

Tolerancia del frijol común a la baja disponibilidad del fósforo en suelos de Honduras¹

Juan Carlos Rosas, Ana Margoth Andrews y Aracely Castro²

Resumen. El presente trabajo es el resultado de una revisión de la literatura disponible sobre fertilización con fósforo (P) y tolerancia del frijol a bajo P en Honduras. Se presentan resultados de la caracterización del contenido de P en suelos de regiones frijoleras, respuesta a la fertilización con P, efectos en la fijación de nitrógeno y diferencias en genotipos de frijol. El mayor énfasis del documento es en resultados obtenidos en Zamorano, Honduras. En general, una gran proporción de los suelos de las zonas frijoleras evaluadas son de contenido bajo en P. Los rendimientos en estos suelos pueden ser incrementados con la aplicación de P. Se observaron diferencias genotípicas en la respuesta al P. A pesar de incrementos significativos en la nodulación en algunos estudios, no se observaron aumentos correspondientes en rendimiento.

Palabras claves: *Phaseolus vulgaris*, fertilización con fósforo, rendimiento de grano, nodulación.

Abstract. This is a review of the available literature on phosphorus (P) fertilization and bean tolerance to low P in Honduras. The main emphasis of this document is on results obtained in Zamorano, Honduras. Results are presented in the characterization of P content in soils from some bean production regions, response to P fertilization, effects on nitrogen fixation and genotypic differences in beans. In general, a great proportion of the soils from the bean regions tested are of low P content. Yields in these soils can be increased with P fertilization. Genotypic differences on the response to P were observed. In spite of significant increases in nodulation in some studies, the corresponding increases in yield were not observed.

Key words: *Phaseolus vulgaris*, phosphorus fertilization, grain yield, nodulation

INTRODUCCION

El frijol es uno de los granos básicos de mayor importancia en la dieta de los hondureños, y junto con el maíz la principal fuente de proteínas de los pobladores de zonas rurales y de bajos recursos en las zonas urbanas. Sin embargo, el consumo per capita (11.0 kg/persona/año), para el período 1980-92, es considerado sólo moderado (Naciones Unidas, 1995). Una tasa de crecimiento de la producción de frijol de - 0.9% anual (período 1980-93) y un incremento poblacional del 3.0% (FAO, 1993), redujeron la disponibilidad y consumo de frijoles en Honduras en ese período.

El frijol se produce mayormente bajo condiciones de pequeña agricultura, donde predominan factores limitantes de suelo y clima, enfermedades y plagas, que reducen su productividad en Honduras, estimada en 654 kg/ha (FAO, 1993). Entre las limitantes del suelo, se incluyen las

deficiencias nutricionales, principalmente nitrógeno (N) y fósforo (P), que afectan el crecimiento y productividad del frijol en toda la región centroamericana (Bazán, 1974). Las alternativas para mejorar la productividad del frijol bajo condiciones de bajo P, comprenden la utilización de fertilizantes fosfatados, incluyendo las enmiendas (p.e. roca fosfórica), la tolerancia genética a bajo P, y las asociaciones con organismos benéficos (hongos micorrizas). La utilización de fertilizante por la mayoría de los productores de frijol se encuentra muy por debajo de las recomendaciones; sin embargo, variedades más eficientes podrían mejorar la productividad del cultivo aun cuando se usen dosis compatibles con las bajas inversiones en insumos agrícolas de estos productores. En Honduras, se han observado buenas respuestas a la aplicación de P mediante el uso de fertilizantes compuestos (p.e. 18-46-0), que contienen además N en menores cantidades.

Este es el resultado de una revisión de la escasa

¹ Departamento de Agronomía, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano (Publicación AG-9509). Trabajo presentado en el Taller de Bajo Fósforo organizado por ProFrijol. San José, Costa Rica, Noviembre 14-16, 1995.

² Jefe, Profesor Asociado, y Asistente de Investigación, Departamento de Agronomía, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Apartado 93, Tegucigalpa, Honduras.

literatura disponible en esta área; se presentan resultados y comentarios sobre el contenido de P de suelos de las zonas frijolerías más importantes de Honduras, respuesta a la fertilización con P, efectos en la fijación de nitrógeno y mejoramiento genético de la tolerancia del cultivo.

CARACTERIZACION DEL FOSFORO EN SUELOS DE HONDURAS Y ZAMORANO

El estudio de Andrews *et al.* (1994) presenta datos del contenido de P de 62 suelos en muestras tomadas en 59 localidades (25 municipios) de los departamentos de Olancho (región nor-oriental), Francisco Morazán y El Paraíso (región centro-oriental), donde se concentra más del 50% de la producción de frijol de Honduras. Según el P aprovechable del suelo (Mehlich I), los suelos se clasificaron en bajo (< 17 ppm), medio (17-30 ppm) y alto (> 30 ppm). El contenido de P en estos suelos es muy variable, dependiendo de la procedencia de las muestras; el 48% (30 muestras) presentó niveles bajos de P, 21% (14 muestras) niveles medios y 29% (18 muestras) niveles altos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Distribución de suelos por departamentos, localidades y su contenido de fósforo. Honduras, 1994 (Andrews *et al.*, 1994).

Departamento	Nivel de Fósforo (ppm)			Rango
	Bajo (<17)	Medio (17-30)	Alto (>30)	
	No. localidades			
Olancho	4	2	8	0.8 - 345
Francisco Morazán	13	7	7	3 - 121
El Paraíso	13	5	3	3 - 70
Total	30	14	18	

Sólo el 28% de las muestras de Olancho presentaron niveles bajos y 57% niveles altos. Lo contrario se presentó en los departamentos de la región centro-oriental, Francisco Morazán y El Paraíso, donde las muestras con bajos niveles de P alcanzan el 54%, y sólo el 21%

presentaron niveles altos. Estos resultados en el contenido de P, se relacionan con las condiciones de suelo y tecnología de la producción de frijol que caracterizan a estas regiones.

En Olancho, región nor-oriental, la mayoría de las tierras utilizadas en la producción de frijol están localizadas en valles o laderas de poca pendiente, y poseen características de buena fertilidad. Además, muchos de los productores utilizan altas cantidades (180-225 kg/ha) de fertilizante compuesto (18-46-0) ó (12-24-12) en la producción de maíz en el ciclo de primera, y cantidades medias a altas (90-135 kg/ha) para la producción de frijol en el ciclo de postrera, debido a la rentabilidad potencial de estos cultivos.

En la región centro-oriental del país, departamentos de Francisco Morazán y El Paraíso, el frijol es mayormente producido por pequeños agricultores en terrenos marginales, principalmente laderas de baja fertilidad, y utilizando un mínimo de insumos, debido a que en esta región el frijol es mayormente un cultivo de subsistencia y con un bajo potencial de comercialización. Como consecuencia, los rendimientos obtenidos en esta región son superados significativamente por los obtenidos en la región nor-oriental (Andrews *et al.*, 1994).

Algunos estudios sobre la caracterización del contenido de P en ciertos suelos de Zamorano (typic ustifluent) han sido conducidos anteriormente. Sierra (1959) estudió el horizonte Ap de tres suelos de Zamorano, encontrando variación en el pH de 5.3 a 5.8. El P extraído (Mehlich I) en estos suelos varió de 0.3 a 8 mg/kg de suelo. En un ensayo conducido por Awan (1964), en un período de dos años en dos lotes de Zamorano, se registraron las diferencias en rendimiento de sorgo, maíz y frijol (variedad Zamorano) debidas al efecto de aplicación de cal $[Ca(OH)_2]$ equivalente a 2 ton/ha de $CaCO_3$, para elevar el pH de 5.5 a 6.5, aplicada en el primer año, y fósforo (35 kg/ha de P como superfosfato triple), aplicado a la siembra en cada cultivo. Los resultados del estudio de Awan (1964) al final de los dos años, indicaron que la mayor parte del P potencialmente disponible en suelos de Zamorano era en forma orgánica (Cuadro 2). El encalado libera el P de la fracción orgánica de estos suelos e incrementa la eficiencia del P aplicado y su utilización por los cultivos.

Cuadro 2. Efectos de la cal y el fósforo en el pH y fósforo del suelo y en el rendimiento del frijol del lote La Vega después de dos años de cultivo. Zamorano, Honduras (Awan, 1964).

Tratamiento	pH	Fósforo (ppm)				Rendimiento	
		Disponible	Total	Inorgánico	Orgánico	kg/ha	% Respecto al testigo
Testigo	5.5	3.4	131	23	108 (82.4) ²	1,113	100
Cal	6.3	6.0	129	36	93 (72.1)	1,729	155
Fósforo	5.4	6.7	149	38	111 (75.5)	1,570	141
Cal + Fósforo	6.3	12.0	150	61	89 (59.3)	2,065	186
DMS 0.05		4.8	7.9	6.2	10.6	175	

² Porcentaje del fósforo total.

DSM = Diferencia Mínima Significativa

La capacidad de absorción de P por la variedad Dorado se determinó en un estudio en invernadero conducido por Tamashiro (1995), utilizando un suelo del lote Los Míngos del Zamorano (3 ppm de P), y tratamientos de 0, 20, 40, 60 y 80 kg/ha de P₂O₅ usando una solución nutritiva a base de ácido fosfórico. Se registró un incremento en la absorción de P (0.24 a 0.32%), que fue proporcional al P aplicado. No se observaron diferencias en la absorción de N.

RESPUESTA A LA FERTILIZACION CON FOSFORO

Varios estudios conducidos en Honduras (Awan, 1964; Burgos, 1967; Barkdoll *et al.*, 1983; Andrews, 1990; Wong, 1992; Andrews *et al.*, 1994; 1995) reportan respuestas significativas del cultivo de frijol a la fertilización fosfatada. En el estudio de Awan (1964), se registraron incrementos significativos en el rendimiento de la variedad Zamorano, con las aplicaciones de cal sola y cal con P (Cuadro 2).

Barkdoll *et al.* (1983), encontraron diferencias en la respuesta de cuatro variedades de frijol a dos niveles de P (26 y 52 kg P/ha) en dos lotes de Zamorano (Cuadro 3). En San Nicolás (7.4 - 12.0 kg P/ha) y en Monte Redondo (15.7 - 22.0 kg P/ha), no se observaron efectos del P en el rendimiento, pero la interacción variedad (V) x P fue significativa, siendo superior la variedad Porrillo Sintético. Por falta de un tratamiento testigo sin P, no se pudo

determinar si hubo respuesta al nivel de 26 kg P/ha.

Como sugieren Barkdoll *et al.* (1983), la respuesta a la aplicación de P depende de su contenido en el suelo. Esto fue corroborado por Wong (1992) utilizando dos lotes de Zamorano, Zorrales con bajo P (10.3 ppm) y Colindres con alto P (45.5 ppm). En Zorrales, hubo una respuesta lineal y cuadrática en el rendimiento; en cambio en Colindres la respuesta al P fue solamente cuadrática (Cuadro 4).

Robleto (1988), logró un incremento significativo en la nodulación de la línea WBR 22-34, pero no encontró diferencias en el rendimiento, aun usando dosis altas (0, 150 y 300 kg P₂O₅/ha), en suelos con contenido bajo a medio de P.

En los ensayos de Andrews *et al.* (1995), conducidos en lotes de bajo contenido de P en Zamorano y Güinope, se observaron diferencias en las respuestas varietales a la aplicación de fertilizante fosfórico (Cuadro 5). En Zamorano, se observó una interacción significativa V x P, siendo mayor la respuesta cuadrática en Río Tibagi (R²=0.66) que en Dorado (R²=0.27); en cambio, en Güinope, la interacción V x P no fue significativa ya que ambas variedades tuvieron una buena respuesta (R²=0.72 y 0.80, respectivamente). Las diferencias en temperatura y humedad de Zamorano (800 msnm) y Güinope (1,300 msnm), pudieron haber influido en el comportamiento de las variedades y su eficiencia en la utilización de P.

Cuadro 3. Rendimiento (kg/ha) de cuatro variedades de frijol bajo dos niveles de fertilización fosforada. Zamorano, Honduras, 1982 (Barkdoll *et al.*, 1983).

Localidad	P (kg/ha)	Variedades				Promedio
		Porrillo 70	Acacias 4	Zamorano	México 27 R	
San Nicolás^z						
	26	1709	1332	1440	1019	1375
	52	1773	1367	1331	1148	1404
	DMS 0.05 (Variedad x P) = 433					NS
Monte Redondo						
	26	1570	1303	1115	1447	1359
	52	1451	1177	1064	1353	1261
	DMS 0.05 (Variedad x P) = 438					NS

^z Contenido de P (kg/ha): San Nicolás 7.4 - 12.0; Monte Redondo: 15.7 - 22.9.

DSM= Diferencia mínima significativa

NS= No significativo

Cuadro 4. Efecto del fósforo (P) en el número de nódulos y pesos secos de nódulos y parte aérea por planta en la etapa de floración y en el rendimiento de grano del frijol común. Zamorano, Honduras, 1991 (Wong, 1992).

P ₂ O ₅ (kg/ha)	Nódulo		Peso seco parte aérea (g)	Rendimiento (kg/ha)
	Cantidad	Peso seco (mg)		
Suelo con bajo P^z				
0	5.1	6	8.2	684
40	3.6	7	8.5	748
120	5.6	7	10.4	840
200	5.0	5	9.2	766
R lineal	NS	**	NS	*
R cuadrático	**	**	*	*
Suelo con alto P^y				
0	7.1	15	7.5	968
40	8.8	26	9.7	1172
120	10.7	11	9.7	1122
160	10.5	12	10.2	1084
R lineal	NS	NS	**	NS
R cuadrático	NS	NS	**	*

^z Zorrales: 10.3 ppm P, pH 5.7, 0.18% N.

^y Colindres (T1): 45.5 ppm P, pH 5.5, 0.16%.N.

** Significativo al nivel de P ≤ 0.01

* Significativo al nivel de P ≤ 0.05

NS = no significativo

Cuadro 5. Respuesta en rendimiento de grano (kg/ha) a la fertilización fosforada en variedades de frijol en dos localidades. Honduras, 1994 (Andrews *et al.*, 1995).

P (kg/ha)	Localidad			
	Zamorano		Güinope	
	Dorado	Río Tibagi	Dorado	Catrachita
0	2,060	1,831	382	412
40	2,114	2,299	634	662
80	1,691	2,522	1,002	952
120	2,188	2,732	823	898
R ²	0.27 ^z	0.66	0.72	0.80
Andeva (V x P)	**		NS	

^z Respuesta cuadrática

** Significativo al nivel de P ≤ 0.01

* Significativo al nivel de P ≤ 0.05

NS = no significativo

EFFECTO DEL P EN LA FIJACIÓN DE NITROGENO

El bajo contenido de P en los suelos reduce la capacidad de nodulación y fijación de N₂ del frijol común, y la respuesta a la fertilización con P varía según el genotipo (Graham, 1981). Estudios conducidos en Zamorano, indican un incremento significativo de la nodulación en frijol como consecuencia de la aplicación de P. Wong (1992) obtuvo una respuesta cuadrática en el número y peso seco de nódulos con aplicaciones de P, pero no observó incrementos en rendimiento en suelos de contenido medio de N (0.13 y 0.16%) en los que la contribución de la fijación de N₂ es menor (Graham, 1981). Barkdoll *et al.* (1983) sugirieron que en Zamorano, la inoculación con *Rhizobium* podría ser usada efectivamente en vez de fertilizante nitrogenado, y esperarse un rendimiento equivalente a la aplicación de 60 kg/ha de N, siempre que se adicione el P necesario.

MEJORAMIENTO DE LA TOLERANCIA A BAJO P

En la actualidad, la EAP/Zamorano está caracterizando un germoplasma de más de 500 variedades criollas hondureñas por su tolerancia a bajo P en las localidades de Zamorano (800 msnm) y Tatumbla (1600

msnm). Se ha iniciado un programa de hibridaciones para recombinar fuentes de tolerancia a bajo P y eficiencia en la respuesta al P, provenientes de diversos reservorios genéticos, que puedan servir de donantes en el desarrollo de cultivares.

LITERATURA CITADA

- Andrews, A. M. 1990. Soil factors affecting bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and maize (*Zea mays* L.) production in Honduras, Central America. Ph.D. Dissertation, Universidad de Florida, Gainesville, FL. 234 p.
- Andrews, A. M., J. A. Castro, J.C. Rosas y F. Rodríguez. 1994. Tolerancia del frijol a bajos niveles de fosfato. Informe Anual 1993 presentado a ProFrijol. 13 p.
- Andrews, A. M., J. A. Castro y J.C. Rosas. 1995. Respuestas de variedades de frijol a la fertilización fosforada en dos localidades de Honduras. Informe Anual de Investigación, Departamento de Agronomía, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, IAI 7:90-91.
- Awan, A.B. 1964. Effect of lime on availability of phosphorus in Zamorano soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 28(5):672-673.

- Barkdoll, A.W., J.B. Sartain y D.H. Hubbell. 1983. Effect of soil implanted granular and pellet *Rhizobium* inoculant on *Phaseolus vulgaris* L. in Honduras. Soil and Crop Sci. Soc. of Florida Proc. 42:184-189.
- Bazan, R. 1975. Nitrogen fertilization and management of grain legumes in Central América. pag. 228-244. En: E. Bornemisza y A. Alvarado (eds.), Soil Management in Tropical America. North Carolina State Univ.
- Burgos, C. F. 1967. Nitrogen- phosphorus interaction in the dark clays from Honduras. Ph.D. Dissertation, Universidad de Florida, Gainesville, FL. 97 p.
- FAO. 1993. Production Yearbook. FAO collection: Statistic, Vol. 46. 112
- Graham, P.H. 1981. Some problems of nodulation and symbiotic N₂ fixation in *Phaseolus vulgaris* L. : A review. Field Crops Res. 4: 93-112.
- Naciones Unidas. 1995. Granos básicos en Centro América: Propuestas para los pequeños agricultores (Información estadística general). CEPAL/ONU, 132 p.
- Robleto, E.A., 1988. Efecto de la fertilización con calcio, fósforo, y molibdeno en la fijación de nitrógeno y rendimiento del frijol común. Tesis Ing. Agr., Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras, 52 p.
- Sierra, F.A. 1959. A comparison of the amount of P removed from different soils by extracting solutions. Tesis de Maestría, Universidad de Florida, Gainesville, FL., 79 p.
- Tamashiro, J. 1995. Absorción de nitrógeno y fósforo en maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) bajo condiciones de Zamorano. Tesis Ing. Agr., Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.
- Wong, I. 1992. Efecto de la fertilización con nitrógeno y fósforo sobre la fijación de nitrógeno y rendimiento en frijol común. Tesis Ing. Agr., Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras, 72 p.