FERTILIZACIÓN FOSFÓRICA DE LA SOYA (Glycine max L. Merrill) CULTIVADA EN SUELO FERRALITICO ROJO. II. EFECTOS SOBRE LA NUTRICIÓN Y EXTRACCIÓN DE LAS PLANTAS

J. Corbera y N. Medina

ABSTRACT. The effect of phosphoric fertilization upon soybean nutrition and extraction was studied in three sowing times (spring, summer and winter) and over three successive years under field conditions. Five levels of P(0, 50, 100, 150 and 200 kg.ha^{-1} P_2O_5) were evaluated in a randomized block design with four replicates as well as its combination with different varieties recommended as promising for each sowing date, on a non-saturated compacted Red Ferralitic soil. The factorially analyzed results showed no interaction between P levels applied and the varieties used, significant responses of leaf P contents to the levels applied and a poor response of grain P contents. Also, results proved low P levels of crop extraction and the highest responses at the rate of 100 kg.ha^{-1} P_2O_5 for spring and summer and of 150 kg.ha^{-1} for winter as well as a low fertilizer efficacy for higher levels than 100 kg.ha^{-1} P_2O_5.

Key words: soybean, *Glycine max*, plant nutrition, phosphoric fertiliazation

RESUMEN. En condiciones de campo, se estudió el efecto de la fertilización fosfórica sobre la nutrición y extracción del cultivo de la soya, en tres épocas de siembra (primavera, verano e invierno) y durante tres años consecutivos. En un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, se evaluaron cinco niveles de fósforo (0, 50, 100, 150 y 200 kg.ha^{-1} de P_2O_5) y su combinación con diferentes variedades recomendadas como promisorias para cada época de siembra, sobre un suelo Ferralítico Rojo compactado desaturado. Los resultados analizados factorialmente, mostraron la no interacción entre los niveles de fósforo aplicados y las variedades utilizadas, las respuestas significativas de los contenidos de fósforo en las hojas a los niveles aplicados y poca respuesta de los contenidos de fósforo en el grano. Además, los resultados evidenciaron bajos niveles de extracción de fósforo por el cultivo y las mayores respuestas con la dosis de 100 kg.ha^{-1} de P_2O_5 para las épocas de primavera y verano, y 150 kg.ha^{-1} de P_2O_5 para la época de invierno, así como una baja eficiencia de la fertilización con este elemento para los niveles de fertilización superiores a 100 kg.ha^{-1} de P_2O_5.

Palabras clave: soja, *Glycine max*, nutrición de las plantas, fertilización fosfórica

INTRODUCCIÓN

El cultivo de la soya ocupa actualmente un lugar predominante en la nutrición animal y está llamado a sustituir diversas fuentes de proteína existentes para la alimentación humana, siendo una leguminosa de gran interés económico por su alto contenido de proteína y grasa (Vozda y Vozdava, 1968; y Chesney, 1973).

Los estudios sobre la fertilización fosfórica de la soya a nivel mundial, señalan que este nutriente juega un papel muy importante en el desarrollo del cultivo, siendo considerado por diversos autores como el elemento fundamental de la producción, sobre todo en su fase reproductiva (Pijeira, 1981).

Por la importancia que a nivel mundial tiene el cultivo de la soya, debido principalmente a sus propiedades alimentarias e industriales y teniendo nuestro país grandes perspectivas para su explotación, se hace necesario conocer sus exigencias nutricionales así como el consumo de nutrientes que realiza el cultivo en nuestras condiciones edafoclimáticas. Es por ello que se realizaron un grupo de experimentos durante tres años consecutivos, dirigidos a evaluar el efecto de la fertilización fosfórica sobre la nutrición y extracción de las plantas de soya

J. Corbera, Investigador Agregado y Dr. N. Medina, Investigador Titular del departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Gaveta Postal No.1, San José de las Lajas, La Habana, Cuba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar este estudio se condujeron nueve experimentos de campo en la Estación Experimental de la Caña Bainoa, del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, sobre suelo Ferralítico Rojo compactado desaturado, cuyos componentes de fertilidad pueden ser observados en la Tabla I.

Cada año fueron evaluadas tres épocas de siembra: primavera (abril-mayo), verano (julio-agosto) e invierno (diciembre-enero), las cuales difieren en condiciones climáticas según se muestra en la Tabla II.

Tabla I. Algunas características de la fertilidad del suelo (0-20 cm)

P Asimilable ppm (Bray-Kurtz)	Materia orgánica (%) (Walkley-Black)	pH Potenciométricamente	
		H_2O	KCl
3.9	2.9	5.3	4.3

Tabla II. Variables climáticas para cada época de siembra (promedio de tres años)

	Primavera	Verano	Invierno
Precipitación (mm)	492.0	484.0	220.0
Temperatura $\bar{x}$ (°C)	25.0	25.5	20.5
Luminosidad (h/luz)	709.0	688.0	584.0

Se empleó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones. Los tratamientos consistieron en la aplicación de fósforo a razón de 0, 50, 100, 150 y 200 kg.ha^{-1} de P_2O_5 como superfosfato simple y su combinación con diferentes variedades de soya recomendadas como promisorias para cada época de siembra (Tabla III), en la cual se mantuvo la variedad G7R-315 fija para las tres épocas de siembra.

Tabla III. Variedades empleadas para cada época de siembra

	Primavera	Verano	Invierno
V1	G7R-315	G7R-315	G7R-315
V2	Vavilov	-	-
V3	INIFAT-70	INIFAT-70	-
V4	-	INIFAT-112	-
V5	-	JUPITER	-
V6	-	-	INIFAT-382

Las parcelas eran de 14 m^2 (2.80 m x 5.00 m) con cuatro surcos, donde se tomaron los dos centrales como área de cálculo (7 m^2) y se aplicó un fondo fijo de 250 kg.ha^{-1} de N y 150 kg.ha^{-1} de K_2O como NH_4NO_3 y KCl respectivamente.

Se realizaron las atenciones culturales establecidas para el cultivo, aplicándose la fertilización de forma manual en el fondo del surco al momento de la siembra, para lo cual se emplearon de 25 a 30 semillas por metro lineal en forma de chorrillo, con una distancia entre hileras de 0.7 m. El riego y el control fitosanitario se realizaron siguiendo la metodología establecida para el cultivo.

Para todos los experimentos fueron evaluadas las siguientes variables: en floración, el porcentaje de fósforo en trifoliolos, la parte aérea y raíz; en cosecha, el porcentaje de fósforo en granos y tallos más vainas, la extracción por el grano y la eficiencia de la fertilización.

Los resultados fueron analizados estadísticamente a través de un arreglo factorial, utilizando la prueba de rango múltiple de Duncan para discriminar la diferencia entre las medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las interacciones entre los niveles de fósforo aplicados y las variedades utilizadas no fueron significativas.

El contenido de fósforo en hojas (trifoliolos) mostró respuestas significativas a las aplicaciones de fósforo para todas las épocas de siembra (Figura 1a), destacándose la época de primavera con los contenidos más altos de fósforo en el tejido vegetal. Los resultados mostrados se comportaron de forma similar a lo discutido para el crecimiento y rendimiento (Corbera y Medina, 1993), lo que indica que el diagnóstico foliar del fósforo en la soya es una prueba adecuada para evaluar los requerimientos nutricionales y las respuestas del cultivo al elemento. Se pudo apreciar una correspondencia entre la respuesta del rendimiento a los niveles de fósforo aplicados (Corbera y Medina, 1993) y los contenidos foliares del elemento en la etapa de floración para todas las épocas de siembra. Los valores de fósforo foliar que oscilaron entre 0.37 y 0.59 % respecto a la materia seca, coinciden con los publicados por otros autores como Jones (1966); Hanway y Weber (1971); Ham y Caldwell (1988); Cassman, Whitney y Fox (1981), y Mascarenhas *et al.* (1981), quienes informaron como contenidos suficientes entre 0.25 y 0.54 % de fósforo.

Al evaluar los contenidos de fósforo tanto en la parte aérea como en la raíz al momento de la floración, no se encontraron diferencias significativas para las dosis de fósforo utilizadas, ni entre variedades, encontrándose valores para la parte aérea por época de: primavera (0.24 %), verano (0.23 %) e invierno (0.20 %) y para la raíz de: primavera (0.10 %), verano (0.11 %) e invierno (0.15 %).

Por otro lado, los contenidos de fósforo en grano (Figura 1b) de forma general no mostraron respuesta a las aplicaciones de fertilizante en ninguna de las épocas; sin embargo, un ligero incremento con los niveles de fósforo puede ser observado en la época de siembra de verano. Estos resultados evidencian la poca respuesta al fósforo de esta variable. De acuerdo con Cassman, Whitney y Fox (1981), valores de fósforo en grano entre 0.54 y 0.65 % son satisfactorios, por lo que los resultados obtenidos son indicativos de bajos niveles del elemento en el grano, fundamentalmente para la época de primavera, donde se obtienen los contenidos más bajos.

Los contenidos de fósforo por variedades, se comportaron de manera similar a la respuesta obtenida con los niveles de este elemento, observándose, al evaluar su contenido en el tejido foliar (Figura 2a), las mayores diferencias entre las variedades en la época de verano, aunque los contenidos de forma general se encuentran dentro del rango señalado anteriormente para el tejido foliar. Los menores valores fueron encontrados para las variedades V_5- Júpiter y V_6- INIFAT 382. Debemos señalar que las variedades V_1- G7R-315 y V_3- INIFAT-70 tuvieron un buen comportamiento en todas las épocas en que fueron evaluadas.

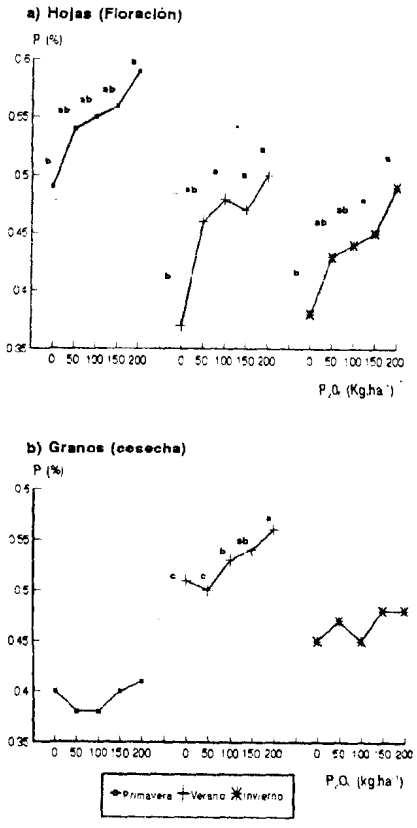

Figura 1. Contenido de fósforo (base seca) por niveles de P en diferentes fechas de siembra (promedio de tres años)

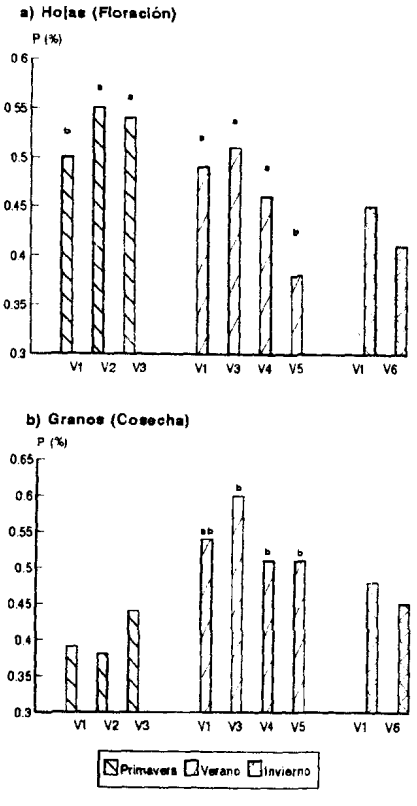

Figura 2. Contenido de fósforo (base seca) por variedades en diferentes fechas de siembra

El contenido de fósforo en grano por variedades (Fig. 2b) solo mostró diferencias estadísticas para la época de verano, aunque al igual que para el tejido foliar, las variedades de forma general mostraron diferentes contenidos del elemento. Según Cassman, Whitney y Fox (1981), solo los contenidos de fósforo en grano para la época de verano son considerados suficientes, no así las épocas de primavera e invierno, las cuales presentaron contenidos bajos del elemento.

Los contenidos de fósforo en tallo más vaina al momento de la cosecha, no mostraron diferencias significativas para ninguna de las dosis de fósforo evaluadas, ni entre variedades, presentando valores de 0.06, 0.07 y 0.06 % para las épocas de primavera, verano e invierno respectivamente.

La extracción de fósforo en la cosecha por la producción de granos (Tabla IVa), estuvo estrecha y positivamente relacionada con el rendimiento de granos (Corbera y Medina, 1993) y los contenidos de fósforo (Figura 1b).

Tabla IV. Extracción de fósforo (kg $P.ha^{-1}$) en la cosecha, por la producción de granos en diferentes fechas de siembra (promedio de tres años)

a) Por niveles de fósforo			
	Primavera	Verano	Invierno
P_0	3.85 c	3.40 c	3.23 c
P_{50}	5.54 b	5.30 bc	5.40 b
P_{100}	7.40 a	6.84 ab	5.51 b
P_{150}	6.54 ab	7.61 a	7.05 a
P_{200}	8.67 a	8.78 a	7.13 a
$\bar{x}$	6.41	6.33	5.66
Es X	0.85 **	0.73 **	0.59 **
a) Por variedades			
V1	5.84	6.56	5.92
V2	7.08	-	-
V3	6.86	6.24	-
V4	-	6.21	-
V5	-	6.13	-
V6	-	-	3.51

Medias con letras comunes en la misma columna no difieren significativamente para $P < 0.05$
** Significativo para $P < 0.01$

Es notable que para las épocas de primavera y verano, no existieron diferencias significativas en la extracción de fósforo para niveles del elemento superiores a 100 $kg.ha^{-1}$ de P_2O_5, pero para la época de invierno el valor tope fue obtenido con 150 $kg.ha^{-1}$ de P_2O_5, indicando altos requerimientos del elemento para niveles de rendimiento equivalentes a las demás épocas de siembra.

Si se analizan los resultados, es evidente que no existen grandes diferencias en los valores de extracción de fósforo, entre niveles similares del elemento para las diferentes épocas de siembra.

Comparando los resultados con los informados por Overdahl y Ham (1978), es de señalar que los valores de extracción de fósforo obtenidos en este estudio son bastante bajos, debido posiblemente a la baja capacidad para suministrar fósforo que tienen los suelos empleados.

Entre variedades (Tabla IVb), las diferencias en la capacidad de extracción son pequeñas, excepto para la época de siembra de invierno, pero estas son producidas fundamentalmente debido al uso de variedades extremadamente diferentes.

La eficiencia en la fertilización fosfórica evaluada con los kilogramos de granos por kilogramos de fósforo aplicado (Tabla V) fue muy baja para los niveles altos de fósforo superiores a 100 kg.ha^{-1} de P_2O_5, principalmente para las épocas de siembra de verano e invierno. Estos resultados se corresponden perfectamente con los obtenidos para el rendimiento de granos (Corbera y Medina, 1993), donde fue evidente que por encima de esta dosis de fertilización el incremento en producción no fue significativamente diferente.

Tabla V. Eficiencia de la fertilización fosfórica por niveles de fósforo (kg de grano.kg^{-1} de P_2O_5) en diferentes fechas de siembra (promedio de tres años)

	Primavera	Verano	Invierno
P_{50}	32.3 a	21.7 a	22.9 a
P_{100}	21.8 ab	12.9 b	12.3 b
P_{150}	12.4 b	9.5 bc	9.8 bc
P_{200}	11.6 b	7.9 c	7.4 c
$\bar{x}$	19.8	13.0	13.1
Es x	1.5 **	1.0 **	1.0 **

Medias con letras comunes en la misma columna no difieren significativamente para $P<0.05$
** Significativo para $P<0.01$

CONCLUSIONES

- Para los suelos Ferralíticos Rojos compactados desaturados, con bajos contenidos de fósforo asimilable (3.9 ppm), se encontraron respuestas significativas de los contenidos de fósforo en las hojas a los niveles de fósforo aplicados, corroborándose el diagnóstico foliar como prueba adecuada para evaluar los requerimientos nutricionales y las respuestas del cultivo de la soya a las aplicaciones de fósforo.
- Se evidenció poca respuesta al fósforo para los contenidos de este elemento en grano y tallo más vaina al momento de la cosecha.
- Los niveles de extracción de fósforo por el cultivo fueron bajos, encontrándose las mayores respuestas con la dosis de 100 kg.ha^{-1} de P_2O_5 para las épocas de siembra de primavera y verano y de 150 kg.ha^{-1} para la época de siembra de invierno.
- Se encontró baja eficiencia de la fertilización fosfórica para niveles de fósforo superiores a 100 kg.ha^{-1} de P_2O_5.

BIBLIOGRAFÍA

Cassman, K. G., A. S. Whitney y R. L. Fox. Phosphorus Requirements of Soybean and Cowpea as Affected by Means of N Nutrition. Agronomy Journal (Madison)73 (1):17-22, 1981.

Corbera, J. y N. Medina. Fertilización fosfórica de la soya (Glycine max (L.) Merrill) cultivada en suelo Ferralítico Rojo. I. Efecto sobre el crecimiento y rendimiento de las plantas. Cultivos Tropicales (La Habana)14 (1): 40 - 47, 1993.

Chesney, H. A. Performance of Soybean in the Wet Tropics as Affected by N, P and K. Agronomy Journal (Madison)65(6): 887-890, 1973.

Ham, G. E. y A. C. Caldwell. Fertilizer Placement Effects on Soybean Seed Yield. Agronomy Journal (Madison)70 (5):779-784, 1988.

Hanway, J. y C. R. Weber. Dry Matter Acumulation in Eight Soybean (Glycine max (L.) Merrill) Varieties. Agronomy Journal (Madison) 63((2): 227-230, 1971.

Jones, J. B. Boletín interno de la Estación Experimental Agrícola de Ohio. Wooster, Ochio, 1966.

Mascarenhas, H. A. /et al./. Efeito residual de adubacao na producao de soja. Bol. Inst. Agron. Campinas (Campinas)34,1981.

Overdahl, D. J. y G. E. Ham. Fertilizing Soybean Soils. Soil Management and Fertilizer Monographs (24):79, 1978.

Pijeira, L. Influencia de la fertilización nitrogenada, fosfórica y potásica en el cultivo de la soya (Glycine max (L.) Merr.), sobre un suelo Ferralítico Amarillento lixiviado. Trabajo de Diploma. (Ingeniero Agrónomo).-ISCAH, 1991.

Vozda, J. y G. Vozdava. Genética y mejoramiento de la soya. Proyecto INIFAT. A.C.C. 1068.

Recibido: 15 de septiembre de 1994
Aceptado: 25 de enero de 1995