

# FOSFORO FOLIAR EN CUATRO ESTADIOS DE DESARROLLO DE CULTIVARES DE SOJA CON DISTINTO HABITO DE CRECIMIENTO<sup>(1)</sup>

Lidia G. de López Camelo; Verónica Sangüesa; Marta Maretti; Elba de la Fuente y Silvia Sergio

Facultad de Agronomía, U.B.A. Av. San Martín 4453 - (1417) Buenos Aires.

## RESUMEN

Se trabajó con muestras foliares provenientes de un ensayo en parcelas con seis cultivares de soja pertenecientes a grupos de distinto hábito de crecimiento: Asgrow 5308 y Martineta (crecimiento determinado), Pioneer y Asgrow 5408 (crecimiento indeterminado) y Asgrow 5502 y Perla (crecimiento semideterminado). El análisis foliar se efectuó en los estadios V, R2, R4 y R5.5. Se determinaron dos formas de fósforo foliar: P total y P extractable con ácido acético, con alta correlación entre ellas, sobre todo en R2, momento óptimo de muestreo. La concentración de fósforo en planta disminuyó de V a R2 y luego se mantuvo sin mayores cambios. Existieron diferencias estadísticamente significativas entre cultivares en plántula y R4.

Palabras clave: fósforo, análisis foliar, soja

## FOLIAR P ANALYSIS IN FOUR STAGES OF DIFFERENT GROWING PATTERNS OF SOYBEAN CULTIVARS

### ABSTRACT

Foliar analysis was carried out on V, R2, R4 and R5.5 growth stages of soybean plants. Two foliar P forms were utilized: total phosphorus and acetic acid-extractable phosphorus. They showed good correlation, specially in R2, optimal sampling stage. Plant phosphorus concentration declined from V to R2 and later on it kept rather constant. Significant statistic differences between cultivars were found in V and R4 stages.

Key words: phosphorus, foliar analysis, soybeans

## INTRODUCCION

La producción de soja (*Glycine max*) ha venido creciendo constantemente en nuestro país a partir de los últimos años de la década del 70. Este importante aumento de producción se ha logrado no solo con incrementos de superficie sembrada, sino también con rendimientos unitarios que se ubican entre los más altos del mundo.

<sup>1</sup>Trabajo realizado con un subsidio de la Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria.

A pesar de ello, no existen aún estudios integrales de la relación suelo-planta en el cultivo de soja, ni están delimitados los niveles críticos de los distintos nutrientes en las regiones sojeras de nuestro país.

El nutriente fósforo no escapa al panorama general, aunque existen trabajos aislados sobre el mismo en distintos lugares del país. Los mismos han sido citados en un trabajo anterior (López Camelo, et al., 1991), donde se trató la importancia del análisis foliar de fósforo en soja. En otros países la situación es diferente: la fertilización fosforada en las dos últimas décadas ha sido tan impor-

tante que los análisis económicos sugieren a los productores la no aplicación de fertilizantes fosforados en el cultivo de soja para incrementar sus beneficios (Mallarino et al., 1991).

La última aproximación a la problemática del análisis foliar ha sido la utilización del sistema DRIS (Diagnosis and Recommendation Integrated System, Beaufils, 1973), que ha sido revisto por Sumner (1990), reafirmando sus ventajas sobre otros métodos de diagnóstico, pero la carencia de una base de datos importantes en cuanto a la relación nutrientes-rendimientos en soja complica su utilización.

Existen numerosos trabajos acerca de los factores que determinan el contenido de P en planta, citados por Claasens (1990). Las diferencias varietales son un elemento importante a tener en cuenta al enfocar el problema de diagnóstico. En la zona núcleo sojera argentina los cultivares más generalizados pertenecen al grupo de maduración V y VI, con material genético en su mayoría del grupo de crecimiento determinado, aunque existen algunos cultivos de soja del tipo semideterminado e indeterminado. El tipo determinado puede ser útil para reducir pérdidas por vuelco y alternar la competencia entre crecimiento vegetativo y reproductivo durante el llenado de vainas. El tipo indeterminado presenta como ventaja su posible adaptación a condiciones ambientales adversas, como por ejemplo la sequía (De la Fuente et al., 1990). Con el objeto de estudiar algunos aspectos que sean de utilidad en lo que se refiere al análisis foliar del nutriente fósforo en soja, se plantearon los siguientes objetivos:

- Comparar los valores de P foliar obtenidos mediante dos técnicas: P total y P extractable con ácido acético.
- Estudiar los contenidos de P en hoja entera y peciolo.
- Detectar diferencias en los contenidos de P de acuerdo al estadio de desarrollo y los cultivares utilizados.

## MATERIALES Y METODOS

El ensayo se realizó en el campo experimental de la Cátedra de Cultivos Industriales de la Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires, a 34°35' de latitud Sur, 58°29' de longitud Oeste y a 25 m sobre el nivel del mar, sobre un suelo Argiudol típico, cuyas características figuran en la **Tabla 1**.

Se trabajó con soja del grupo V, utilizando los siguientes cultivares:

Asgrow 5308 y Martineta : crecimiento determinado  
Pioneer y Asgrow 5409 : crecimiento indeterminado  
Asgrow 5502 y Perla : crecimiento semideterminado

La siembra se realizó el 4 de enero, en base a un diseño en bloques completamente aleatorizados, con tres repeticiones, en parcelas de 6 metros de largo con 4 surcos espaciados 0,70 m, y con una densidad de siembra de 20 plantas por metro lineal.

Los muestreos se realizaron en los surcos centrales, en los que se tomaban las plántulas (para el estadio V: vegetativo), o las hojas trifoliadas más desarrolladas (en los demás estadios) de todas las plantas sanas que habían crecido en una unidad de muestreo de 50 centímetros.

El análisis foliar se efectuó en los siguientes estadios fenológicos:

V: (vegetativo), planta entera a 20 días de la siembra  
R2: floración plena  
R4: fructificación plena  
R55: formación de semilla

Las muestras vegetales fueron envasadas en bolsas de papel, secadas en estufa a 70°C hasta constancia de peso, molidas y tamizadas. Las muestras foliares se analizaron por duplicado mediante las siguientes técnicas:

**P total:** se utilizó la digestión por vía húmeda con ácidos nítrico y perclórico (Chapman y Pratt, 1973). Se tomaron 0,10 g de muestra, se realizó una predigestión con 2 ml de HNO<sub>3</sub> concentrado y posterior mineralización en plancha con 1 ml de HClO<sub>4</sub> (70%) hasta casi sequedad y cuidando de no sobrepasar los 190°C. Se agregaron luego 3 ml de HCl concentrado y se dejó en ebullición hasta evaporación. Se llevó a volumen de 25 ml y la determinación colorimétrica se realizó con el método del vanado-molibdico.

**P extractable:** (Raun et al., 1987): se pesaron 0,20 g de muestra vegetal molida y tamizada por malla de 20 mesh, a las que se les agregó 50 ml de ácido acético al 2%. Se agitó en agitadora de vaivén durante 30 minutos a 25°C, y luego de filtrar se efectuó la determinación de P mediante la colorimetría en frío del azul de molibdeno.

Con los datos obtenidos se realizó un estudio estadístico que incluyó análisis de regresión análisis de variancia y test de Duncan.

## RESULTADOS Y DISCUSION

En la **Tabla 1** se presentan los datos analíticos del horizonte superficial del suelo en estudio, antes y después del cultivo de soja efectuado. Se observa que las diferencias en los análisis no fueron grandes. Las mismas pudieron deberse al error de muestreo y a un pequeño error metodológico inherente a cada una de las técnicas utilizadas, más que a efectos del cultivo en sí.

En la **Figura 1** pueden visualizarse los contenidos de P extractable en plántula (estadio V) y hoja entera (estadios R) para todos los cultivares y estadios de desarrollo. Se ve claramente que el contenido de P en plántula fue mayor que para todos los demás estadios en todos los cultivares considerados. Esto es lógico, debido a una gran absorción en períodos vegetativos tempranos y a un menor efecto de la materia seca en la concentración (Cottenie, 1980).

Al analizar la variancia según el diseño de bloques

completamente aleatorizados para el contenido de P en plántula, existieron diferencias a nivel de las variedades utilizadas ( $P < 0,05$ ). En este sentido, la variedad Perla (crecimiento semideterminado) fue significativamente distinta a todas las demás.

Al pasar de V a R2 el porcentaje de P disminuyó al

producirse una dilución en los contenidos debido al gran incremento en la materia seca. Debe resaltarse que R2 es el estadio considerado como óptimo para el muestreo foliar en soja ya que es un momento de máximo requerimiento nutricional (Small y Ohlrogge, 1973).

No existieron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la absorción por las distintas variedades en este estadio.

Al pasar de R2 a R4 en las variedades Pioneer, Asgrow 5409 y Asgrow 5308, se manifestó un aumento del porcentaje de P foliar extractable, debido posiblemente a que todavía es mayor el P en hoja que el que exporta para la formación de semillas.

Existieron diferencias entre variedades en R4, que se reflejaron en el ANVA ( $P < 0,01$ ). Las variedades de crecimiento indeterminado se diferenciaron de las demás en cuanto a su mayor contenido de fósforo, de acuerdo al test de Duncan.

Tanto para R4 como para R5.5 las tendencias en el contenido de P fueron variables, pero en general para R5.5 el valor de P extractable obtenido fue menor que en R2, excepto para el cultivar Asgrow 5308. El ANVA para R5.5 no reflejó diferencias estadísticas significativas a nivel de los cultivares.

Tabla 1: Características generales del suelo del ensayo

Muestra de suelo	pH	C ox%	Nt%	C/N	P (ppm)	CE (dS/m)
Siembra	6,3	1,08	0,12	9,02	44,72	0,204
Cosecha	6,2	1,13	0,12	9,48	47,93	0,210

pH: en agua 1:2,5  
 C ox. método de Walkley-Black  
 Nt: método de Kjeldahl  
 C/N: relación C/N  
 P: método de Bray-Kurtz I  
 CE: conductividad eléctrica en pasta de saturación

## P extractable

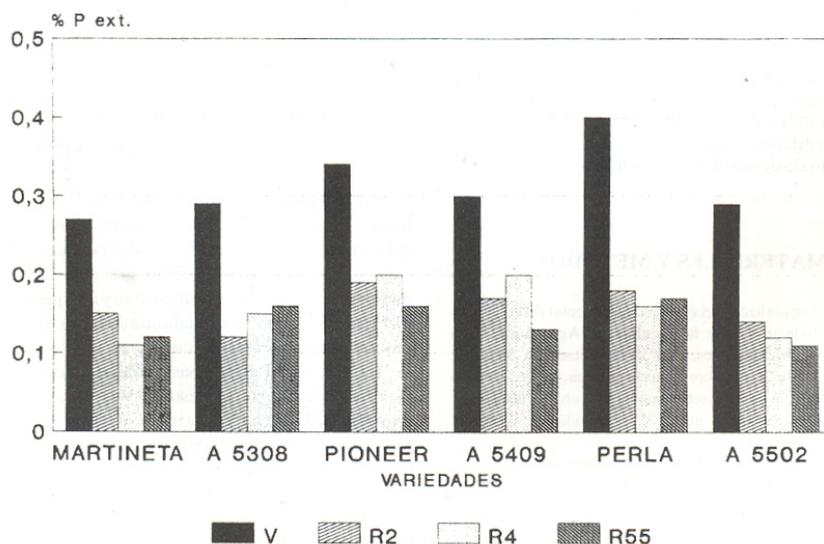


Fig. 1: P extractable en plántula y hoja entera.

### P extractable en peciolos

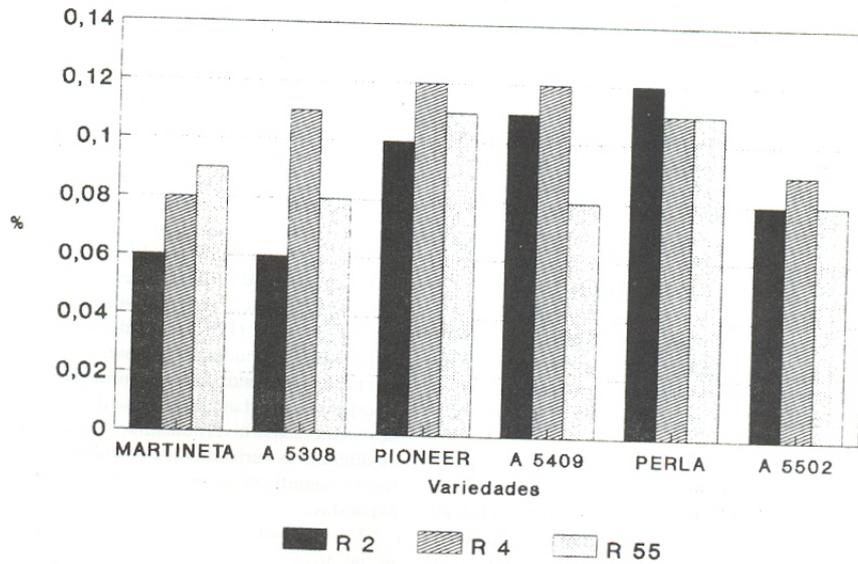


Fig. 2: P extractable en peciolos para todas las variedades consideradas.

### P total

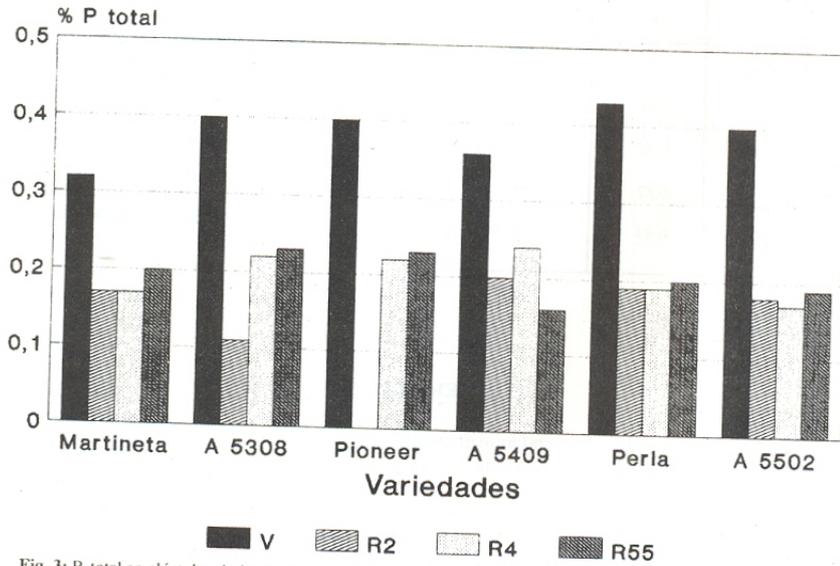


Fig. 3: P total en plántula y hoja entera.

En estudios recientes (Crafts-Brandner, 1992) se destaca la importancia del estudio de la removilización del P foliar en soja hacia estructuras reproductivas, que podría estar estrechamente vinculada con la productividad de este cultivo.

El contenido de P extractable en pecíolos fue bastante inferior al medido en hoja entera, y representó un porcentaje que varía entre un 40 y un 75% del mismo; esta variabilidad puede asociarse a la distinta morfología de los cultivares considerados, en lo que hace a forma y tamaño de sus pecíolos. Excepto en la variedad Perla, el contenido de P extractable tendió a incrementarse a medida que avanzó el desarrollo (Figura 2).

Los contenidos de P total para la totalidad de los cultivares y considerando los distintos estados de desarrollo figuran en la Figura 3. Las tendencias fueron similares a las observadas para el P extractable y (no se realizó el análisis de variancia debido a que faltaban muestras).

Al analizar la correlación entre el fósforo foliar total y extractable, según la Tabla 2, se ve claramente que es muy estrecha, pudiendo destacarse la obtenida en R2, el estadio de máxima importancia para el muestreo foliar de fósforo en soja. ( $r = 0,88$ ;  $P < 0,01$ ).

Tabla 2: Coeficientes de correlación lineal entre P foliar total y extractable para todos los cultivares

Estadio	n	r	P
V	18	0,69	$P < 0,01$
R2	13	0,88	$P < 0,001$
R4	17	0,77	$P < 0,001$
R5	17	0,82	$P < 0,001$
Gral.	63	0,93	$P < 0,001$

Es interesante considerar además el porcentaje de P extractable con respecto al P total, que fue disminuyendo a medida que avanzó el desarrollo. En plántula el P extractable representó en promedio el 83,27% del total, en R2 el 82,67%, en R4 el 77,28% y el 69,40% para R5.5. Esto coincide con lo expresado por Raun et al. (1987) para análisis tisular de maíz, en el que la relación fósforo total/ fósforo extractable aumentaba con la madurez del cultivo.

El P total sigue siendo considerado satisfactorio para evaluar el status de P (Lewis, 1992), pero el P extractable con ácido acético tiene ventajas por su bajo costo y sencillez operativa, por lo que debería ser tenido en cuenta para evaluar niveles críticos de este nutriente.

Resulta entonces de suma importancia, como ya lo manifestara Wolf (1982), considerar además de la o las metodologías a emplear, los numerosos factores que afectan los resultados de un diagnóstico foliar, mereciendo especial importancia en el caso de la soja las variaciones encontradas a nivel de distintos tejidos, y la existencia de diferencias varietales que en algunos casos llegan a ser muy significativas, en las condiciones experimentales expuestas.

Los grupos de crecimiento considerados en este trabajo, no afectaron en forma considerable los resultados obtenidos.

## CONCLUSIONES

-Existió alta correlación entre las formas de P total y P extractable en soja, sobre todo en R2, momento clave para el muestreo.

-La concentración de P en planta disminuyó de pasar la plántula a R2, y después se mantuvo sin variaciones muy apreciables.

-En las condiciones del ensayo se demostraron diferencias estadísticamente significativas entre cultivares de soja en plántula y R4.

## REFERENCIAS

- Beaufils, E.R. 1973. Diagnosis and recommendation integrated system DRIS. Univ. Natal Soil Sci. Bul 1, South Africa.
- Chapman, H.D. y P.F. Pratt. 1993. En "Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas", 127.
- Claasens, A.S. 1990. Factors influencing P uptake by plants: the dangers of misinterpretation of foliar P analysis. Comm. in Soil Sci. and Pl. An. 21: 1301-1312.
- Cottenie, D. 1980. Soil and plant testing as a basis of fertilizer recommendations. FAO Soils Bulletin 38: 28-31.
- Crafts-Brandner, S. 1992. Significance of leaf phosphorus remobilization in yield production in soybean. Crop Sci. 32: 420-424.

- De la Fuente, Elba; A. Gil; G. Benito. 1990. Crecimiento y desarrollo de cultivares de soja con distinto hábito de crecimiento. Primera Jornada de Actualización Profesional en Soja. Facultad de Agronomía - UBA.
- Lewis, D.C. 1992. Effect of plant age on the critical inorganic and total phosphorus concentration in selected tissues of subterranean clover. *Aust. J. Agric. Res.* 43: 215-223.
- López Camelo, L.G. de; C. Fumagalli y O.S. Heredia. 1991. Análisis foliar de P en cultivos de soja. *Rev. Fac. de Agronomía* 12: 91-98.
- Raun, W.R.; R.A. Olson y D.H. Sander. 1987. Alternative procedure for total P determination in plant tissue. *Comm. in Soil Sci. and Pl. An.* 18: 543-557.
- Small, H.G. y A.J. Ohlrogge. 1973. Plant analysis as an aid in fertilizing soybeans and peanuts. En *Soil testing and plant analysis*. Walsh, L.M. y Beaton, J.D. (ed.). S.S.S.A., Madison, USA: 315-327.
- Sumner, M.E. 1990. Advances in the use and application of planta analysis. *Comm. in Soil. Sci. and Plant. An.* 21: 1409-1430.
- Wolf, B. 1982. A comprehensive system of leaf analysis and its use for diagnosing crop nutrient status. *Comm. Soil Sci. Pl. An.* 13: 1035-1059.