidades de la planta en cuanto a este nutriente.

La soya es una especie que requiere de grandes cantidades de N para lograr altos rendimientos de grano. Weber (1966), estimó un requerimiento superior a 200 kg de N/ha para obtener rendimientos superiores a 2.700 kg/ha. Sin embargo, la soya es una planta con una alta capacidad de fijar N como medio de satisfacer sus requerimientos nutricionales. Con base en lo anterior y en la importancia que ha adquirido el cultivo de la soya en diferentes regiones agroecológicas del país, el ICA ha adelantado por varios años proyectos de investigación tendientes a generar la tecnología necesaria para que los cultivadores de soya puedan utilizar la alternativa de la fijación de nitrógeno como sustituto de los fertilizantes nitrogenados. Este corto artículo resume los aspectos más importantes de ese proceso de investigación y presenta algunos resúmenes con los datos más sobresalientes para agricultores y técnicos.

5.2 NECESIDAD DE INOCULACION DE LA SOYA EN COLOMBIA

La soya tiene la capacidad genética de fijar altas tasas de N, cuando se asocia de manera efectiva con Bradyrhizobium japonicum. Se ha estimado que dicha capacidad de fijación es superior a 160 kg de N/ha y por cosecha (FAO, 1984), pero para que esa capacidad se exprese, se requiere que se den las condiciones bióticas y ambientales necesarias, tanto para la planta, como para la bacteria.

Es muy común que en suelos que no han sido cultivados con una especie de leguminosa determinada no se presente una suficiente densidad de población de rizobios capaces de asociarse con dicha especie, de manera tal que le aporten a la planta el N requerido. También se presenta con frecuencia el caso de suelos en los cuales hay una alta población de rizobios, pero la misma está conformada por tipos de bacterias (cepas) que no actúan de una manera efectiva en el proceso de fijación de N,

siendo deseable sustituir la población rizobiana por otra de características superiores. Las situaciones antes descritas, las cuales en la práctica se dan con una alta frecuencia, crean la necesidad de aplicar al suelo o a la semilla rizobios seleccionados que posean características superiores, proceso que se denomina inoculación.

Debe tenerse en cuenta también que en muchos casos el haber inoculado la soya para una siembra, no garantiza que los rizobios se establezcan y que desaparezca la necesidad de inocular, pues sobre la bacteria actúan diferentes factores que limitan su supervivencia en el suelo. Entre dichos factores están, la alta temperatura del suelo que es común en el trópico, la acidez del suelo, los períodos de sequía, la ausencia de las raíces de la planta en el suelo durante los períodos de descanso o rotación, etc.

Los estudios del ICA en esta materia, cuyos resultados se presentan más adelante, han mostrado una clara necesidad de inocular la soya en las regiones productoras de los Llanos Orientales, los departamentos de Tolima y Huila, los valles del Cesar y del Sinú y una menor probabilidad de respuesta a la inoculación en el Valle del Cauca. Como se mostrará más adelante, en las zonas productoras donde se ha encontrado respuesta a la inoculación, dicha tecnología permite obtener rendimientos de grano superiores a los que se han logrado con altas dosis de fertilizante nitrogenado.

5.3 EL PROCESO DE INVESTIGACION

El proceso de investigación cuyos resultados se resumen en este escrito se adelantó entre 1976 y 1988 e incluyó diferentes aspectos como:

- a. Creación de un banco de germoplasma de rizobios para la soya.
- b. Investigación de laboratorio, invernadero y campo para seleccionar cepas de rizobios efectivas para las diferentes zonas productoras de soya en el país.

c. Investigación de laboratorio para adaptar tecnologías para la producción nacional de inoculantes y para identificar materiales portadores para los mismos. Además, para que la tecnología generada pudiera ser utilizada por los agricultores, se instaló una planta productora de inoculantes para satisfacer la demanda nacional.

En este artículo se enfatiza lo relacionado con la investigación sobre selección de cepas de rizobios para las diferentes zonas productoras de soya. Para dicha investigación se partió de 77 cepas, que se sometieron a estudios básicos, con base en los cuales se seleccionaron trece que fueron llevadas a estudios de campo a nivel nacional.

En total en la fase de campo se adelantaron en el país más de 80 experimentos para seleccionar las mejores cepas, involucrando cinco regiones naturales, diez semestres agrícolas y doce variedades de soya. Los experimentos se realizaron en fincas de agricultores, de tal manera que se incluyeran suelos y condiciones climáticas representativos de cada zona productora, con el fin de tener resultados que al analizarse en conjunto permitieran dar una recomendación tecnológica aplicable a nivel de cada región.

En general, los experimentos de campo consistieron en evaluar el efecto de varias cepas de B. japonicum en el rendimiento de la soya y en otras variables como el tamaño de la semilla, el número y peso de los nódulos y el peso del follaje en los diferentes estados de crecimiento de la planta. En algunos experimentos se utilizó una sola variedad, pero en otros se tuvieron combinaciones factoriales de variedades y tratamientos de inoculación. En todos los casos los tratamientos inoculados se compararon con un testigo que no recibió fertilización nitrogenada ni inoculación y con un tratamiento que solamente recibía fertilizante nitrogenado.

Los tratamientos que recibieron inoculación, nunca recibieron fertilizante nitrogenado. Los inoculantes aplicados contenían una sola cepa de rizobios, en una concentración superior a 2.000 millones de células viables por gramo de inoculante. Estos inoculantes se prepararon en la planta piloto del ICA (CNI Tibaitatá), y se aplicaron a la semilla inmediatamente antes de la siembra y a una tasa de aplicación de 5 gr de inoculante por kg de semilla.

5.4 EFECTO DE LA INOCULACION

El proceso de investigación antes descrito permitió seleccionar dos cepas de rizobios de alta efectividad para la soya en las distintas zonas productoras del país, las cuales se incorporaron a la producción de inoculantes de uso comercial. De esta manera se recomienda la inoculación de la soya con la cepa ICA J-01 en los Llanos Orientales (suelos de vega) y en el Valle del Cesar y con la cepa ICA J-62 en los departamentos del Tolima y Huila. De igual manera, la cepa ICA J-01 se ha identificado como altamente promisorio para los suelos de sabana de los Llanos Orientales y para el Valle del Sinú.

Los efectos de las cepas seleccionadas en el rendimiento de la soya y la capacidad del inoculante para reemplazar la fertilización nitrogenada se observan claramente en las Tablas 1 a 4. En resumen con las dos cepas seleccionadas se lograron aumentos en el rendimiento de grano que estuvieron comprendidos entre 81% y 23%, según la región, con respecto a la soya no inoculada y sin fertilización nitrogenada, siendo los efectos de los tratamientos estadísticamente significativos. Los inoculantes con estas cepas permitieron sustituir la fertilización nitrogenada en niveles comprendidos entre 170 y 200 kg de N/ha.

Adicionalmente, como lo muestra la Tabla 4, en los suelos de sabana de los Llanos Orientales se ha encontrado como promisorio la tecnología de peletizar la semilla de soya como un complemento a la inoculación

TABLA 1. AUMENTO DEL RENDIMIENTO DE LA SOYA DEBIDO A LA INOCULACION CON LA CEPA ICA - J 01 EN SUELOS DE VEGA DE LOS LLANOS ORIENTALES Y COMPARACION CON EL MENOR EFECTO DE LA UREA (PROMEDIO DE DIEZ EXPERIMENTOS) *

Tratamiento	Rendimiento Kg/ha	Aumento debido al tratamiento
Sin inocular y sin fertilizante nitrogenado.	1.238	
Inoculado con Cepa ICA - J 01	2.244	1.006
Sin inocular y fertilizado con 152 Kg de Urea por hectárea	2.126	888
Sin inocular y fertilizado con 326 kg de Urea por hectárea	2.205	967

* Tomado de Munévar y Ramírez (1990).

TABLA 2. AUMENTO DEL RENDIMIENTO DE LA SOYA DEBIDO A LA INOCULACION CON LA CEPA ICA - J 62 EN SUELOS DEL TOLIMA Y DEL HUILA Y COMPARACION CON EL MENOR EFECTO DE LA UREA (PROMEDIO DE 17 EXPERIMENTOS) *

Tratamiento	Rendimiento kg/ha	Aumento debido al tratamiento
Sin inocular y sin fertilizante nitrogenado	1.807	
Inoculado con Cepa ICA J 62	2.726	919
Sin inocular y fertilizado con 216 kg de Urea por hectárea	2.263	456
Sin inocular y fertilizado con 326 kg de Urea por hectárea	2.225	418
Sin inocular y fertilizado con 391 kg de Urea por hectárea	2.430	623

* Tomado de Sánchez, Baquero y Munévar (1990).

TABLA 3. AUMENTO DEL RENDIMIENTO DE LA SOYA DEBIDO A LA INOCULACION CON LA CEPA ICA - J 01 EN SUELOS DEL VALLE DEL CESAR Y COMPARACION CON EL MENOR EFECTO DE LA UREA *

Tratamiento	Rendimiento Kg/ha	Aumento debido al tratamiento
Sin inocular y sin fertilizante nitrogenado	1.472	
Inoculación con Cepa ICA - J 01	2.576	1.104
Sin inocular y fertilizado con 109 kg de Urea por hectárea	1.770	298
Sin inocular y fertilizado con 217 kg de Urea por hectárea	1.965	493
Sin inocular y fertilizado con 326 kg de Urea por hectárea	2.291	819
Sin inocular y fertilizado con 391 kg de Urea por hectárea	2.319	847

* Tomado de Munévar y Ramírez (1990).

TABLA 4. AUMENTO DEL RENDIMIENTO DE LA SOYA DEBIDO A LA INOCULACION CON LA CEPA ICA - J 01 Y A LA PELETIZACION DE LA SEMILLA CON CAL EN UN OXISOL DE VILLAVICENCIO *

Tratamiento	Rendimiento (kg/ha)	
	Sin aplicar cal al suelo	Con 1.5 ton/ha. de cal aplicada al suelo.
Sin inocular y sin fertilizante nitrogenado	963	1.700
Inoculado con cepa ICA - J 01	2.393	2.687
Sin inocular y fertilizado con 152 kg de Urea por hectárea	1.218	2.006
Inoculado con cepa ICA - J 01 y peletizado con cal	2.518	2.425

* Tomado de Sánchez, Baquero y Munévar (1990).

y para resolver la limitación de la acidez del suelo, reduciendo sustancialmente la cantidad de cal que se requiere aplicar cuando se usan las metodologías convencionales. Aunque se precisa una investigación más extensiva sobre este aspecto, su potencial es alto.

Debe tenerse en cuenta que los beneficios de la inoculación dependen de la calidad de inoculante, por lo cual los efectos aquí descritos no son atribuibles a cualquier producto comercial. La calidad de los inoculantes está relacionada con las tecnologías de producción que se utilicen y en gran medida de las cepas de rizobios que contengan, de tal manera que los productos que contengan cepas que no hayan sido seleccionadas para las condiciones de cada localidad tienen el riesgo de no ser efectivos.

5.5 IMPACTO DE LA TECNOLOGIA

Además de los efectos ya mencionados de la inoculación en cuanto a aumentos en rendimiento, sustitución de fertilizante nitrogenado y la concomitante disminución en costos de producción por unidad de área, llama la atención la importante reducción en el costo de producción por kg de soya que esta tecnología permite. Para la relación de costos existente en 1989 se calculó una disminución del costo del kg de soya producido entre el 30% y el 42% al utilizar inoculante con las cepas seleccionadas, frente a la producción a base de fertilizante nitrogenado.

El impacto económico de la inoculación puede también valorarse por el área potencial de aplicación de dicha tecnología. Como se conoce, en los suelos de vega de los Llanos Orientales hay un potencial para el cultivo de la soya de aproximadamente 160.000 hectáreas, en las cuales se requeriría inocular. En el valle del Alto Magdalena (Tolima y Huila) se estima un área potencial para el cultivo cercana a 50.000 hectáreas y en caso de extenderse el cultivo a las sabanas de los Llanos Orientales el área de aplicación de la tecnología sería varias veces

mayor al de las áreas antes mencionadas en su conjunto. También se debe considerar una importante extensión en la Costa Atlántica.

Con la investigación complementaria que adelantó el ICA sobre tecnologías de producción de inoculantes y con la instalación de una planta para la producción de estos insumos, se cuenta con los medios suficientes para satisfacer la demanda nacional por estos productos durante los próximos años, lo cual hace innecesaria su importación.

5.6 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. FAO. 1984. Legume inoculants and their use. Roma.
2. MUNEVAR, M.F.; RAMIREZ, M. 1990. Uso correcto de inoculantes para soya. Cepas ICA. Plegable Divulgativo No. 224. Instituto Colombiano Agropecuario. Bogotá.
3. SANCHEZ, S., L.F.; BAQUERO, P., J.E.; MUNEVAR, M., F. 1990. Limitantes nutricionales para el cultivo de soya en oxisoles de los Llanos Orientales. Suelos Ecuatoriales (Colombia). (En impresión).
4. WEBER, C.R. 1966. Nodulation and nondulating soybean isolines. II Response to applied nitrogen and modified soil conditions. Agron. J. 58: 46-49.