

TOLERANCIA DEL FRIJOL COMUN A BAJA DISPONIBILIDAD DE FOSFORO EN SUELOS DE VERACRUZ, MEXICO ¹

Ernesto López², Javier Cumpian², Arturo Durán², Jorge A. Acosta-Gallegos³

RESUMEN

Tolerancia del frijol común a baja disponibilidad de fósforo en suelos de Veracruz, México. Durante dos años se evaluaron genotipos de frijol de diversos orígenes con el objetivo de identificar germoplasma adaptado a suelos ácidos, para el trópico de México. El estudio se realizó en Isla, Veracruz durante los ciclos agrícolas 1993-94 y 1994-95 en condiciones de humedad residual. El primer año se evaluaron 234 materiales y 134 el segundo. Se utilizaron diseños experimentales de látice simples duplicados, dos repeticiones con la adición de cal (1,25 t/ha) y dos sin cal. Para la evaluación de genotipos se utilizaron dos índices: Rendimiento relativo (%) = $(R_i \text{ sin cal} / R_i \text{ con cal})100$ y $li = (R_i \text{ sin cal/prom.sin}) / (R_i \text{ con cal/prom.con})$. Se identificaron genotipos con altos rendimientos en ambos tratamientos (con y sin cal) como: G-3645, BAT 1467 y Chis. 3-A-1, así como genotipos con respuesta a la adición de cal como: DOR-390 y Phavu-1125 y materiales con buena respuesta al tratamiento sin cal como: Chis-3-A-4, Chis-117-A e Hgo-67. Este último proveniente del altiplano mexicano, lo que abre las posibilidades de ampliar la base del germoplasma utilizado en el trópico.

ABSTRACT

Bean tolerance to low P in soils of Veracruz, México. Different bean genotypes were evaluated in order to identify material adapted to poor agricultural soils, mainly with low phosphorus content for the tropical areas of Mexico. The experiments were conducted in Isla, Veracruz, Mexico during 1993-94 and 1994-95; 234 and 134 bean materials were evaluated respectively. Simple lattice and duplicated experimental designs were employed in combination with lime (1.25 t/ha) and without it. The variable used for assessing the response of the genotypes were: Relative grain yield (%) = $R_i \text{ without} / R_i \text{ with}(100)$, $li = (R_i \text{ without lime/average without}) / (R_i \text{ with/average with})$. Results showed that promising genotypes in both treatments were: G-3645, BAT 1467 and Chis 3-A-1, and the ones with good response to the application of lime were: DOR 390 and Phavu-1125 and the material with good response without lime were: Chis 3-A-4, Chis 117-A and Hgo-67. This last genotype is from the Mexican Highlands and gives the opportunity for broadening the germplasm base in the low land tropics.

¹ Parcialmente financiado por la COSUDE a través de PROFRIJOL Proyecto: Tolerancia del frijol a bajo fósforo, toxicidad de aluminio y manganeso en suelos tropicales de México y América Central.

² Investigadores del Programa de Leguminosas Comestibles del INIFAP. Apartado Postal 429. Veracruz, Ver. C. P. 91700 México.

³ Investigador Programa de Frijol del INIFAP. Apdo. Postal 10, Chapingo, Méx. CP. 56230 México.

INTRODUCCION

En México, el estado de Veracruz se ubica entre los tres estados con mayor superficie de suelos ácidos, junto con Chiapas y Michoacan. Este problema se presenta también en otros estados del sur del país como Tabasco, Guerrero y Oaxaca. El estado de Veracruz tiene una superficie cultivable de 330,000 ha que presentan problemas de acidez de suelo, el pH de la capa arable varía de 4,5 a 5,5 (SARH 1982). En estas áreas predominan los suelos de los tipos *arenosol cambico*, *acrisol ortico*, *luvisol ferralico*, *luvisol plántico* y *andosol húmico*, que son en donde se establecen las siembras de frijol y donde son más notorios los efectos que tiene la acidez sobre el rendimiento en este cultivo.

El Instituto Nacional de Investigación en Forestales y Agropecuarias (INIFAP) dentro del Campo Experimental de Isla, Ver., ha realizado trabajos de encalado de suelos en varios cultivos. Para el caso del frijol, se encontraron respuestas más favorables con la aplicación de cal dolomítica con 1,25 t/ha que con la adición de CaCO₃. Existe evidencia de variación genética del frijol en cuanto a su eficiencia en el uso del fósforo y tolerancia a la toxicidad de aluminio y manganeso. Thung *et al.* (1990) mencionaron que las variedades comerciales del Brasil, Carioca y Mulatinho 349, no solamente son eficientes en el uso del fósforo, sino también tolerantes a un nivel moderadamente alto de aluminio y manganeso. Salinas (1978) clasificó a los genotipos Carioca 1030, Rico Pardo 896, Costa Rica 1031 y Selecão Cova 1002, como tolerantes al aluminio y señaló que estas mismas variedades fueron eficientes en el uso de bajo fósforo.

Ronzelli *et al.* (1985) encontraron que la adición de cal incrementó la germinación del frijol; genotipos como Carioca 80, BAT 67 e ICTA Tamazulapa fueron muy susceptibles a la toxicidad de Al. Los genotipos Carioca, Río

Iguacú y Roxa 1805, presentaron mínima respuesta a la cal. Genotipos intermedios fueron Río Tibagí, Río Negro, Rico 23 y Rico 1735. Fontes *et al.*, (1985) observaron mejor utilización del fertilizante fosfatado por la planta de frijol, cuando el campo fue encalado. La cal incrementó la producción de frijol en 41% en el primer año y 34% el segundo.

Con base a la problemática anterior, a partir de 1993 se inició la evaluación de materiales de frijol de diferentes orígenes, con el objetivo de identificar germoplasma adaptado a suelos ácidos, para el trópico de México. El presente trabajo se llevó a cabo en Isla, Veracruz durante el otoño-invierno de 1993-94 y 1994-95, evaluándose 234 genotipos el primer año y 134 el segundo.

MATERIALES Y METODOS

Durante el ciclo otoño-invierno 1993-94, se sembraron bajo condiciones de humedad residual, tres experimentos con diferentes genotipos de frijol en el C.E. Papaloapan (Isla, Ver.) el 29 de octubre de 1993. Grupo 1: 49 genotipos calificados como tolerantes a bajo fósforo (Comun. pers. S. Beebe, 1992, CIAT), Grupo 2: 64 genotipos criollos del estado de Chiapas provenientes del Banco de Germoplasma del INIFAP y Grupo 3: 121 colectas representativas del Banco de Germoplasma del INIFAP (Comun. pers. F. Cárdenas, 1989, INIFAP). El suelo del sitio experimental es un acrisol (Clasificación FAO-UNESCO) de pH 4.4 (Cuadro 1). El diseño experimental utilizado para cada grupo de genotipos fue de latice simple (7X7, 8X8 y 11X11) con dos repeticiones sin y dos con 1,25 t/ha de cal dolomítica (cantidad suficiente para elevar el pH a 5,5). La cal fue incorporada al suelo e incubada 30 días antes de la siembra. En el siguiente ciclo otoño-invierno 1994-95, se sembraron tres experimentos el día 5 de octubre de 1994, en la

Cuadro 1. Características del suelo del Campo Experimental Isla, Veracruz.

Localidad	Estado	pH	Saturación		%	ppm			
			Al+++	Bases	M.O.	P	K	Ca	Mg
Isla	Ver.	4.4	-	-	0.91	18*	21	122	4

* Carolina del Norte

misma localidad y suelo del sitio experimental. Dos experimentos se sembraron en un diseño latice simple duplicado, dos repeticiones con cal dolomítica (1,25 t/ha) y dos sin cal. La cal fue incorporada al suelo 30 días antes de la siembra. En el tercer experimento sólo se sembró una repetición con dosis de 80 Kg/ha P₂O₅, en un diseño de latice simple. Grupo 1: 49 genotipos calificados, como tolerantes a bajo fósforo; Grupo 2: 36 genotipos, principalmente criollos del estado de Chiapas y del Banco de Germoplasma (INIFAP), y Grupo 3: 49 genotipos criollos de estado de Chiapas y colectas del Banco de Germoplasma del INIFAP. Para la evaluación de las respuestas en rendimiento se utilizaron los índices siguientes (Graham, 1984): Rendimiento relativo(%)= $R_i \text{ sin } (100)/R_i \text{ con}$, donde $R_i \text{ sin}$ y $R_i \text{ con}$ es el rendimiento del genotipo i bajo los dos niveles de cal dolomítica. Los genotipos eficientes mostraron un R_i cercano o superior a 100%. Genotipos con bajo rendimiento en ambas condiciones pueden erróneamente dar un alto R_i y deben ser excluidos. La exclusión de estos puede lograrse con el uso de otro índice que selecciona genotipos con alto rendimiento en ambos tratamientos $li = (R_i \text{ sin}/\text{prom. sin}) / (R_i \text{ con}/\text{prom. con})$, donde: R_i rendimiento del genotipo i ; prom. sin y con es el promedio general en los tratamientos sin y con cal. Además de los experimentos con variedades, se estableció un experimento factorial 2X2X4, dos dosis de cal dolomítica (0 y 1,25 t/ha), dos dosis de P₂O₅ (10 y 80 kg/ha) y cuatro variedades (Negro Tacaná, Negro Veracruz, Negro Cotaxtla 91 y Negro INIFAP).

RESULTADOS Y DISCUSION

Durante el ciclo del cultivo O-I 1993-94 de octubre a enero la precipitación ocurrida fué baja (167 mm), por lo que los materiales evaluados estuvieron bajo un severo déficit de humedad durante la etapa reproductiva (36 mm de noviembre a enero). En el Grupo de genotipos 1, el promedio de rendimiento en el tratamiento sin cal resultó de 35% en comparación con el obtenido con cal, mientras que los Grupos de genotipos 2 y 3 el rendimiento sin cal fue de 59 y 53%, respectivamente.

En el primer grupo los genotipos que resultaron sobresalientes por rendimiento en ambos tratamientos (valores altos en el índice li) fueron G-3645 (Jamapa), BAT-1467, G-6113 y G-1323, mientras que en los grupos 2 y 3 fueron: Chis. 104, Chi.s 3-A-1 y Chis. 256, así como Dgo. 21, Qro. 34 y Coah. 305.

En el grupo 1 también se identificaron variedades que sólo respondieron bien en los tratamientos con cal como: Negro Tacaná (DOR-390) y G-11586. En el grupo 2 se identificaron algunos genotipos que resultaron sobresalientes sólo en el tratamiento sin cal ($R_i > 100\%$) como Chis 3-A-4 y Chis 177-A e Hgo-67 del grupo 3 (Cuadro 2). Lo anterior confirma lo indicado por Bebee (comun. pers., 1991) al identificar germoplasma con tolerancia a aluminio y bajo fósforo en Popayán, Colombia sobre todo del estado de Chiapas en México.

Cuadro 2. Rendimiento de variedades de frijol tolerantes a bajo fósforo sembradas con y sin Cal en un suelo ácido (pH 4.4)* Isla, Ver. * Ciclo O-I. 1993-1994. INIFAP.

Genotipo	Días a floración	Cal g/m ²		Indices ^{1/}	
		Sin	Con *	Ri %	li,
G-3645	34	55,0	96,0	57	0,55
BAT-1467	42	67,0	67,0	100	9,01
G-6113	43	39,0	103,0	38	2,71
G-1323	41	38,0	58,0	65	1,49
DOR-390	37	20,0	95,0	21	1,05
G-11586	50	15,0	79,0	19	0,81
CHIS-104	41	77,5	131,0	59	2,13
CHIS-3-A-1	44	88,0	109,0	80	2,02
CHIS-256	46	72,0	132,0	54	1,99
CHIS-3-A-4	45	104,0	65,0	160	1,43
CHIS-177-A	46	78,0	48,0	162	0,79
DGO-21	33	100,5	123,0	82	3,77
QRO-34	39	85,5	109,0	78	2,84
COAH-305	44	65,0	141,0	46	2,79
HGO-67	34	112,0	57,0	195	1,96

^{1/} Ver texto

* 1,25 t/ha, cantidad necesaria para elevar el pH de la capa arable del suelo a 5,5.

Cuadro 3. Rendimiento de variedades de frijol tolerantes a bajo fósforo sembrados con y sin cal en un suelo ácido (pH 4,4)*. Isla, Ver. Ciclo O-I 1994-95, INIFAP.

Genotipos	Días a madurez	Cal (g/m ²)		Indices ^{1/}	
		Sin	Con *	Ri (%)	li
G-3645	92	112	96	117	4.8
NAG-161	90	70	222	31	7.4
RIO NEGRO	91	71	133	60	4.5
BAT-1467	89	69	183	38	4.5
DOR-390	92	34	222	16	3.4
G-1323	94	115	123	93	5.0
G-6113	92	92	138	67	4.5
PHAVU-1140	91	76	85	89	2.9
PHAVU-670	93	55	125	44	3.2
PHAVU-681	94	60	113	53	3.0
CHIS-3-A-1	90	38	99	38	1.6
PHAVU-1125	93	34	109	31	1.6
VERACRUZANO	91	75	109	69	3.7
PHAVU-115	69	94	108	87	3.6
C. ARBOLITO	94	77	164	47	4.5
DOR-448	89	100	186	54	8.9
II-307-CB-5E-0E-M	90	87	140	62	5.8

^{1/} Ver texto

* 1,25 t/ha, cantidad necesaria para elevar el pH de la capa arable del suelo a 5,5

Durante el ciclo del cultivo (octubre a enero) 1994-95 la precipitación fué de sólo 220 mm, por lo que los materiales evaluados estuvieron bajo sequía durante la época reproductiva, sequía que se incrementó en severidad conforme avanzó el ciclo (120 mm de noviembre a enero).

En el grupo de 36 genotipos el promedio de rendimiento en el tratamiento sin cal resultó de 57% en comparación con lo obtenido con cal, lo que confirma lo señalado por Fontes *et al.* (1965) sobre el incremento de producción de frijol en suelos encalados. Los genotipos Jamapa, BAT 1467, G-1323 y G-6113 resultaron sobresalientes en ambos tratamientos, así como la variedad Negro Tacaná (DOR-390), que nuevamente respondió bien en el tratamiento con cal tal como lo señaló Ronzelli *et al.* (1985), quienes encontraron diferentes respuestas varietales al encalamiento (Cuadro 2). También resultaron sobresalientes ambos tratamientos los genotipos siguientes: NAG-161, DOR-448, Criollo Arbolito, II-307-CB-5E-OE, Phavu-1140, Phavu-670 y Chis-3-A-1. Aunque el proyecto es incipiente, se puede constatar que la variación genética presente en los grupos estudiados es muy amplia. Además, en este proyecto el objetivo de las evaluaciones es de doble propósito, identificar materiales prometedores para su posible utilización por los agricultores y la identificación de progenitores con altos niveles de tolerancia para su uso en los Programas de Mejoramiento genético.

Experimento Factorial

La respuesta de las cuatro variedades a la aplicación de P_2O_5 y cal dolomítica, indicaron que la población de plantas por hectárea se vió disminuida al fertilizar con solo 10 kg/ha de P_2O_5 ; la disminución fue de 18% a los 29 días después de la emergencia de las plantas y en 20,7% en la cosecha confirmando lo indicado por Ronzelli *et al.* (1985). Sin la

aplicación de cal dolomítica la población disminuyó de 2 a 10,7% en ambos años. El rendimiento no mostró diferencia estadística entre dosis de cal; sólo se detectó diferencia significativa ($P < 0,05$) para el factor dosis de P_2O_5 . En la Figura 1 se ilustra la respuesta de las variedades a este nutriente (80 kg/ha). La variedad Negro INIFAP superó a las demás variedades (Figura 2) con incrementos de 250 kg/ha, lo que representa el 55,1% de aumento respecto al tratamiento con 10 kg/ha de P_2O_5 , le siguió Negro Veracruz con 40,6% de incremento. La aplicación de cal dolomítica mostró un incremento con las mismas variedades, de 33,3 y 20,4%, respectivamente. La aplicación de P y cal manifestó su máximo incremento con la variedad Negro Cotaxtla-91 con 38,1% de aumento *versus* su control, seguida de Negro INIFAP y Negro Veracruz con 27,5 y 26,8% respectivamente.

Los resultados señalaron la importancia del fósforo como nutriente esencial para la producción del frijol. La adición de cal domi-

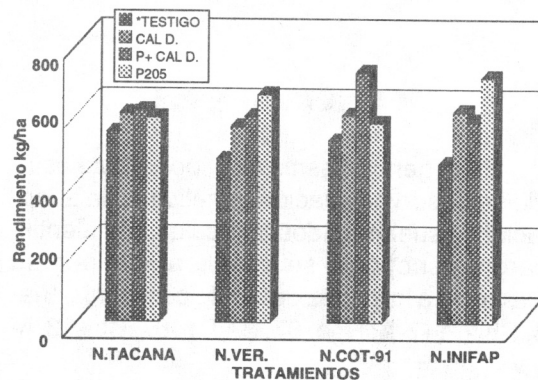


Fig.1. Respuesta en rendimiento de cuatro variedades de frijol a la aplicación de dos niveles de P_2O_5 y Cal Dolomítica en suelo ácido de Isla, Ver. 0-I. 1994-95. PROFRIJOL.

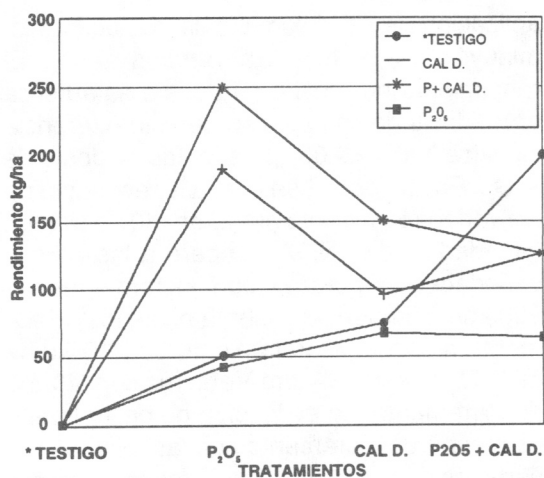


Fig.2. Respuesta en incremento de rendimiento respecto al testigo (10 kg/ha de P₂O₅) de cuatro variedades de frijol a la aplicación de P₂O₅ y Cal en suelo ácido de Isla, Ver. 0-I. 1994-95. PROFRIJOL.

lítica sólo mostró una leve respuesta positiva en el rendimiento tal vez influenciada por la baja disponibilidad de humedad durante el ciclo del cultivo.

CONCLUSIONES

En el germoplasma incluido en este estudio se observó variación genética en la adaptación a suelos ácidos tropicales. Se identificaron genotipos sobresalientes por su tolerancia a la acidez del suelo como Chis. 3-a-4, Chis. 117-A, Hgo. 67, BAT 1467, Chis. 3-A-1 y G 3645.

La adición de fertilizante fosfatado y cal dolomilítica individuales o combinados

favorecieron el rendimiento del frijol en forma diferencial en las variedades de frijol estudiadas. En el suelo ácido de Isla, Ver., el efecto de la cal sólo fue más favorable, para el establecimiento y desarrollo del cultivo, que la adición de fósforo sólo.

LITERATURA CITADA

- DIRECCIÓN GENERAL DE CONSERVACIÓN DE SUELO Y AGUA, SARH. 1982. Inventario de áreas erosionadas, rangos de pendiente y unidades de suelo del estado de Veracruz. Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- FONTES, L. A. N.; GOMES, R. F.; VIEIRA, C. 1965. Respuesta do feijoeiro a aplicacao de N,P,K e calcario na zona da Matas, Minas Gerais. Rev. Ceres 12 (71): 265- 285.
- GRAHAM, R. D. 1984. Breeding for nutritional characteristics in cereals. Advances in plant nutrition 1: 57-102.
- RONZELLI, P.; JUNIOR, P.; VIEIRA, C.; BRAGA, J. M.; SEDIYAMA, C. S. 1985. Resposta de cultivares de feijao (*Phaseolus vulgaris* L.) a calagem e adubacao fosfatada. Rev. Ceres 32 (184): 500-524.
- SALINAS, J. G. 1978. Differential response of some cereal and bean cultivars to Al and P stress in an Oxisol of central Brazil. Ph. D. dissertation. North Carolina State University, Raleigh. N.C. U.S.A. 326 p.
- THUNG, M.; ORTEGA, J.; ERAZO, O. 1990. Metodología de selección por eficiencia en el uso del fósforo y por tolerancia a la toxicidad del aluminio y del manganeso en el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). En: Sorgo para suelos ácidos. Salinas, J.G. y Taurley, L.M. (Eds.). INTSORMIL. ICRISAT. CIAT. p.210.