

EFFECTO DEL ENRIQUECIMIENTO DEL INOCULANTE DE *Rhizobium* CON DOSIS CRECIENTES DE P SOBRE EL CRECIMIENTO DEL FRIJOL COMUN (*Phaseolus vulgaris*)¹

Leida Castro *
Lidieth Uribe *
Alfredo Alvarado *

ABSTRACT

Effect of increasing P doses in the *Rhizobium* inoculant on growth of common bean (*Phaseolus vulgaris*). In greenhouse tests, P doses of 0, 500, 1000, 1500 and 2000 ppm were added to peat carrier with or without the *Rhizobium* strain CR-477. Common bean, var BAT-76, was planted after inoculation with each of the treatments; two additional treatments included the addition of TSP (100 kg/ha) to soil, with and without inoculation with the same *Rhizobium* strain. No differences were observed, as a result of the P enrichment of the carrier, in either plant height, aerial dry matter weight and nodule weight. However, the addition of TSP, both with and without inoculation caused marked increases in all 3 variables; this shows the dependency of the bean crop upon adequate quantities of P, as well as the effectiveness of native *Rhizobium* strains in the soil in forming nodules and fixing N, when P concentrations are adequate.

INTRODUCCION

El P forma parte de importantes compuestos que están directamente relacionados con los procesos energéticos de las plantas y en general de los organismos vivos (Vinasco-Ossa y Carrillo-Pachón, 1987; Alexander, 1980). Generalmente los suelos tienen un bajo contenido de P, pero en los suelos del trópico esta situación se hace crítica especialmente por la fijación y retención de los fosfatos, debido al contenido de Al intercambiable o materiales amorfos como la alofana. En consecuencia, no siempre que se aplican fertilizantes fosfóricos se garantiza la disponibilidad de este elemento para las plantas (Vinasco-Ossa y Carrillo-Pachón, 1987; Primavesi, 1984).

El frijol común es una importante leguminosa de grano y suministra gran parte de los requerimientos proteicos de las poblaciones en Sur América, el Caribe, Africa y Asia. Sin embargo,

la producción de este cultivo es bastante baja en la mayoría de los sistemas de siembra. El promedio de producción para el frijol común en los países subdesarrollados es menor a 1000 kg/ha. Las principales razones para esta baja producción son el estrés hídrico, la alta incidencia de plagas y enfermedades y las restricciones físicas y químicas propias del suelo (Graham y Rosas, 1979; Fageira *et al.*, 1991).

La disponibilidad de cantidades adecuadas de nutrientes es un requisito básico para obtener altos rendimientos en el cultivo del frijol. En América Latina donde se cultiva el 50% de la producción mundial de frijol, el principal factor limitante para obtener altos rendimientos es la deficiencia de P. La deficiencia de N puede ser también una seria limitante en suelos con bajas cantidades de materia orgánica o donde la fijación biológica no es efectiva (Fageira *et al.*, 1991).

Freire (1984) informa que el P es el factor nutricional que más limita la fijación biológica de N (FBN), ya que es un proceso ampliamente dependiente de energía en forma de ATP. Se ha observado que bajo diferentes condiciones de disponibilidad este elemento se encuentra en mayor

1/ Recibido para publicación el 20 de enero de 1993.

* Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

concentración en los nódulos comparado a la raíz o el vástago de la planta (Graham y Rosas; 1979; Pereira y Bliss, 1987). Gran cantidad de autores han informado que la aplicación de fertilizante fosfórico mejora la nodulación y la efectividad de esta (Graham y Rosas, 1979; Graham, 1981; Freire, 1984; Singleton *et al.*, 1985; Morales, 1987; Pereira y Bliss, 1987; Buttery *et al.*, 1987).

Ssali y Keya (1986) indican que la aplicación de P en 3 cultivares de frijol aumentaron la nodulación, la producción de materia seca, la captura de P, el contenido de N en los tejidos, la FBN y la producción de semillas.

Bertsch (1986) informa que para el análisis de 13765 muestras de suelo de Costa Rica, el 75% presentaron valores menores de 10 mg/L de P. En este sentido Singleton *et al.* (1985) indican que los niveles bajos de P pueden afectar la simbiosis al disminuir el suplemento de fotosintatos al nódulo. Los diferentes enfoques para solventar los requerimientos de P en frijol incluyen: fertilización y encalado, la obtención de variedades de frijol y cepas de *Rhizobium* capaces de nodular eficientemente a bajas concentraciones de P y el enriquecimiento de las semillas con P (Alvarado *et al.*, 1992).

El presente ensayo tuvo como objetivo evaluar el efecto del enriquecimiento del inoculante con dosis crecientes de P, sobre el crecimiento del frijol y sobre la fijación biológica de N.

MATERIALES Y METODOS

Con el fin de evaluar el efecto de diferentes niveles de P sobre el crecimiento de *Rhizobium* en el inoculante a base de turba, se determinó la población bacteriana durante la primera y cuarta semana después de inoculada, utilizando la técnica del recuento en plato (Somasegaran, 1985).

Posteriormente se realizó un ensayo a nivel de invernadero en el Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica, para el cual se utilizó un suelo proveniente de Buenos Aires de Puntarenas el cual fue encalado con CaCO_3 a una dosis de 1,5 t/ha aumentando el pH de 4,5 a 5,3. Se sembró frijol de la variedad BAT 76 reconocida como tolerante a condiciones ácidas, inoculado con la cepa CR-477 que ha demostrado una alta eficiencia en varias zonas de Costa Rica; el inóculo preparado con esta cepa fue enriquecido previamente con P en forma de KH_2PO_4 en dosis de 0, 500, 1000, 1500 y 2000

ppm.

Se utilizó un diseño factorial 2x6 con 4 repeticiones. Los factores a evaluar fueron: inoculación con *Rhizobium* y sin inoculación, y cada una de estas 2 variables con 5 dosis de P aplicado a la turba y un testigo con Triple Superfosfato (TSF) a una dosis de 100 kg/ha aplicado al suelo, equivalente a 10,5 ppm de P.

La inoculación se realizó a la semilla cubriendo ésta con una capa delgada del inoculante previamente preparado según el procedimiento seguido en el Laboratorio de Microbiología de Suelos del Centro de Investigaciones Agronómicas.

La cosecha se realizó 7 semanas después de la siembra cuando el cultivo se encontraba en la etapa de crecimiento R7 (CIAT, 1982). Se determinó la altura y el peso seco de la parte aérea de la planta y el peso seco de los nódulos.

RESULTADOS Y DISCUSION

El enriquecimiento de la turba con P no tuvo ningún efecto sobre el crecimiento bacteriano (Cuadro 1) en ninguna de las 2 evaluaciones realizadas ni en ninguna de las dosis de P evaluadas, lo que indica que es posible adicionar esas dosis de P a la turba como una forma de aplicación del mismo para favorecer la FBN y el crecimiento del frijol sin causar perjuicio al crecimiento bacteriano.

Cuadro 1. Efecto de la adición de P a la turba sobre la población y el crecimiento de *Rhizobium*.

P adicionado (ppm)	Logaritmo del número de bacterias	
	Semana 1	Semana 2
0	8,15 a	9,86 a
400	8,18 a	9,82 a
800	8,40 a	10,11 a
1200	8,39 a	10,00 a
1600	8,40 a	9,72 a
2000	8,45 a	10,15 a

Sin embargo, el enriquecimiento con P del inoculante de *Rhizobium* en las dosis utilizadas tampoco tuvo ningún efecto sobre el crecimiento del frijol (Figuras 1 y 2), expresado como altura y peso seco de las plantas. Los tratamientos de 0, 500, 1000, 1500 y 2000 ppm de P adicionados a la turba, fueron estadísticamente iguales para estas 2 variables, así como para la variable peso seco de nódulos.

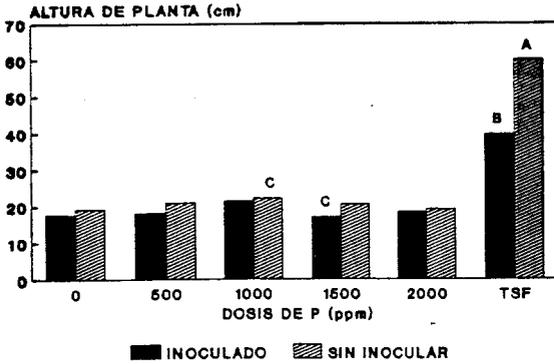


Fig. 1. Altura de las plantas de frijol después de la adición de dosis crecientes de P al inoculante y TSF (100/ha de P).

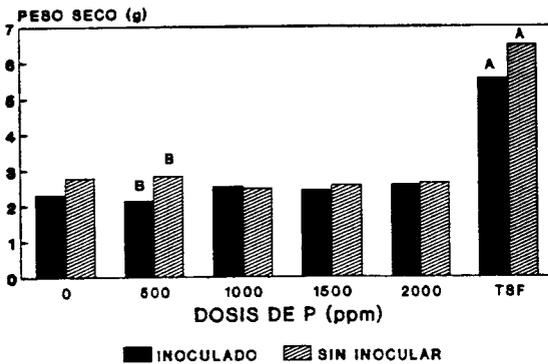


Fig. 2. Peso seco de la parte aérea de plantas de frijol después de la adición de dosis crecientes de P al inoculante y TSF a una dosis de 100/ha de P.

Si se observa la respuesta lograda por la aplicación de TSF se puede deducir que la respuesta del cultivo de frijol al P en este tipo de suelo (Ultisol) es contrastante con los otros tratamientos, pues con la adición de TSF se obtuvo aumentos mayores al 100% en la altura y el peso seco de las plantas.

El mejor resultado obtenido con la fertilización de 10,5 ppm de TSF al suelo (correspondiente a 100 kg/ha) comparado con los tratamientos de enriquecimiento de la turba con P (KH_2PO_4) se atribuye a que la turba presentó una alta fijación del P aplicado para enriquecerla (Cuadro 2). Por otro lado, la turba se aplicó a la semilla en la forma utilizada según la técnica de inoculación con cepas de *Rhizobium* de rutina, por lo que la cantidad adicionada fue del orden de mg de turba por semilla, por lo tanto, la cantidad de turba necesaria para obtener una fertilización equivalen-

Cuadro 2. Fósforo total agregado a la turba y determinación del fósforo asimilable.

P adicionado (ppm)	P asimilable* (ppm)
0	36
400	81
800	109
1200	136
1600	181
2000	252

* Determinado con Olsen Modificado.

te a la dosis de TSF utilizada (100 kg/ha), sería de 79,36 g/maceta de 2 kg de suelo.

Se observó diferencias significativas en la altura de la planta para los tratamientos de TSF inoculado y TSF sin inocular (Figura 1), sin embargo, al evaluar el peso seco de la parte aérea (Figura 2), éste no mostró diferencias estadísticas. La variable altura de planta es una evaluación más subjetiva que el peso seco de la parte aérea, ya que se presta para cometer errores al momento de la determinación, sobre todo en las plantas de frijol que emiten guías.

La FBN evaluada por medio del peso seco de los nódulos (Figura 3), resultó ampliamente favorecida por la aplicación del TSF, aumentando en un 500% el peso seco de los nódulos del tratamiento con este fertilizante. El aumento en el peso seco de los nódulos en el tratamiento inoculado como en el tratamiento no inoculado pone de manifiesto que las cepas nativas de *Rhizobium* presentes en este suelo, son tan efectivas para formar nódulos como la cepa CR-477, si las condiciones en cuanto a la disponibilidad de P son apropiadas; además, indica que en ambos casos (cepas nativas o cepas introducidas) la FBN es dependiente de la presencia de P en el suelo. Para establecer una mejor comparación de efectividad en la FBN entre cepas se determinó el contenido de ureídos en los tratamientos con TSF; se encontraron valores de 639,9 μg de ureídos/g de materia seca para las cepas nativas y 796,84 μg /g para la cepa CR-477, lo que le confiere una ligera ventaja en la efectividad para la FBN a la cepa CR-477.

Los resultados indican que un enriquecimiento con P en el suelo puede mejorar la producción no sólo por los beneficios obtenidos por la presencia de P, sino porque las cepas nativas de *Rhizobium* se ven favorecidas, aumentando por lo tanto la disponibilidad de N para la planta. Sin embargo, por los métodos tradicionales de

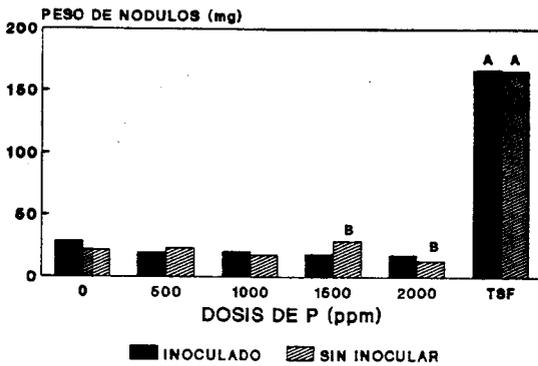


Fig. 3. Peso seco de los nódulos de planta de frijol después de la adición de dosis crecientes de P al inoculante y TSF a una dosis de 100/ha de P.

inoculación y utilizando una dosis de hasta 2000 ppm no se obtienen resultados satisfactorios al agregar el P al inoculante.

Es necesario aplicar una mayor cantidad de P a este (siempre y cuando no se afecte el crecimiento de las bacterias) y/o aplicar otro tipo de inoculación de fácil uso, que permita la adherencia de una mayor cantidad de inoculante a la semilla.

RESUMEN

Se determinó a nivel de invernadero el efecto de la adición de P al inoculante de *Rhizobium*, sobre el crecimiento del frijol.

Con este fin se adicionó a turba con la cepa de *Rhizobium* CR-477 y a turba sin cepa de *Rhizobium*, dosis de 0, 500, 1000, 1500 y 2000 ppm de P. Se sembró frijol de la variedad BAT-76 inoculado con ambos tratamientos de turba, y 2 pusieron además, otros 2 tratamientos con la adición de TSF (100 kg/ha) uno sin inocular y el otro inoculado con la misma cepa de *Rhizobium*.

No se observó ninguna diferencia entre los tratamientos con enriquecimiento de P a la turba, para las variables altura de planta, peso seco de la parte aérea o peso de nódulos. Sin embargo los tratamientos con TSF en ambos casos (inoculado y sin inocular) presentaron aumentos significativos en las 3 variables evaluadas, poniendo de

manifiesto la dependencia del frijol de la presencia de cantidades adecuadas de P, y la efectividad de las cepas nativas de *Rhizobium* para formar nódulos y fijar N, cuando las concentraciones de este elemento son adecuadas.

LITERATURA CITADA

- ALVARADO, A.; ACUÑA, O.; URIBE, L. 1992. Tecnología de bajos insumos para la fertilización del frijol tapado. Memorias del Taller: Sistemas de siembra con cobertura. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
- ALEXANDER, M. 1980. Introducción a la microbiología de suelos. 2 ed. México, AGT. 491 p.
- CENTRO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS TROPICALES (CIAT). 1982. Etapas de desarrollo del frijol común. Cali, Colombia. 25 p.
- BERTSCH, F. 1986. Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica. San José, Programa Comunicación Agrícola, Oficina de Publicaciones de la Universidad de Costa Rica. 78 p.
- BUTTERY, B.; PARK, S.; FINDLAY, W. 1987. Growth and yield of white bean (*Phaseolus vulgaris*) in response to nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer and to inoculation with *Rhizobium*. Can. J. Plant Sci. 67:425-432.
- FAGERIA, N.; BALIGAR, V.; JONES, C. 1991. Growth and mineral nutrition of field crops. Madison, New York, Library of Congress. p. 280-319.
- FREIRE, J. 1984. Important limiting factors in soil for *Rhizobium-legume* symbiosis. In Biological Nitrogen Fixation: ecology, technology and physiology. Ed. by M. Alexander. New York, Plenum Publishing Corp. p. 51-74.
- GRAHAM, P. 1981. Some problems of nodulation and symbiotic nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris* L.: A review. Field Crops Research 4:93-112.
- GRAHAM, P.; ROSAS, J. 1979. Phosphorus and symbiotic nitrogen fixation in common bean. Agronomy Journal 71:925-926.
- MORALES, M. 1987. Selección y evaluación de cepas de *Rhizobium leguminosarum* biovar phaseoli tolerantes al suministro restringido de fósforo. Tesis M.Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 97 p.
- PEREIRA, P.; BLISS, F. 1987. Nitrogen fixation and plant growth of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) at different levels of phosphorus availability. Plant and Soil 104:79-84.
- PRIMAVESI, A. 1984. Manejo ecológico del suelo. 5 ed. Buenos Aires, Argentina, El Ateneo. 499 p.

- SINGLETON, P.; MAGID, H.; TAVARES, J. 1985. Effect of phosphorous on the effectiveness of strain of *Rhizobium japonicum*. Soil Sci. Soc. Am. J. 49:613-616.
- SSALI, H.; KEYA, S. 1986. The effects of phosphorus and nitrogen fertilizer level on nodulation, growth and dinitrogen fixation of three bean cultivars. Trop. Agric. (Trinidad) 63(2):105-109.
- SOMASSEGARAN, H. 1985. Methods in legume-*Rhizobium* technology. Hawaii, NIFTAL. 367 p.
- VINASCO-OSSA, C.; CARRILLO-PACHON, I. 1987. El P en el suelo y su importancia en el cultivo del café. Federación Nacional de Cafetaleros de Colombia. Centro Nacional de Investigación de Café. Boletín Técnico no. 12. p. 1-34.