

ANÁLISIS FOLIAR DE FOSFORO EN SOJA

LIDIA G. DE LÓPEZ CAMELO, CLAUDIA J. FUMAGALLI,
OLGA S. HEREDIA, I. MIZUNO¹.

Recibido: 14-03-91

Aceptado: 24-09-91

RESUMEN

Se realizó un estudio comparativo de dos técnicas de análisis foliar de P en cultivos de soja provenientes de Pilar, Ameghino, Rojas y Colón (provincia de Buenos Aires) y Gob. Virasoro (provincia de Corrientes).

La determinación de P extractable con ácido acético 2% presentó ventajas operativas con respecto a la metodología tradicional mediante digestión nítrico-perclórica.

Resultó de interés diagnóstico la utilización de pecíolos y láminas en forma independiente.

La variabilidad espacial de las determinaciones de P extractable en suelos con Bray-Kurtz N°1 resultó mucho mayor que la variabilidad espacial de P en plantas.

Palabras clave: fósforo, soja, análisis foliar.

PHOSPHORUS LEAF ANALYSIS IN SOYBEAN

SUMMARY

Two different techniques for P leaf analysis were employed in soils from Pilar, Ameghino Rojas and Colón (Buenos Aires province) and Gobernador Virasoro (Corrientes province).

Acetic extractable P showed operative advantages compared to total P determined with nitric-perchloric digestion.

It was useful for diagnostic purpose to separate petioles from leaves.

Spatial variability for Bray-Kurtz extractable P in soils was much greater than spatial variability of plant P.

Key word: phosphorus, soybeans, leaf analysis.

INTRODUCCIÓN

La idea de analizar tejidos vegetales data probablemente de mediados del siglo XIX, usándose como una aproximación biológica para la evaluación de la fertilidad del suelo. Se basó en la idea de que la planta en sí sería el mejor indicador del medio donde está creciendo (Kamprath y Watson, 1980).

La utilización del análisis foliar como guía en el planeamiento de los programas de producción necesita del establecimiento de relaciones bien definidas entre niveles de fertilidad

¹Cátedra de Edafología, Facultad de Agronomía - UBA. Av. San Martín 4453, (1417) Buenos Aires.

del suelo y contenido de determinados nutrientes en planta, para llegar a un rendimiento estimado. En el caso específico de la soja existen problemas adicionales, ya que se piensa que responde en forma primaria a un mejoramiento general de las condiciones de fertilidad de los suelos, más que a la fertilización directa (Small y Ohlrogge, 1973).

Entre los parámetros determinantes, a nivel suelo, de buenos rendimientos en los cultivos de soja, son citados frecuentemente un pH óptimo y concentraciones adecuadas de los nutrientes P y K, siempre que el N no sea un factor limitante (de Mooy *et al*, 1973; Beverly *et al*, 1986).

Con respecto al P del suelo, se conoce que los máximos rendimientos de soja ocurren cuando los tejidos vegetales contienen alto P durante el período de floración (Evans y Thompson, 1979). La utilización del análisis foliar para establecer el "status" de P en el suelo debe tener en cuenta diferentes condiciones que afectan el contenido de este nutriente en planta y los cambios en la concentración crítica, influidos por la edad del tejido, efecto del cultivar e interacciones con otros nutrientes (Kamprath y Watson, 1980; Fageria, 1987).

En soja existirían interacciones adversas en algunos genotipos sensibles, entre la salinidad y el P inorgánico del sustrato (Grataan y Maas, 1985), y sin dejar de lado los efectos residuales de micronutrientes, muy importantes en algunos suelos (Da Silva *et al*, 1986).

Las comparaciones de datos de análisis foliar deben ser hechas con el mismo tipo de material, de la misma edad fisiológica, que posean una posición similar en la planta (Wolf, 1982) debiendo tenerse en cuenta que la utilización conjunta de análisis de tejidos y análisis de suelos evitará conclusiones erróneas a las que se podría llegar utilizando solamente análisis foliar.

Es de fundamental importancia la ejecución de un muestreo adecuado en los cultivos de soja (Hunt *et al*, 1987), efectuado en un momento preciso dentro de su ciclo de crecimiento. Para dicha operación, Benton Jones (1972) sugirió dos momentos: planta entera menor de 30,5 cm y antes o durante floración, pero la mayoría de las determinaciones de nutrientes han sido hechas en floración temprana o comienzo de desarrollo de los frutos, debido a que el suelo está en su estrés máximo de provisión de nutrientes, y los niveles de éstos en los tejidos reflejarían el límite de la capacidad de provisión del nutriente por el suelo (Small y Ohlrogge, 1973).

El diagnóstico se hace luego en función de niveles, críticos o mediante el sistema DRIS, (Sistema Integral de Diagnóstico y Recomendación), basado en la determinación de nutrientes limitantes mediante el establecimiento de relaciones entre los mismos, y que se ha aplicado también en cultivos de soja (Beverly *et al*, 1986).

En cuanto a las técnicas de análisis del contenido de P en las muestras vegetales, pueden citarse: la digestión de tejidos con ácido nítrico y determinación con espectrometría de plasma (Havlin y Soltanpour, 1980); las pruebas de evaluación de P basadas en respuestas bioquímicas de los tejidos (Bouma y Dowling, 1980); método rápido utilizando ácido perclórico (Adler y Wilcox, 1985); mezcla de ácido sulfúrico y agua oxigenada (Wolf, 1982 ; Da Silva *et al*, 1986); calcinación en mufla (Rhodes, 1987).

En la Argentina, la técnica de análisis foliar más difundida es la digestión húmeda mediante la mezcla nítrico-perclórica (López Ritas y López, 1978) y se consideró de interés la introducción de un procedimiento alternativo que aparecía como más sencillo y económico, basado en la extracción de P con ácido acético (Raun *et al*, 1987).

Teniendo en cuenta la necesidad del estudio del nutriente P en soja en la Argentina (Bodrero *et al*, 1989), y debido a la carencia de estudios previos sobre muestreo y técnicas de análisis foliar en este cultivo, se planificó el siguiente trabajo como una primera aproximación al diagnóstico de P en soja, cuyos objetivos fueron la comparación de dos técnicas de análisis

Análisis foliar de fósforo en soja

foliar de P, utilizando distintas partes de las hojas, el estudio de la variación espacial de las determinaciones y de la relación entre el P disponible en el suelo y la concentración en planta.

MATERIALES Y METODOS

Se estudiaron muestras de cultivo de soja provenientes de cinco zonas: Colón - Rojas - Ameghino - Pilar (prov. de Buenos Aires) y Gobernador Virasoro (prov. de Corrientes). Las principales características de los suelos considerados figuran en el Cuadro N°1, correspondiendo a Argiudoles típicos las muestras provenientes de Colón, Rojas y Pilar; el suelo de Ameghino es un Hapludol éntico y el de Gobernador Virasoro un Kandihumult típico.

Las muestras compuestas se obtuvieron en floración, de hojas trifoliadas bien desarrolladas de 20-30 plantas sanas por lote, que fueron envasadas en bolsas de papel, secadas en estufa a 70°C durante 48-72 horas, molidas y tamizadas.

Las hojas trifoliadas se dividieron en submuestras de hoja completa (láminas más pecfolos), láminas y pecfolos, para evaluar su utilidad en el análisis tisular; y en algunos casos se consideraron también hojas trifoliadas de menor desarrollo, para visualizar las diferencias en la concentración de fósforo.

Cuadro N°1: Características generales de los suelos estudiados.

	TEXTURA	H.E. (%)	pH	P (ppm)	Ct (%)	Nt (%)	C/N	Ca	Mg	Na	K	Suma Cat. C.I.C. (meq / 100 gr)	C.I.C.	C.E. (µmhos/cm)
GOB. VIRASORO	Fr. arc. aren.	20,2	5,6	2,04	1,84	0,15	9,60	3,34	1,55	0,17	0,15	5,55	7,01	0,177
PILAR	Fr. arc. lia.	30,3	6,0	12,00	1,63	0,15	10,87	12,02	2,06	0,30	2,04	18,23	18,71	0,289
ROJAS SIEM 1a	Fr. lia.	21,8	6,2	112,19	1,78	0,19	9,37	26,36	2,84	0,31	2,34	20,84	21,49	0,50
ROJAS SIEM 2a	Fr. lia.	21,8	6,1	60,92	1,58	0,16	9,84	12,58	2,69	0,44	1,92	18,71	19,44	0,132
COLON LOTE 9	Fr. arc. lia.	25,6	6,1	22,19	2,00	0,21	9,52	11,83	2,79	0,35	2,15	16,92	17,63	0,274
COLON LOTE 17	Fr. arc. lia.	25,6	5,8	19,79	1,72	0,16	10,75	12,86	2,82	0,32	2,16	17,87	18,41	0,175
COLON LOTE 209	Fr. arc. lia.	25,6	6,1	22,19	1,96	0,21	9,33	13,32	2,76	0,33	2,44	18,50	19,22	0,321
AMEGHINO 1a MUESTREO	Fr. aren.	10,3	5,7	21,84	1,36	0,13	9,46	6,80	1,96	0,26	2,57	11,42	12,00	0,202
AMEGHINO 2a MUESTREO	Fr. aren.	10,3	6,0	26,00	1,23	0,15	10,90	7,77	2,10	0,25	2,40	12,33	12,96	0,244

Referencias:

H.E.: Unidad equivalente; pH: pH en agua 1:2,5; P: fósforo extractable Bray-Kurtz; Nt: C: carbono total Walkley-Black; Ca-Mg-Na-K: Suma cationes a+1, acc. con acetato de Amonio; C.I.C.: Capacidad de intercambio catiónico 1:1 acetato de Amonio; C.E.: Conductividad Eléctrica en extracto de saturación.

Se consideraron además muestras provenientes de Ameghino (Prov. de Buenos Aires) obtenidas durante dos períodos de muestreo, en un lote de 42 ha, sembrado con soja cultivar Asgrow 5308 con fecha de siembra 28-11-88.

El primer muestreo fue realizado a 36 días de la siembra, con plantas de aproximadamente 20 cm, siguiendo un diseño en cuadrícula, obteniéndose en cada uno de los 42 puntos (distantes entre sí 100 m), muestras de 10 plantas enteras cortadas al ras del suelo, y en el mismo sitio una muestra de suelo de aproximadamente 500 gr del horizonte superficial.

El segundo muestreo se llevó a cabo a los 85 días de la siembra, en estado de floración, muestreándose la diagonal del potrero cada 62 m y obteniendo en cada sitio 9 hojas trifoliadas

LIDIA G. de LOPEZ CAMELO *et al.*

totalmente desarrolladas y 9 hojas trifoliadas de menor estado de desarrollo, y también una muestra de suelo como en el caso anterior.

Los análisis de suelos fueron procesados por triplicado siguiendo la técnica de Bray y Kurtz N°1 para la determinación de P extractable.

Las muestras foliares se analizaron por duplicado, empleando dos técnicas:

- Análisis de P total mediante digestión húmeda con ácidos nítrico y perclórico (López Ritas *et al.*, 1978), de uso corriente en laboratorios especializados.

- Análisis de P extractable con ácidos diluídos (Raun *et al.*, 1987), método no utilizado anteriormente en la Argentina, por lo que se explicita.

P extractable con ácido acético: Se pesaron 0,2 gr de muestra secada a 70 °C y tamizada por malla de 20 Mesh; agregándose 50 ml de ácido acético al 2 % . Se agitó durante 30 minutos a 25 °C y después de filtrar se efectuó la determinación de P mediante la reacción de Murphy y Riley (colorimetría en frío del azul de molibdeno).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores obtenidos, comparando las dos técnicas de análisis foliar pueden observarse en la Figura 1.

Al considerar la relación existente entre ambos métodos se obtuvo un coeficiente de correlación $r=0,78$ ($P<0,001$), siendo la recta de regresión $y= 0,10 + 0,75x$.

El método de digestión ácida con mezcla nítrico perclórica, extrae en promedio un 28 % más de P que el ácido acético diluido (la diferencia es estadísticamente significativa según la prueba t de diferencias apareadas).

Las hojas menos desarrolladas mostraron mayores concentraciones de P, lo que es lógico debido a la menor masa de tejido, pero en el caso de Pilar casi doblaron al valor de las hojas más desarrolladas. Esto es de suma importancia a tener en cuenta para efectuar muestreos foliares cuidadosos, lo que a veces se complica en cultivares de crecimiento indeterminado.

Los pecíolos, que lógicamente presentaron los menores valores de P, proveen de extractos más límpidos que facilitan la determinación colorimétrica, por lo que sería interesante estudiar su valor diagnóstico, tal como ha sido hecho en girasol (Robinson, 1973).

Las indudables ventajas operativas del método de análisis foliar con ácido acético son: bajo costo, sencillez operativa, rapidez en las determinaciones, no existencia de vapores contaminantes. Además, algunos autores, consideraron que el P extractable con ácido acético sería una mejor medida que el P total en hoja (Lorenz y Vittum, 1980).

Para las muestras provenientes de Ameghino, puede observarse en la Figura 2, la distribución de frecuencias de P extractable en suelo y planta para el primer muestreo (planta entera).

El P extractable en planta entera presenta una media $X=0,16$ y una desviación estándar $SD=2,67 \times 10^{-2}$. Su coeficiente de variación fue de 16,87%, y al analizar esta población se obtuvo un coeficiente de asimetría de $1,71 \times 10^{-2}$ y un coeficiente de kurtosis de 2,39, debiéndose rechazar la hipótesis de una población normalmente distribuída.

La dispersión hallada en los valores de P extractable en suelo es muy grande. El promedio de las determinaciones fue $X=21,84$, con una $SD=11,36$ y un $CV=52,03\%$. Los coeficientes de asimetría y kurtosis fueron de 2,93 y 13,54, respectivamente, siendo una población no normal. Esto coincide con lo expresado en un trabajo anterior realizado en Pergamino, donde

Análisis foliar de fósforo en soja

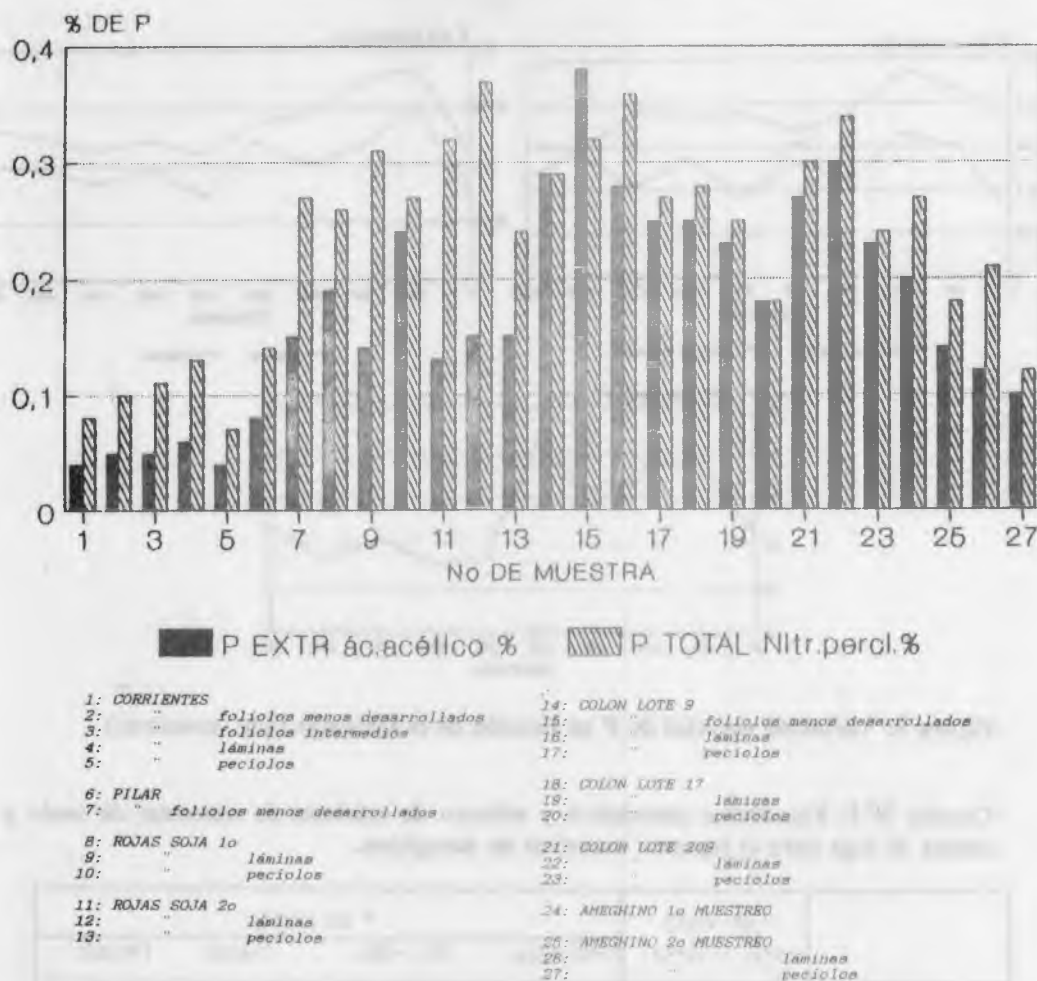


Figura 1: Comparación de dos técnicas de análisis foliar de P en distintas var. de soja

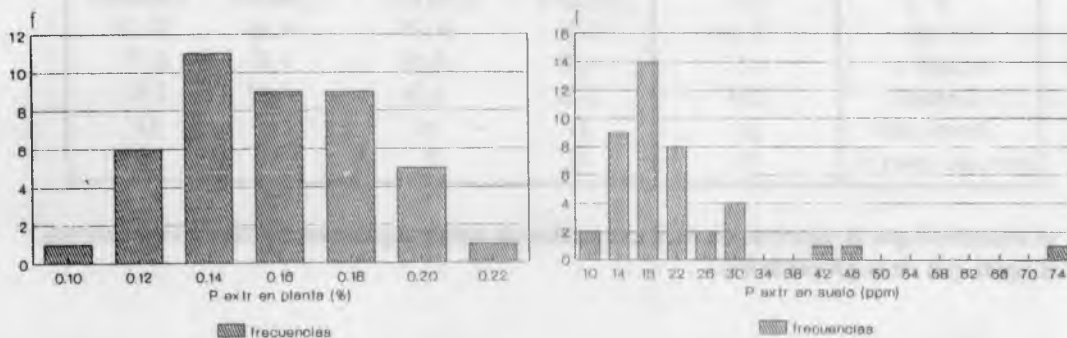


Figura 2: Distribución de frecuencias de P en el primer muestreo de Ameghino

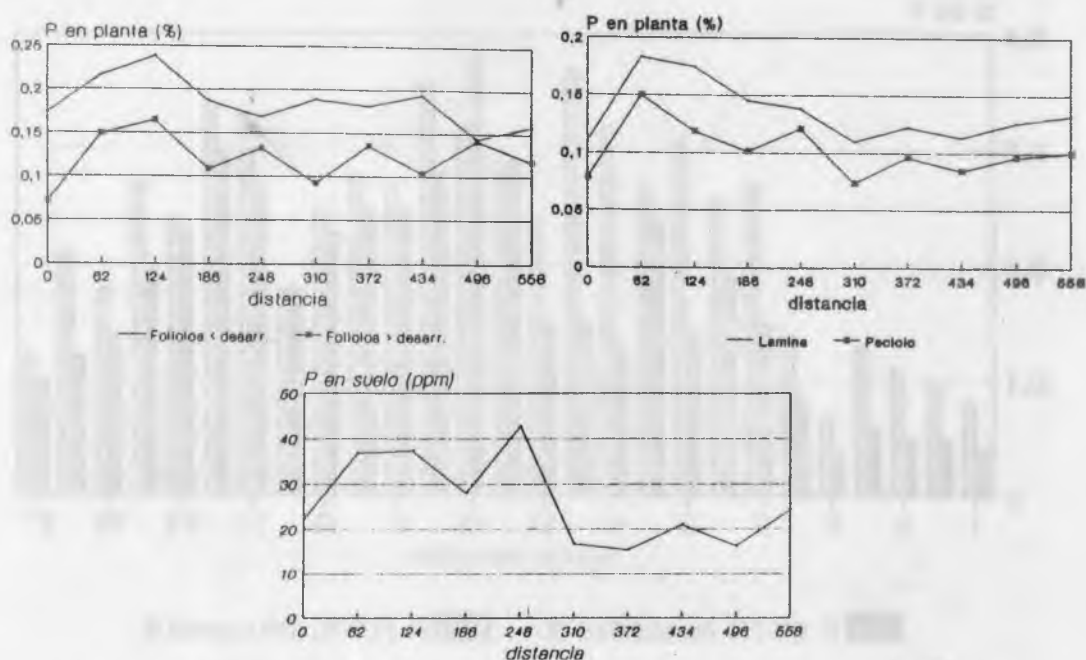
LIDIA G. de LOPEZ CAMELO *et al.*

Figura 3: Variación espacial de P en función de la distancia (2do. muestreo)

Cuadro N°2: Estadística descriptiva y número de mínimos de muestras de suelo y planta de soja para el segundo muestreo de Ameghino.

	P en suelo (Bray y Kurtz)	P en planta			
		Hoj.+des.	Hoj.-des.	Lámina	Pecíolo
X	26,07	0,1216	0,1851	0,1355	0,1019
S2	76,25	$7,97 \times 10^{-4}$	$7,45 \times 10^{-4}$	$6,67 \times 10^{-4}$	$5,20 \times 10^{-4}$
S	9,61	$2,82 \times 10^{-2}$	$2,73 \times 10^{-2}$	$2,59 \times 10^{-2}$	$2,28 \times 10^{-2}$
C.V. (%)	37,64	23,21	14,75	19,06	22,39
Asimetría	0,52	-0,25	0,50	0,83	0,78
kurtosis	1,84	2,22	2,76	2,42	2,97
Normalidad	si	si	si	si	si
nro. min. muestr.	32	12	5	11	8

se determinó que la distribución de P extractable en suelos seguía una distribución no normal, al igual que otras propiedades¹.

¹ "Variabilidad espacial de P en suelo y planta en un Argiudol típico bajo cultivo de maíz" - Lidia G. de López Camelo, J. Sierra, Claudia Fumagalli, Silvia Ratto, 1990 - trabajo no publicado.

Análisis foliar de fósforo en soja

Si se calcula el número mínimo de muestras requerido para obtener una estimación de la media con un error permitido del 15% según la fórmula de Leo Micah (1963), serían necesarias al menos 5 muestras de material vegetal de planta entera, mientras que para las muestras de suelo su número se incrementa a 49, reflejando su mayor variabilidad espacial.

En el segundo muestreo se disminuyó el número de observaciones concentrándolas sobre la diagonal del potrero, por lo que puede visualizarse la variación espacial en función de la distancia para las determinaciones en la Figura 3.

En el Cuadro N°2 figura la estadística descriptiva de los datos del segundo muestreo. Las consideraciones efectuadas anteriormente acerca de los valores de P en hojas más y menos desarrolladas, comparadas con lámina y pecíolo, son válidas para estos resultados.

La variabilidad espacial del suelo sigue siendo mucho mayor que la de planta, y es de notar el hecho de un ligero incremento en los valores de P extractable en suelo, que podrían explicarse debido a una mineralización de la materia orgánica inducida por las labores culturales.

Con respecto a la relación suelo:planta, en el caso del primer muestreo de Ameghino, realizado a nivel de planta entera, a los 36 días de la siembra, no existió correlación entre los valores de P en suelo y P extractable en planta. Teniendo en cuenta que los valores obtenidos pertenecían a poblaciones no normales, se efectuó la transformación de los datos de suelo y planta, normalizándolos mediante funciones logarítmicas e inversas que luego se confrontaron, sin obtenerse tampoco correlaciones significativas.

En el segundo muestreo, realizado en floración (que sería el momento óptimo de muestreo), se relacionaron los valores de P en suelo con los resultados de análisis de los distintos componentes de las muestras foliares: hojas más desarrolladas, hojas menos desarrolladas, láminas y pecíolos. Se obtuvieron correlaciones estadísticamente significativas para los casos en que se consideraron en forma aislada los pecíolos ($r=0,78$, $P<0,01$) y láminas ($r=0,75$, $P<0,01$), que resultaron entonces de interés para un posterior estudio de valores diagnósticos.

CONCLUSIONES

- Se considera promisorio la utilización de ácido acético como extractante de P para futuros estudios de diagnóstico foliar, debido a su gran simplicidad y bajo costo.

- Resultó de interés la utilización de muestras foliares de pecíolos y láminas considerados en forma independiente para futuros estudios de valores diagnóstico referidos al nutriente P.

BIBLIOGRAFIA

- 1) ADLER P.R. AND G.E. WILCOX. 1985. Rapid perchloric acid digest method for major elements in plant tissue. *Comm.in Soil Sci.and Plant Anal.*, 16:1153-1164.
- 2) BENTON JONES J. 1972. Plant tissue analysis for micronutrients. In: "Micronutrients in Agriculture" E.Mortvedt (ed) S.S.S.A., Madison, U.S.A.:319-341.
- 3) BEVERLY R.B., M.E.SUMMER, W.S.LETZSCH AND C.O.PLANK. 1986. Foliar diagnosis of soybean by DRIS. *Comm.in Soil Sci.and Plant Anal.*, 17:237-256.

LIDIA G. de LOPEZ CAMELO et al.

- 4) BODRERO M.L., F. NAKAYAMA Y R. MARTIGNONE. 1989. Experiencias argentinas sobre la fertilización en soja. *Actas de la IV Conferencia mundial de Investigación en Soja*. A.J. Pascale (ed). Tomo 2:621-627.
- 5) BOUMA D. AND E.J. DOWLING. 1980. Field evaluation of a test for P deficiency in pastures based on dry matter responses induced in detached subterranean clover leaves. *Comm.in Soil Sci.and Plant.Anal.*, 11:861-872.
- 6) DA SILVA A.R., J.M. ANDRADE Y J.R. PERES. 1986. Efeito residual de micronutrientes no teor foliar e na producao de soja no cerrado. *Pesq.agropec.bras.*, 21:597-613.
- 7) DE MOOY C.J., J. PESEK, E. SPALDON. 1973. Mineral nutrition. In "Soybeans: Improvement, production and uses". B.E. Caldwell (ed). A.S.A., Madison, U.S.A. *Agronomy Monograph*, 16:267-351.
- 8) EVANS C.E. AND W.R. THOMPSON. 1979. Tissue tests for soybeans. *Better crops with plant food*. 1979. Potash and Phosphate Institute. Atlanta, U.S.A., 63:10.
- 9) FAGERIA N.K. 1987. Variacao em diferentes estádios de crescimento do nivel crítico de fósforo em plantas de arroz. *R.bras.C.Solo*, 11:77-80.
- 10) GRATTAN S.R. AND E.V. MAAS. 1985. Root control of leaf phosphorus and chlorine accumulation in soybean under salinity stress. *Agron. J.*, 77:890-895.
- 11) HAVLIN J.L. AND P.N. SOLTANPOUR. 1980. A nitric acid plant tissue digest method for use with inductively coupled plasma spectrometry. *Comm.in Soil Sci. and Plant Anal.*, 11:969-980.
- 12) HUNT P.G., K.P. BURNHAM AND T.A. MATHENY. 1987. Precision and bias of various soybean dry matter sampling techniques. *Agron. J.*, 79:425-428.
- 13) KAMPRATH E.J. AND M.G. WATSON. 1980. Conventional soil and tissue tests for assessing the phosphorus status of soils. In "The role of P in Agriculture", Khasawneh F.E. (ed) S.S.S.A., Madison, U.S.A.:433- 469.
- 14) LEO MICAH H.W.1963. Heterogeneity of soil of agricultural land in relation to soil sampling. *J. Agric.Food Chem.*, 11:432-434.
- 15) LOPEZ RITAS J. Y LOPEZ MELIDA J. 1978. El diagnóstico de suelos y plantas. *Métodos de campo y laboratorio*. 3o ed. Editorial Mundo y Prensa. Madrid. 337 pág.
- 16) LORENZ G.AND J.VITTUM. 1980.Phosphate nutrition of vegetable crops and sugar beets. In: "The role of P in agriculture", pag.742. Khasawneh F.E. (ed) A.S.A., S.S.S.A., Madison, U.S.A.:742.
- 17) RAUN W.R., R.A. OLSON AND D.H. SANDER. 1987. Alternative procedure for total phosphorus determination in plant tissue. *Comm.in Soil Sci.Plant.Anal.*, 18:543-557.
- 18) RHODES E.R. 1987. Critical P levels in equilibrium soil extract and index leaf for pigeonpeas. *Comm.in Soil Sci.Plant.Anal.*, 18:709-714.
- 19) ROBINSON R.G. 1973. Elemental composition and response to N of sunflower and corn. *Agr.J.*, 65:318-320.
- 20) SMALL H.G. AND A.J. OHLROGGE. 1973. Plant analysis as an aid in fertilizing soybeans and peanuts. In "Soil testing and plant analysis", Walsh L.M., J.D. Beaton (ed).S.S.S.A., Madison, U.S.A.: 315-327.
- 21) WOLF B. 1982. A comprehensive system of leaf analysis and its use for diagnosing crop nutrient status. *Comm. in Soil Sci. Plant. Anal.*, 13 : 1035 - 1059.