

REVISION BIBLIOGRAFIA DE METODOS DE  
EXTRACCION DE FOSFORO ASIMILABLE EN SUELOS  
(1957-1980)

por el

GRUPO DE TRABAJO DE NORMALIZACION DE METODOS ANALITICOS(\*) (\*\*)



PUBLICADO EN  
ANALES DE EDAFOLOGIA Y AGROBIOLOGIA  
TOMO XLI, NÚMS. 5-6 — MADRID, 1982

# TRABAJOS RECAPITULATIVOS

## REVISION BIBLIOGRAFIA DE METODOS DE EXTRACCION DE FOSFORO ASIMILABLE EN SUELOS (1957-1980)

por el

GRUPO DE TRABAJO DE NORMALIZACION DE METODOS ANALITICOS(\*) (\*\*)

### S U M M A R Y

#### A REVIEW OF THE AVAILABLE PHOSPHORUS EXTRACTION METHODS IN SOILS (1957-1980)

A compilation of the most important methods is presented.

This paper is divided into four parts: 1) Brief description of new methods or modifications of the previous ones; 2) paper where a comparison of methods have been made; 3) particular application of the Bray-Kurtz method, and 4) particular application of the Olsen method.

### INTRODUCCIÓN

El desarrollo de una técnica de extracción de fósforo, en su forma asimilable por las plantas, es una de las cuestiones más debatidas en el análisis de suelos, por lo que el Grupo de Trabajo de Normalización de Métodos Analíticos ha realizado, antes de acometer el trabajo experimental, una revisión bibliográfica de los métodos de extracción de P asimilable.

Existe una recopilación bibliográfica realizada por Capitán (1962) que comprende desde 1947 a 1957. En ella se presta una atención preferente a los métodos químicos frente a los biológicos, por ser aquéllos más fáciles de utilizar y los de menor costo. Al mismo tiempo da una relación de los extractantes de uso más frecuente.

---

\* Perteneciente a la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo.

\*\* Bará, S.: I.N.I.A. Departamento de Producción Forestal, CRIDA-I, Pontevedra - Cadahía, C.: Universidad Autónoma, Madrid - Casado, M.: Estación Experimental La Mayora, Málaga - Chaves, M.: Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto, Sevilla - Heras, L.: Estación Experimental de Aula Dei, Zaragoza - Lachica, M.: Estación Experimental del Zaidín, Granada - Lasala, M.: Instituto de Biología, Barcelona - Llorca, R.: Escuela Superior de Ingenieros Agrónomos, Valencia - Mingorance, Ma. D.: Estación Experimental del Zaidín, Granada - Monañés, L.: Estación Experimental de Aula Dei, Zaragoza - Pardo, Ma. T.: Instituto de Edafología y Biología Vegetal, Madrid - Pérez, V.: Instituto de Edafología y Biología Aplicada de Tenerife, Santa Cruz de Tenerife - Prat, L.: Centro de Edafología y Biología Aplicada, Salamanca - Romero, M.: Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura, Murcia - Sánchez, B.: Misión Biológica de Galicia, Pontevedra.

A partir de esta fecha y hasta 1980 hemos continuado dicha revisión, sin pretender ser exhaustivos ya que el número de soluciones extractoras es extraordinariamente elevado; sin embargo, se ha tratado de recopilar las más utilizadas. Por otra parte, una enumeración de todas ellas sería de poco interés, siendo mucho más útil el conocimiento de las tendencias actuales en este campo. En el estudio presente nos hemos fijado más, como implícitamente se indicó antes, en el proceso de extracción del fósforo que en el de determinación del mismo debido a la gran importancia que tiene el conocimiento de la posible fracción asimilable por la planta con la finalidad de su aplicación a la práctica agronómica. En todo proceso de extracción de un suelo influyen, independientemente del extractante utilizado, el pH del medio, la relación suelo/extractante, la temperatura y el tiempo de agitación. Por otra parte, un factor importante es, igualmente, el tipo y características del suelo.

### METODOLOGÍA

Dado el gran número de trabajos existentes acerca del tema, se ha intentado ordenarlos de forma que tuviera una utilidad práctica y permitiera dar una visión clara del objetivo que se pretende. Hemos creído más adecuado presentar una tabla en la que, en orden cronológico, aparezcan aquellos encabezamientos que den la idea más completa de la referencia indicada. En el apartado «Observaciones» se incluyen los datos del trabajo citado que hemos considerado más importantes como conclusiones o como objeto del trabajo. Para ser más concisos se han usado algunas abreviaturas que se indican a continuación:

*a/b*; *c* indica: g de suelo/ml de sol. extractora; tiempo de extracción.

*a/b/d* indica: g de suelo/ml de H<sub>2</sub>O/g de resina.

Al mismo tiempo se han clasificado los trabajos en cuatro apartados que incluyen:

- Nuevos métodos o alguna modificación a los ya existentes (Tabla 1).
- Trabajos cuyo objetivo primordial es la comparación de métodos (Tabla 2).
- Modificaciones o aplicaciones del método Bray-Kurtz (1945), dada la importancia de su amplio uso.
- Por último, y por análogas razones, modificaciones o aplicaciones del método (Olsen y col., 1954).

Sin embargo, pese a la atención que hemos dedicado al método de Burriel y Hernando (ya que es muy indicado para extensas zonas de nuestra geografía según se indica en el trabajo «Determinaciones analíticas en suelos. Normalización de métodos. III. Fósforo asimilable», enviado para publicación en esta misma revista) no le hemos dedicado un apartado especial debido a su menor difusión. En cambio sí ha sido comparado con otros métodos como queda patente en el apartado correspondiente.

T A B L A I

## Métodos de extracción de fósforo más extensamente utilizados y sus modificaciones

Autor(es)	Objeto del trabajo	Agente extractante	Observaciones
Amer y col., 1955	Detn. P asim.	Resina aniónica.	1/100/1; 1 h.
Chang y Jackson, 1957	Fracionamiento de P inorgánico.	Sol. ácidas, básicas y salinas.	Diferentes S/E y t.º para cada solución.
Kornienko y Chumachenko, 1958	Detn. P. asim. en suelos serosem y pradera.	CO <sub>3</sub> (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> al 20 %.	5/100.
Duchaufour y Bonneau, 1959	Detn. naturaleza del P.	SO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> N/250 seguido por NaOH 0,1 N	1/50; 1/2 h y 1/50; 1/2 h.
Datta y Kamath, 1959	Detn. P asim.	Versenato 0,1 % + FNH <sub>4</sub> 0,03 N a pH 5,1.	1/40; 1/2 h.
Tombesi y Cale, 1962	Detn. P asim. en suelos calcáreos y volcánicos.	Sols. de sales de K del ac. cítrico, málico y succínico a pH 5,8 (volcánico) y pH 3,2 (calcáreos).	Compara con mét. biológico y con P aplicado al suelo.
Cooks y Hislop, 1963	Modificación del método de Amer y col.	R e s i n a .	1/100/1; 16 h a 20° C.
Ranterberg, 1964	P asimilable.	EDTA-NH <sub>4</sub> 0,05 M.	15/150; 1 a 24 h a 20° C.
Bishop, 1965	Detn. de P asim.	Electrodialisis.	Análisis en serie.
Mesacheyakov, 1966	Detn. P asim. en suelos serosem.	Oxalato amónico 0,025 N + bicarbonato amónico 0,126 N.	Compara con CO <sub>3</sub> (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> 0,2 N.
Ginzburg y Artamonova, 1966	Detn. P asim. en suelos ácidos, débilmente ácidos y calcáreos.	SO <sub>4</sub> K <sub>2</sub> 0,5 % + molibdato amónico 0,5 %.	Correl. con el P extraído por co-secta de maíz.

T A B L A 1 (Cont.)

Autor(es)	Objeto del trabajo	Agente extractante	Observaciones
Borlan y Bordiagu, 1968	Detn. P asim.	EDTA 0,07N + ác. oxálico 0,005N.	Correl. con el P absorbido (maíz y trigo).
Petrosini, 1968	Detn. P asim.	Electrodiálisis.	10 g. suelo/40 ml H <sub>2</sub> O a 120 mv durante 3 a 15 min.
Hislop y Cooke, 1968	Aplicación anal. en serie.	Mét. de Amer y col. (1955) y Cooke y Hislop (1963).	Compara con mét. Olsen y el ác. cítrico.
McIntosh, 1969	Modificación de las sol. Bray y Morgan para suelos ácidos.	Acetato amónico 1,25N + FNH <sub>4</sub> 0,03N, pH = 4,8.	5/25; 15 min.
Paauw, 1971	Análisis en serie.	Agua.	1/60; 1 h.
Sinclair, 1971	Distribución del P en perfiles de suelos.	Cromatografía en papel.	Contacto directo con el suelo.
Zunino y col., 1972	Separación del suelo y la resina.	Resina (Cooke y Hislop, 1963 y Hislop y Cooke, 1968).	Aplicado a suelos de cenizas volcánicas.
Alexander y Robertson, 1972	Comparar con otros mét. y con las formas de P. inorg.	EDTA.	1/20; 1 h.
Dalal, 1973	Detn. P asim. en suelos deficientes en P.	NaOH 0,25M/CO <sub>3</sub> Na <sub>2</sub> 0,1M.	Correl. con el contenido en P del trigo.
Hauser, 1973	Suelos con alto y bajo contenido en P.	Agua.	1/60.
Romero, 1973	Formas de P asim.	Agua (Bingham, 1949).	Extrae preferentemente el P-Al.

T A B L A I (Cont.)

Autor(es)	Objeto del trabajo	Agente extractante	Observaciones
Ginzburg y col., 1974	Modificación del mét. de Chang-Jackson (1957).	Sulfato amónico 1% + molibdato amónico 0,25% + <sup>32</sup> P	Suelos débilmente ácidos y cáreos.
Ishakaev y col., 1974	Modificación del mét. Chirikov.	CH <sub>3</sub> COOH 0,5N.	Agitar 2 h y decantar.
Goh, 1975	S/E y tiempos de extracción.	FNH <sub>4</sub> 0,5 M (pH 8,5)	Se libera más P a mayor S/E (ensayan 1/50 a 1/600 y de 5 a 72 h).
Douglas y col., 1975	Detn. de ortofosfatos.	SO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> + ClH dil.	Suelos con exceso de pirofosfatos.
Elrashidi y col., 1975	Detn. P asim. en suelos muy cáreos.	Resina amónica.	Min. periodo de equilibrio 1 h.
Ahmed e Islam, 1975	Detn. P asim.	EDTA-Na <sub>2</sub> 0,0025M.	Correl. con la respuesta de la planta (trigo).
Ninadi y col., 1975	Parámetros del proceso de extracción	1) EDTA 300 mM 2) NTA 300 mM	5/50; 4 h a 24° C
Amer y col., 1976	Detn. P asim.	CO <sub>3</sub> HNa 0,25 + SO <sub>4</sub> (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> 0,1N.	1/25; 1/2 h.
Velchev, 1976	Detn. P asim.	Electrodialisis.	Curvas de P liberado.
Gillman, 1976	Detn. P adsorbido en suelos rojos basálticos.	SO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> 0,005M.	—
Barrow y Shaw, 1977	Factores que afectan a la extracción.	Resinas.	Estudia proporciones S/E/R, etcétera.
Sibbesen, 1977	Modificación.	Resinas.	Resina dentro de una bolsa de nylon.

TABLA 1 (Cont.)

Autore(s)	Objeto del trabajo	Agente extractante	Observaciones
Sahrawat, 1977	Corré, con otros métodos y con las fracciones de P.	EDTA Na <sub>2</sub> , 0,01N (pH 4,8).	1/25.
Ivanov y Stolyarova, 1977	Detn. P. asim.	Métodos Sokolov (1953) y Fried y Dean (1952).	Suelos sod-podzólicos.
Hernando y col., 1977	Detn. P asim.	Electro-ultra-filtración.	Compara con mét. Bray, Olsen, Burriel-Hernando y biológico. Estudia parámetros cinéticos. Estudia factores que influyen.
Fardeau y Jappe, 1978	Detn. P asim.	Inyección de $^{32}\text{PO}_4^-$	1/10; 15 min.
El-Nennah, 1978	Ecuación matemática.	Resina cargada parcialmente con $\text{CO}_3\text{HNa}$ .	Resina dentro de una bolsa.
Bittencourt y col., 1978	Suelos tratados con P, N y K.	$\text{SO}_4\text{H}_2$ 0,5N.	Resina dentro de una bolsa.
Smith, 1979	Detn. P orgánico.	Resina fuertemente básica.	Resina dentro de una bolsa.
Sibbesen, 1979	Detn. P asim.	Resina en forma de cloruro.	Compara con el P isotópicamente intercambiable.
Giskin y Larsen, 1979	Fracciones de P asim.	Resinas aniónicas.	Compara con mét. biológico.
Harrison y Helliwell, 1979	Detn. P. Asim.	Bioensayo basado en la absorción de $^{32}\text{P}$ .	Compara con extracción biológica.
Babre y col., 1980	Deficiencia de P en suelos tropicales.	Resina aniónica.	0,75/10/3; 24 h.
Kunishi y Vickers, 1980	Curvas de absorción.	Resinas aniónicas.	1/20; 1 h.
Stahlberg, 1980	Detn. P asim.	$\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$ 0,1N.	1/2 h de agitación.
Oreshkin, 1980	Detn. P asim.	Mét. Egner-Riehm-Domingo (1960).	5/75; 1 h.
Onken y col., 1980	Modelos matemáticos.	EDTA 0,4 % en agua.	Suelos tropicales.
Roche y col., 1980	Deficiencia de P.	Resina aniónica.	Suelos tropicales.

T A B L A 11

Comparación de diversos métodos

Autor(es)	Métodos comparados	Observaciones
Pack y Gómez, 1956	Mét. CO <sub>2</sub> , CO <sub>3</sub> HNa, H <sub>2</sub> O y Bray frente al contenido en P de la planta.	El más adecuado es el H <sub>2</sub> O.
Ghani e Islam, 1957	Mét. 8-(OH)-quinoleína, ácido selenioso y la combinación de ambos frente al mét. de Truog y el ác. acético.	Suelos lateríticos de gran capacidad de fijación. Mejores resultados con el ác. selenioso + 8-(OH)-quinoleína.
Smith y col., 1957	Mét. Bray-Kurtz 1 y 2, CO <sub>3</sub> HNa, ClH 0,025N, ClH 0,025N + Cl <sub>2</sub> Ca 0,1N frente a la respuesta de la planta al P añadido.	Es más adecuado ClH 0,025N + FNH <sub>4</sub> 0,03N para suelos calizos y ácidos tratados con P.
Lathwell y col., 1958	Resinas mét. Fried y Dean, Peech y English Bray-Kurtz y Olsen frente al mét. biológico.	Mejor resultado con las resinas.
Moser y col., 1959	Mét. Amer, Olsen y Bray-Kurtz 1 frente al contenido en P de los cultivos.	Mejor resultado con las resinas.
Grill, 1959	Mét. Egnér-Riehm-Domingo, Olsen y agua con CO <sub>2</sub> .	Cada uno extrae cantidades diferentes.
Martínez de Pancorbo y Lucena Conde, 1959	Mét. Bray-Kurtz, ác. cítrico, bisulfato potásico, ác. acético, Truog, Egnér, Burriel-Hernando, Capitán García, acetato amónico, Morgan, Olsen y anhídrido carbónico.	El factor que regula la extracción es el pH.
Diest y col., 1960	Mét. Bray 1 y Amer.	El mét. Amer fue superior al Bray 1.
Robertson, 1962	Mét. Olsen y Bray con el rendimiento de la cosecha.	Resultados diferentes por ambos métodos.
Hanna y col., 1962	EDTA Na <sub>2</sub> 0,02N, Olsen y H <sub>2</sub> O.	Suelos de pH 7,6 y 8,6 y CO <sub>3</sub> Ca 2,7 % y 3,2 %.
Vacharotayan, 1962	Mét. Olsen, Olsen modificado y Bray 1 frente al P asimilable por la planta.	Los 3 son adecuados para suelos de pH 5,8-6,8.
Bingham, 1962	Métodos más utilizados en EE.UU. para suelos.	Mét. Olsen es el más usado.



T A B L A 11 (Cont.)

Autor(es)	Métodos comparados	Observaciones
Chang y Juo, 1963	Mét. Olsen, Peech, Bray 1, 2 y 4, Truog y Carolina del Norte.	Los resultados dependen del tipo de fosfatos presentes.
Van Diest, 1963	$H_2O$ , ác. acético-lactato amónico, Bray 1, ác. acético-acetato sódico, Olsen, CIH 0,05 + $SO_4H_2$ 0,025N, electrodiálisis frente al P en planta.	Es más exacto el $H_2O$ .
Du Plessis y Burger, 1965	Ocho métodos frente al mét. biológico.	Mét. Olsen y las resinas aniónicas son igualmente buenos.
Necdet Yurtsever y col., 1965	Mét. Olsen, Fried y Dean y el P absorbido por el trigo.	El mét. Olsen se adecuado y se relaciona con el P aplicado por la ecuación de Mitscherlich.
Lucena Conde y Crisanto, 1965	Electrodiálisis, resinas y 12 extractantes químicos.	Discrepancia entre los resultados.
Virmani y col., 1966	Mét. Truog, Barbier-Morgan, Richm, Joret-Herbert, Stanford, Chang and Jackson, Barbier-Hass frente al mét. biológico.	Mejor correlación por el mét. Barbier-Hass.
Roche, 1967	Mét. Chaminate, Truog, Chang y Jackson frente al mét. biológico.	Para suelos arrosales son más adecuados el mét. Chang y Jackson y Duchaufour. Para suelos secos son más adecuados los tres primeros.
Baker y Hall, 1967	Varios métodos.	El mét. Bray-Kurtz es el más exacto para predecir la fertilización con P.
Ahmad y Jones, 1967	Mét. Truog, Bray, Olsen y Morgan.	Influye el contenido en $CO_3Ca$ y en óxidos de Fe.
Ghondhry y Choudhry, 1969	Sol. de bórax + acetato amónico 0,01M a pH 8,5 y mét. Olsen original.	Los resultados son similares. Suelos calizos y alcalinos.
Ozbek, 1969	17 métodos.	Los más adecuados fueron Olsen y Bray-Kurtz, entre otros.
Tripathi, 1970	Mét. Olsen y Bray 1 frente al mét. biológico.	Mét. Olsen es más prometedora.
Oteng y Acquaye, 1971	$H_2O$ , Morgan, CIH, Bray 1, Truog, acético, cítrico, Bray 2, Olsen y lactato frente al mét. biológico.	Correl. sign. para $H_2O$ , Bray 2, Morgan y Olsen.

T A B L A 11 (Cont.)

Autor(es)	Métodos comparados	Observaciones
Thani y Kannenberg, 1971 .....	Mét. Olsen, Bray 2, Truog, lactato amónico y lactato cálcico.	Mét. lactato amónico y lactato cálcico dan resultados inferiores a los otros.
Rosand y Santana, 1972 .....	Mét. Bray 2, Olsen, Carolina del Norte (Mehlich), Egner-Riehm, Truog, Olsen modificado y la respueta de la planta.	Extrae más el mét. Truog en los suelos tratados con P.
Bhan y Shauner, 1973 .....	Mét. Olsen y Bray I frente al P absorbido por arroz.	Coef. de correl. significativos para el Olsen.
Kar, 1973 .....	EDTA, humato potásico, urea, ác. oxálico, ác. cítrico y salicílico.	El EDTA y el humato liberaron 19-28 % del P total.
Walmsley y Cornforth, 1973 .....	Mét. Olsen y Amer con la cosecha de maíz.	Mejor coef. de correl. mét. Olsen.
Kumaraswamy y col., 1973 .....	Ocho métodos, frente a la cosecha y al P absorbido.	Mejor correlación, Bray 1 y 2.
Dubey y col., 1973 .....	Varios métodos para tierras negras con el P absorbido.	Mét. Olsen presenta el mayor coeficiente de correlación.
Gattani y Seth, 1973 .....	Mét. Bray, Truog y Olsen en relación con la cosecha.	Mét. Olsen fue el mejor.
Oko y Agboola, 1974 .....	Mét. Bray 1, 2, 4 modificado, Olsen modificado, CO <sub>3</sub> HNa, Carolina del Norte modificado, CIH + SO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> , 0,025N, Saunder modificado, H <sub>2</sub> O y lactato cálcico en relación con el P absorbido y peso seco de cosecha.	La mejor estimación fue proporcionada por el Bray 1.
Marguelashvili y Chitishvili, 1974 .....	Mét. Machigin, Olsen, Burriel-Hernando, Bray-Kurtz modificado por Miller y Axel y Ginzburg y Artamonova con el P absorbido y los superfosfatos aplicados.	Coef. de correl. más altos para el mét. de Burriel-Hernando y Ginzburg y Artamonova.
Fares y col., 1974 .....	Mét. Saunders y Williams (1975), Maysaudon y Simonart (1964), Berner (1962) y Dormaar (1968).	Detn. de P orgánico. Los valores son similares para todos.
Resulovic y col., 1973-74 .....	Lactato amónico cálcico (LAC) y lactato amónico (LA).	LAC mejor para CO <sub>2</sub> Ca > 75 %. LA para CO <sub>2</sub> Ca de 20-50 %.

T A B L A I I (Cont.)

Autor(es)	Métodos comparados	Observaciones
Sa y col., 1974	Mét. Mehlich, Bray 1, 2, Olsen y Hawaii frente al mét. biológico.	Mejor correlación mét. Hawaii.
Srivastava y Jafri, 1974	Mét. Olsen, Bray, Fried y Dean, y el rendimiento de la cosecha.	Mét. Olsen y Fried y Dean están sign. correl.
Uriyo y Kesseba, 1974	Diez métodos.	Mét. Bray-Kurtz proporciona los mejores resultados.
Habibi y col., 1974	Mét. Duchaufour y Joret-Hebert frente al P absorbido.	Suelos calcáreos dan la mejor correlación.
Stephen y Lin, 1974	Mét. Truog, Mehlich, resinas aniónicas, Bray 1, 2 modificado, Olsen y P total con el P absorbido.	Peor correlación para los cuatro últimos métodos.
Verloo y Kiekens, 1975	Ac. cítrico, acetato amónico + EDTA, oxalato amónico y lactato amónico frente al mét. biológico.	Mejor correlación para el exalato amónico y lactato amónico.
Baker, 1975	Mét. Olsen <i>et al.</i> , y Bray-Kurtz 1 en relación con el rendimiento de la cosecha y el abonado.	Adoptan el Olsen como método de análisis en serie.
Gupta y Singh., 1975	Mét. Olsen, Bray 1 y el P intercambiado isotópicamente.	Suelos bajo condiciones aerobias y anaerobias (Mejor el Olsen).
Kacar y col., 1975	Mét. Olsen, Quimachenko y Bingham y Egner.	Mét. Olsen presenta mayor coef. de correl.
Pathak y col., 1975	Cinco extractantes.	Mejor correlación el mét. Olsen.
Harrison, 1975	Ac. acético 2,5 %, Olsen, Truog, Egner y dilución isotópica frente al mét. biológico.	Coef. de correl. negativos.
Przesmycka, 1975	Diferentes métodos.	El H <sub>2</sub> O fue mejor para suelos orgánicos.
Admed e Islam, 1975	Mét. Truog, Carolina del Norte, Bray 1 y 2, CIH 0,3N, EDTA-Na <sub>2</sub> 0,02N, Cl <sub>2</sub> Ca 0,01N y resinas aniónicas en relación con las fracciones de P.	La extracción depende del tipo de fosfato.
Ballard, 1975	H <sub>2</sub> O, acetato amónico pH 4,8, CIH 0,05N + SO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> 0,025N, Bray 1 y 2 frente a la respuesta de la planta.	Es más adecuado CIH 0,05N + SO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> 0,025N.

T A B L A 11 (Cont.)

Autor(es)	Métodos comparados	Observaciones
Hernando y Díez, 1975	Mét. Burriel-Hernando, Marín modificado (pH 1,0) y resinas en relación con el P absorbido por el rye-grass.	Mét. Burriel-Hernando muestra el mayor coef. de correl.
Hong y Yamane, 1975	Resina acetil-acetona, Mehtad modificado por Anderson (1960) y mét. Anderson (1956)-Cosgrove (1963).	La resina es el método más adecuado.
Appiah, 1975	Mét. de ignición, ClH/NaOH y EDTA-Na <sub>2</sub> /NaOH.	Fósforo orgánico. Se selecciona el mét. de ignición a 550° C para análisis en serie.
Schechtner, 1975	Lactato cálcico (LC) y lactato amónico cálcico (LAC).	LC proporciona valores de P más altos para suelos débilmente ácidos y neutros. LAC para suelos fuertemente ácidos.
Khan y col., 1975	Mét. Olsen, Bray 1 y 2, Morgan y Williams <i>et al.</i> (1971) y cosecha de arroz.	Halla diversas correlaciones entre procedimientos comparados.
Tnani y Kannenberg, 1975	Mét. Olsen, Bray, Truog, lactato cálcico y lactato amónico frente al mét. biológico.	Mejores resultados para el Olsen y Bray.
Knudsen, 1975	Mét. Olsen y Bray.	Para suelos calcáreos recomienda el Olsen.
Cheng, 1975	Mét. Bray 1, Olsen, y fracciones Al-P y Fe-P frente al mét. biológico.	Mét. Bray 1 y Olsen proporcionan buenos resultados.
Dhanapalan Mosi y col., 1975	Mét. Bray y Olsen.	Mejor resultado depende de la capacidad de fijación del suelo.
Schwertmann y col., 1976	Lactato cálcico y Cl <sub>2</sub> Ca frente a curvas buffer.	El mét. con Cl <sub>2</sub> Ca da valores mayores que los obtenidos mediante las curvas buffer. El lactato cálcico ≈ curvas.
Elxpete, 1976	Mét. Bray 1 y 2, Truog, Olsen y EDTA frente a peso de materia seca y mét. biológico.	Mét. Olsen es más adecuado.
González y col., 1976	Diversos extractantes frente al rendimiento de la planta.	El acetato sódico da buena correlación aunque extrae menos en suelos de bajo pH y CO <sub>2</sub> Ca.

T A B L A 11 (Cont.)

Autor(es)	Métodos comparados	Observaciones
Füleky, 1976 a y b	Lactato amónico, lactato amónico cálcico, Bray 1, CO <sub>3</sub> HNa, CO <sub>3</sub> HNa + FNH <sub>4</sub> , Cl <sub>2</sub> Ca y las fracciones inorg. del P.	Influye en la extracción el contenido en CO <sub>3</sub> Ca.
González y Pérez, 1976	SO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> /ClH, ClH/FNH <sub>4</sub> , AcONa y CO <sub>3</sub> HNa frente al mét. biológico.	Coef. de correl. en función del pH.
Titterington y Kaminski, 1976	Mét. de Carolina del Norte y Bray.	Mét. Bray proporciona los valores más altos y es más reproducible. Son más adecuados el primero y el último.
Carlos Rojas, 1976	Mét. Olsen, Bray-Kurtz 1 y 2, Carolina del Norte y resinas.	Los procedimientos que utilizan C activo dan coef. de correl. negativos.
Eloff y Laker, 1976	Varios extractantes.	Suelos calcáreos. Resultados bien correlacionados entre sí.
Santa Cruz y col., 1976	Bicarbonato, H <sub>2</sub> O, ClNH <sub>4</sub> y resinas aniónicas frente al mét. biológico.	Altos coef. de correl. por el mét. Bray-Kurtz 1 y Olsen.
Leng y Kalpage, 1976	Mét. Bray-Kurtz 1 y 2, Olsen y Truog frente al mét. biológico.	El más adecuado es el CO <sub>3</sub> HNa 0,5N para todos los suelos ensayados y el ClH + FNH <sub>4</sub> para los no calcáreos.
Rudd y French, 1976	Nueve métodos.	El mejor correlacionado es el LAK.
Ivanov, 1976	Mét. Egner, Egner-Riehm, lactato amónico y lactato amónico potásico (LAK) correlacionados con el mét. biológico.	FNH <sub>4</sub> y NaOH 0,1N son los más reproducibles. Mayor coef. de correl. Bray 1 modificado.
Lau y Yap, 1977	5 extractantes ácidos y alcalinos.	P extraído dependiente de la fracción a la que se encuentra ligado.
Fang y Wang, 1977	Mét. Bray 1, Olsen y Bray 1 modificado frente al biológico.	Buena correlación con los parámetros del suelo y las cosechas.
Minhas y Kick, 1977	Mét. Bray 1, Olsen y fracciones P-Al y P-Fe.	
Doney y Neikova-Bocheva, 1977	Mét. Egner-Riehm y bicarbonato sódico 2% + sulfato amónico 0,7%.	

T A B L A I I (Cont.)

Autor(es)	Métodos comparados	Observaciones
Lau y col., 1977	Ac. perclórico-sulfúrico, fluoruro amónico y NaOH 0,1N caliente y frío.	Para suelos con gran cantidad de materia orgánica es más adecuado el NaOH 0,1N.
Dhillon y col., 1977	Mét. Olsen, Bray 1 y 2 con el mét. biológico.	Olsen es significativo.
Aal y col., 1977	Lactato cálcico, cloruro amónico, agua, bicarbonato sódico y resinas con el mét. biológico.	Las resinas aniónicas proporcionan la mejor correlación.
Lin y col., 1977	Mét. Olsen, Bray, EDTA, agua, resinas aniónicas, Al-Abbas y Baker y Carolina del Norte frente al biológico.	Tiene efecto la composición del suelo.
Nuthmann y Garz, 1977	Mét. Bray-Kurtz, Olsen, agua, lactato amónico y otros en relación al contenido de P en la planta.	Tienen influencia las propiedades del suelo.
González y col., 1977	ClH-FNH <sub>4</sub> , ClH-SO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> , acetato sódico y bicarbonato sódico frente a cosecha.	Utilizan suelos de diferente pH y contenido en Ca.
Marks, 1977	Mét. Chang y Jackson, lactato amónico, lactato amónico cálcico, agua, Olsen y DL.	Mejor resultado con DL.
Hahlin y Johansson, 1977	ClH, lactato amónico y lactato cálcico.	Influyen la arcilla, pH y materia orgánica del suelo.
Ferreira y col., 1977	Tres métodos combinación de SO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> 0,05N y ClH 0,05 + SO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> 0,025N.	No hay diferencia entre ellos.
Enwezor, 1977	Bray-Kurtz 1 y 2, Morgan, Truog, Olsen, Saunder y resina amónica.	Coef. de correl. más alto Bray-Kurtz 2.
Commonwealth bureau of soils, 1977	Varios métodos de fraccionamiento de P inorgánico.	Revisión de 1950-1965.
Hoffmann, 1978	Lactatos y agua.	H <sub>2</sub> O no presenta ventajas sobre los lactatos.
Eloff y Laket, 1978	Mét. Bray 2, Olsen, ác. cítrico 1 %, lactato amónico cálcico y resinas frente al biológico.	El Olsen es el mejor correlacionado con los distintos parámetros medidos.
Crisanto Herrero y Ovejero Escudero, 1978	Mét. Larsen, Barbier y Gachón y resinas.	Seleccionan el de Barbier.

T A B L A I I (Cont.)

Autor(es)	Métodos comparados	Observaciones
Aura, 1978	Resinas aniónicas, acetato amónico, Bray I, Olsen, FNH <sub>4</sub> y agua.	Mejor resultado con las resinas.
Machacer y PirkI, 1978	Resinas aniónicas, catiónicas y mét. Egner frente al biológico.	Para suelos tratados con P la correlación es negativa para el mét. de las resinas.
McGaveston y Widdwson, 1978	Seis extractantes frente al % de green panic.	Mayor correlación con el mét. Bondorff.
Sibbensen, 1978	Resina en forma de cloruro, en forma de bicarbonato, lactato amónico, zeolita Na, Cl <sub>2</sub> Ca, SO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> y potencial P.	Mayor coef. de correlación con la resina en forma de bicarbonato.
Abd El Aal y Römer, 1978	Resinas y radiométricos frente al biológico.	Menor coef. de correl. para los suelos que contienen > 5 % CO <sub>3</sub> Ca.
Aggory y col., 1978	Mét. Olsen y agua.	Ecuación de regresión signif. entre ambos.
Verma y Swaminathan, 1978	Métodos químicos y biológico.	El mejor estimador es el mét. biológico.
Yelsakov, 1978	Kirsanov, Arrhenius, Chirikov, Truog, Olsen, Burriel-Hernando y Ginzburg-Artamonova y mét. biológico.	Son más adecuados los mét. Olsen, Burriel-Hernando y Ginzburg-Artamonova.
Sushenitsa, 1978	Mét. Machigin, Sokolov y repetidas extracciones con CO <sub>3</sub> (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> .	Obtiene distintos tipos de correlación según métodos considerados.
Orphnos, 1978	Bicarbonato sódico y agua.	El bicarbonato extrae más de los suelos calcáreos y menos de los igneos.
Ataga, 1978	Mét. Bray-Kurtz, Morgan, Saunder, Olsen y potencial de fosfato en equilibrio frente al biológico.	El potencial de fosfato en equilibrio es superior a los otros.
Perez Méndez y col., 1978	Mét. Ximénez-Herrais, Jackson, Steward-Oades, Harrap, Mehta, Saunders-Williams y Krivonozova.	Mét. Ximénez-Herrais proporciona los valores más altos.
Bucher, 1978	Lactato amónico cálcico, DL y agua.	Influencia de la aplicación de superfosfatos.
Tennessee Valley Authority, 1978	Varios extractantes.	Revisión desde 1968-1977.
Kuz'Mich y Chaprikov, 1979	Mét. Olsen y Kirsanov.	Mejores resultados por el mét. Olsen.

T A B L A I I (Cont.)

Autor(es)	Métodos comparados	Observaciones
Olsen y Larsen, 1979	Resinas en forma de bicarbonato, elución en una columna gradualmente ácida y $\text{SO}_4\text{H}_2$ 0,2N.	La diferencia entre los métodos es más marcada en suelos calcáreos. Existe correlación lineal.
Novais y Kamprath, 1979	Mét. Carolina del Norte, Bray 1 y Olsen, en relación con el P aplicado.	Los mejores resultados se obtienen con el Bray 1 y Olsen.
Ramamoorthy y Hasan, 1979	Mét. Olsen, Bray y valor E* frente a la respuesta del trigo y arroz.	La mayor correl. se obtiene con el mét. Bray para el trigo y Olsen para el arroz.
Gutiérrez Jerez y col., 1979	Mét. Steward-Oades, Saunders-Williams, Harrap y Mehta para P org.	Los valores más altos los proporciona el mét. de Steward-Oades.
Sommers y col., 1979	Mét. Bray 1 y agua.	Extrae de 4 a 10 veces más el mét. Bray.
Luscombe y col., 1979	Mét. Truog, Olsen y agua en relación con la cosecha de rye-grass.	Aconsejan el agua.
Nielsen, 1979	$\text{SO}_4\text{H}_2$ , resinas aniónica y catiónica, lactato amónico y $\text{CO}_3(\text{NH}_4)_2$ frente a la respuesta de la planta.	La resina catiónica es el menos adecuado.
El-Baruni y Olsen, 1979	$\text{CO}_3\text{HNa}$ y $\text{Cl}_2\text{Ca}$ en relación con el P aplicado al suelo.	Determinan ecuaciones de regresión.
Holford, 1980 a y b	Mét. Olsen, Bray, Colwell y Mehlich frente al biológico.	Encuentran relación con la capacidad tampón de cada uno.
Kasitskii y col., 1980	Mét. Machigin, Olsen, Chirikov, Karpinsk-Zamyatin y Burriel-Hernando.	Más adecuados el Olsen y Machigin.
Buys y Venter, 1980	Mét. Bray 1, 2 e Isfei (volum.).	Resultados algo mayores con el Bray 2.
Elsakov, 1980	Ácidos diluidos, mezclas de sales o soluciones tampón.	El mejor estimador es el mét. Kirsanov.
Hong y Yamane, 1980	Mét. Methad modificado, NaOH 1N y resina-acetilacetona para P org.	La resina proporciona mayor extracción.

• Fósforo del suelo isotópicamente cambiante con  $^{32}\text{P}$  en condiciones de laboratorio.



**MÉTODO BRAY-KURTZ: MODIFICACIONES Y APLICACIONES**

Fue publicado originalmente en 1945 y es, indudablemente, uno de los métodos más profusamente mencionados en la bibliografía, aunque las opiniones acerca de su utilidad son también contradictorias.

Smith y Sheard (1957) indican que la técnica de Bray modificada, usando una relación 1/10 y agitando durante 1 min., resulta válida para predecir las necesidades de fertilizante fosfatado para el cultivo de patatas.

Vajzagupta (1963) aplican dicho método a suelos dedicados al cultivo del arroz encontrando una buena correlación con las cosechas.

Fang y col. (1966) obtuvieron altos coeficientes de correlación para este método aplicado a suelos podsolizados dedicados al cultivo de la caña de azúcar.

Subramanian y Seshagiri Rao (1969) aplicaron el método a suelos lateríticos obteniendo altos coeficientes de correlación

Randall y Grava (1971) estudiaron varias relaciones suelo/extractante (1/10, 1/50 y 1/100) para el método Bray 1. Deducen que es mejor la relación 1/100.

Smillie y Syers (1972) deducen que el método Bray 1 no es conveniente aplicarlo a la determinación del P en suelos calizos ya que proporciona una baja estimación del P debido a la inmovilización de éste ( $F_2Ca$ ) durante el proceso de extracción.

Hassett y Walker (1974) indican un método para corregir el efecto del tiempo de agitación en el procedimiento Bray 1.

Adepetu y Corey (1976) aplican el procedimiento Bray-Kurtz modificado por Laverty (1961) para predecir la disponibilidad de P para una cosecha, e indican que pueden mejorarse los resultados si se tiene en cuenta los contenidos de P orgánico o la materia orgánica en la regresión múltiple.

Chien (1978) estudia el papel del método Bray 1 en suelos ácidos tratados con roca fosfatada y cómo se ven afectados los resultados por la fuente de roca fosfatada, la cantidad aplicada y el tiempo de reacción.

Peterson y Krueger (1980) aplican el método Bray 1 para estudiar la variación del contenido en P de los suelos abonados y cultivados a lo largo de 8 años.

**MÉTODO OLSEN: MODIFICACIONES Y APLICACIONES**

Este método fue publicado en 1954 y es uno de los más utilizados por gran parte de los investigadores en este campo, que indican que se obtienen buenos resultados en su aplicación a diversos tipos de suelos.

Jackson y col. (1964) han trabajado con suelos no calizos, usando con éxito el procedimiento Olsen modificado ( $CO_3HNa$  0,5N +  $FNH_4$  0,1N) en suelos lateríticos y pardo-rojizos.

Brereton y Hanley (1970) introducen una nueva modificación al método de Olsen utilizando  $\text{CO}_3\text{HNa}$  0,3N, una relación 1/100 y un tiempo de agitación de 16 horas. Consideran que este método es adecuado para la estimación del fósforo en suelos ácidos y neutros (pH 4,9-7,4).

Pichot y Roche (1972) indican que el método Olsen modificado núm. 3 se suele utilizar en África Occidental y se aplica a suelos tropicales.

Bhau y Shauker (1973) extraen el P mediante el método Olsen encontrando que se correlaciona significativamente con la materia seca y rendimiento de P en cultivos de gramíneas y no gramíneas en experiencias de invernadero.

Banderis y col. (1976) sustituyen el carbón activo del método original por 2,5 mg/l de poliácridamida encontrando que se reducen las dificultades técnicas y no existen diferencias en el P extraído.

Baker (1977) obtiene una ecuación que relaciona la cosecha de remolacha de azúcar bajo condiciones de irrigación, el valor del P extraído por el método Olsen y la cantidad de P aplicado como abono.

Bowman y Cole (1978) siguen las transformaciones del P orgánico en el suelo mediante la correlación de P inorgánico extraído por Olsen con el P total y con la respuesta de la planta.

Mahendra Singh y Vinod Kumar (1979) aplican el método Olsen para estudiar las interacciones del P en la concentración y absorción del Mo por soja.

Anoop Shing y col. (1979) estudian el efecto de los niveles de P y F aplicado a los suelos sobre el P extraído por el método Olsen. Relacionan también el contenido en P del trigo con el extraído por el método Olsen.

Mahendra Singh y Singh (1980) utilizan el método Olsen para extraer el P asimilable de suelos de arrozales con objeto de estudiar las interacciones Zn-P.

#### BIBLIOGRAFIA

- AAL, A EL-SABIT, S., SADIK, K. y RÖMER, W. (1977). Studies on the reliability of various extraction methods for plant available phosphate fractions in soils of high pH. *Archiv für Acker-und Pflanzenbau und Bodenkunde* 21 (6), 457-465.
- ABD EL AAL, R. S. y ROMER, W. (1978). Labile and anion extractable phosphate in calcareous soils and their suitability for characterizing the phosphate availability. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 141 (6), 655-663.
- ADEPETU, J. A. y COREY, R. B. (1976). Organic phosphorus as a predictor of plant-available phosphorus in soils of southern Nigeria. *Soil Sci.* 122 (3), 159-164.
- AGBOOLA, A. A. y OKO, B. (1976). An attempt to evaluate plant available P in western Nigerian soils under shifting cultivation. *Agronomy Journal* 68 (5), 798-801.
- AGGORY, E. EL, GHOBRRAL, K. R., AHMED, S. E. A., SELEEM, M. S. E. y SERRY, A. (1978). Methods used in the determination of available phosphorus and the phosphorus status of the Qena Governorate soils. (1978). *Agricultural Research Review* 56 (4), 99-103.
- AHMAD, N. y JONES, R. L. (1967). Forms of occurrence of inorganic phosphorus and its chemical availability in the limestones soils of Barbados. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 31, 184-188.
- AHMED, B., ISLAM, A. (1975). Extractable phosphate in relation to the forms of phosphate fractions in some humid tropical soils. *Tropical Agriculture* 52 (2), 113-118.

- AHMED, B. e ISLAM, A. (1975). The use of sodium EDTA as an extractant for determining available phosphate in soil. *Geoderma* 14 (3), 261-265.
- ALEXANDER, T. G. y ROBERTSON, J. A. (1972). EDTA extractable phosphorus in relation to available and inorganic phosphorus in relation to available and inorganic phosphorus forms in soils. *Soil. Sci.* 114 (2), 69-72.
- AMER, F., BOULDIN, D. R., BLACK, C. A. y DUKE, F. R. (1955). Characterization of soil phosphorus by anion exchange resin adsorption and  $P^{32}$  equilibration. *Plant and Soil* 4 (6), 391-408.
- AMER, F., GARBOUCHEV, I., NEIKOVA, E. y MILCHEVA, M. (1976). A proposed phosphorus and potassium soil test. *Agrochimica* 20 (2/3), 246-252.
- ANOOP SINGH, CHHABRA, R. y ABROL, I. P. (1979). Effect of fluorine and phosphorus applied to a sodic soil on their availability and on yield and chemical composition of wheat. *Soil Sci.* 128 (2), 90-97.
- APPIAH, M. R. (1975). Note on the determination of organic phosphorus in some cocoa cultivated soils of Ghana. *Ghana Journal of Agricultural Science* 8 (2), 159-162.
- ATAGA, D. O. (1978). Soil phosphorus status and response of the oil palm to phosphorus on some acid soils. *Journal of the Nigerian Institute for Oil Palm Research* 5 (20), 25-36.
- AURA, E. (1978). Determination of available soil phosphorus by chemical methods. *Journal of the Scientific Agricultural Society of Finland* 50 (4), 305-316.
- BABRE, D., GRIERE, L., CALBA, H., FALLAVIER, P. y ROCHE, P. (1980). Comparison of results for determining phosphorus deficiency in tropical soils by biological test and by a chemical method (resin extraction). *Comptes Rendus des Séances de l'Académie d'Agriculture de France* 66 (5), 459-466.
- BAKER, D. E. y HALL, J. K. (1967). Measurements of phosphorus availability in acid soils of Pennsylvania. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 31, 662-667.
- BAKER, S. (1975). Calibration of available soil phosphorus measured by the Olsen et al. and Bray-Kurtz No. 1 methods, using beet as an indicator plant and economic analysis. *Seker No.* 94, 11-23.
- BAKER, S. (1977). Calibration of Olsen soil phosphorus test values with the phosphorus fertilizer requirement of sugar beets under Turkish soil and cultural conditions. *Soil Sci.* 124 (4), 226-234.
- BALLARD, R. (1975). Soil testing as a guide to phosphorus fertilization of slash pine (*Pinus elliottii* variety *elliottii* Engelm). *Dissertation Abstracts International* B36 (2), 523.
- BANDERIS, A., BARTER, D. H. y HENDERSON, K. (1976). The use of polyacryamide to replace carbon in the determination of "Olsen's" extractable phosphate in soil. *Journal of Soil Science* 27 (1), 71-74.
- BARROW, N. J. y SHAW, T. C. (1976). Sodium bicarbonate as an extractant for soil phosphate. III. Effects of the buffering capacity of a soil for phosphate. *Geoderma* 16 (4), 273-283.
- BARROW, N. J. y SHAW, T. C. (1977). Factors affecting the amount of phosphate extracted from soil by anion exchange resin. *Geoderma* 18 (4), 309-323.
- BATTEN, G. D. (1978). Some factors affecting the extraction of soil "available" phosphate. *Australian Journal of Soil Research* 16 (3), 355-357.
- BEAUCHAMP, E. G., MACMILLAN, K. y HAMILTON, H. A. (1976). Extractable phosphorus in surface and subsurface layers of St. Rosalie and St. Blaise soil series in Quebec. *Canadian Journal of Soil Science* 56 (4), 345-356.
- BHAN, C. y SHANKER, H. (1973). Correlation of available phosphorus values obtained by different methods with phosphorus uptake by paddy. *J. of Indian Society of Soil Sci.* 21, 177-180.
- BINGHAM, F. T. (1962). Chemical soil test for available phosphorus. *Soil Sci.* 94 (2), 87-95.

- BISHOP, R. T. (1965). New trends in the study of plant available phosphate. I. Electrical extraction. *Proc. (39<sup>th</sup>) Cong. S. Agr. Sug. Technol. ASS*: 224.
- BITTENCOURT, V. C., ORLANDO, J. y ZAMBELLO, E. (1978). Determination of available P for sugar cane in tropical soils by extraction with 0,5N sulphuric acid. *International Sugar Journal 81* (1964), 112.
- BORLAN, Z. y BORDIEASU, C. (1968). A new methods for the determination of mobile phosphates in soil by using complexones. *Stiinta Sol 6* (4), 4-15.
- BOWMAN, R. A. y COLE, C. V. (1978). Transformations of organic phosphorus substrates in soils as evaluated by  $\text{NaHCO}_3$  extraction. *Soil Science 125* (1), 49-54.
- BOWMAN, R. A. y COLE, C. V. (1978). An exploratory method for fractionation of organic phosphorus from grassland soils. *Soil Sci. 125* (2), 95-101.
- BRETERON, A. J. y HANLEY, P. K. (1970). A comparison of soil analysis for predicting response in to phosphorus. *Ir. J. Agric. Res. 9*, 69-76.
- BUCHER, R. (1978). Results of an 18-years trial comparing hyperphosphate and basic slag on a lorses soil. II. The influence of long-term application of high rates of hyperphosphates and basic slag on accumulation of phosphates in the soil, determined by the DL, CAL and water extraction methods. Abstract. *Landwirtschaftliche Forschung. Souderheft 34* (2), 133-134.
- BUYS, A. J. y VENTER, G. C. H. (1980). Correlations between Bray I, Bray 2 and ISFEI (volume) soil-P extractants. *Fertilizer Society of South Africa Journal No. 1*, 13-18.
- CAPITAN GARCIA, F. (1962). Estudio de los métodos de extracción y determinación del Fósforo en suelos. *Actas de la I Reunión Plenaria del Instituto de Edafología y Agrobiología del C.S.I.C. Acta Salmanticensis V*, 28-48.
- CARLOS ROJAS, W. (1976). Methods of determination of phosphorus in rice soils. *Agriculture Técnica 36* (1), 5-13.
- CHANG, S. C. y JACKSON, M. L. (1957). Fractionation of soil phosphorus. *Soil Sci. 84* (2), 133-144.
- CHANG, S. C. y JUO, S. R. (1963). Available phosphorus in relation to form of phosphates in soils. *Soil Sci 95* (2), 91-96.
- CHENG, J. H. (1975). Test for available soil phosphorus and soil fertility in the paddy field of Kao, Ping district. *Taiwan Agriculture Quarterly 11* (1), 73-84.
- CHIEN, S. H. (1978). Interpretation of Bray I-extractable phosphorus from acid soil treated with phosphate rocks. *Soil Sci. 126* (1), 34-39.
- CHOUHRY, T. M. y CHOUDHRY, A. R. (1969). The improved laboratory and quick in alkaline calcareous soils. *Agriculture Pakist. 20*, 139-158.
- COMMONWEALTH BUREAU OF SOILS. (1977). Methods of fractionating inorganic phosphorus in soil, 1950-1965 (A reprint of Annotated Bibliography No. 995). *Annotated Bibliography, Commonwealth Bureau of Soils S995R*, 11 pp.
- COOKS, I. J. y HISLOP, J. (1963). Use of a anion exchange resin for the assessment of available soil phosphate. *Soil Sci. 96*, (5), 308-312.
- CRISANTO HERRERO, T. y OVEJERO ESCUDERO, J. (1978). A study of various radiometric methods for determining phosphorus in soils. *Anales de Edafología y Agrobiología 37* (3/6), 485-499.
- DATTA, N. P. y KAMATH, M. B. (1959). Versene Fluoride reagent for stimation of available soil phosphorus. *Indian J. Agric. Sci. 29* (2/3), 87-95.
- DHANAPALAN MOSI, A., SOUNDARAJAN, S. K. y LAKSHMINARAYANAN, T. (1975). Studies on the phosphorus fixing capacity of major soil series Thanjavur district. *Journal of the Indian Society of Soil Science 23* (2), 195-201.
- DHILLON, N. S., SIDHU, A. S., y DEV, G. (1977). Evaluation of phosphorus available indices and establishment of critical limit for available P in alkali soils of Punjab. *Indian Journal of Agricultural Research 11* (3), 142-146.

- DIEST, A. VAN, JESPERSEN, H. W., WHITE, R. F. y BLACK, C. A. (1960). Test of two methods for measuring a labile fraction of inorganic phosphorus in soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 24, 498-502.
- DIEST, A. VAN (1963). Soil test correlation studies on New Jersey soils. I. Comparison of seven methods for measuring labile inorganic soil phosphorus. *Soil Sci.* 96, 261-266.
- DONEV, P. y NEIKOVA-BOCHEVA, E. (1977). A comparative study of routine soil testing methods for measuring available phosphorus in various soils. *Pochvoznanie i Agrokimiya* 12 (3), 61-67.
- DOUGLAS, L. A., RIAZI-HAMADANI, A. y FIELD, J. F. B. (1975). Determination of orthophosphate in soil containing excess pyrophosphate. *Commun. Soil Sci. Pl. Analysis* 6 (6), 665-675.
- DUBEY, S. M., KHERA, M. S. y DOMMEN, P. K. (1973). Evaluation of phosphorus soil test. *Fertilizers New* 18 (11), 38-41.
- DUCHAUFFOUR, P. y BONNEAU, M. (1959). A new method of determining available phosphorus in forest soils. *Bull. Ass. Franc. Et. Sol.* 193-198.
- DU PLESI, S. F. y BURGER, R. DU T. (1965). A comparison of chemical extraction methods for the evaluation of phosphate availability of top soils. *J. Afr. J. Agric. Sci.* 8, 1113-1122.
- EGNER, H., RIEHM, H. y DOMINGO, W. R. (1960). Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Boden. II. *Kungl. Lantbrukshögskolans Annaler* 26, 199-215.
- EKPETE, D. M. (1976). Evaluation of chemical methods for the determination of available phosphorus in waterlogged soils. *Soil Sci.* 121 (4), 217-226.
- EL-BARUNI, B. y OLSEN, S. R. (1979). Effect of manure on solubility of phosphorus in calcareous soils. *Soil Sci.* 128 (4), 219-225.
- EL-NENNAH, M. (1978). Phosphorus in soil extracted with anion exchange resin. I. Time-dissolution relationship. *Plant and Soil* 42 (3), 647-651.
- ELOFF, J. F. y LAKER, M. C. (1976). Phosphorus studies on Vaalharts soils. I. Phosphorus content of the soils, as measured with different extraction procedures. *Agrochemophysica* 8 (1), 11-16.
- ELOFF, J. F. y LAKER, M. C. (1978). Phosphorus studies on Vaalharts soils. II. The evaluation of method of P extraction by correlation of results with various wheat crop parameters. *Agrochemophysica* 10 (3), 19-23.
- ELRASHIDI, M. A., DIEST, A. VAN y EL-DAMATY, A. H. (1975). Phosphorus determination in highly calcareous soils by the use of an anion exchange resin. *Plant and Soil* 42 (1), 273-286.
- ELSAKOV, G. B. (1980). Group composition of phosphates and content of their mobile forms in boggy peat soils of Kol'sky Peninsula. *Agrokimiya* No. 12, 30-35.
- ENWEZOR, W. O. (1977). Soil testing for phosphorus in some Nigerian soils. I. Comparison of methods for determining available phosphorus in soils of southeastern Nigeria. *Soil Sci.* 123 (1), 48-53.
- ENWEZOR, W. O. (1978). The aging of phosphorus in some humid tropical soils of Nigeria: II. The effect of aging phosphorus in some soils of southeastern Nigeria on the residual phosphorus fractions in the soil after cropping. *Soil Sci.* 126 (6), 353-359.
- FANG, I. J. y WANG, C. C. (1977). Comparative studies on the extraction of available phosphorus in soils of sugar-cane fields. Report of the Taiwan Sugar Research Institute No. 76, 29-51.
- FANG, S. L., JUANG, T. C. y HSICH, T. S. (1966). Rapid chemical soil-testing method for determining the available phosphorus of sugar-cane soils. *Resp. Taiwan Sug. Exp. Stu.* 41, 35-43.
- FARDEAU, J. C. y JAPPE, J. (1976). A new method for determining available soil phosphorus: extrapolation of the kinetics of isotopic dilution. *Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences*, D 282 (11), 1137-1140.
- FARDEAU, J. C. y JAPPE, J. (1978). Fertility and phosphorus fertilization studies of some Quebec soils by the isotopic dilution method. *Canad. J. Soil Sci.* 58 (2), 251-258.

- FARES, F., FARDEAU, J. C. y JACQUIN, F. (1974). Quantitative survey of organic phosphorus in different soils types. *Phosphorus in Agriculture* No. 63, 25-40.
- FERREIRA, M. E., MELLO, F. A. F. y BRASIL SOBRINHO, M. O. C. Do (1977). Comparison of three techniques for extraction of soluble P from soil. *Cientifica* 5 (3), 244-249.
- FULEKY, G. (1976a). Investigation on some extractants used for the evaluation of available phosphorus. I. Extraction of soils with AL—, DL—, CAL—, Bray 1—,  $\text{NaHCO}_3$ —,  $\text{NaHCO}_3 + \text{NH}_4\text{F}$ — and  $\text{CaCl}_2$ — solutions before fractionation. *Agrokémia és Talajtan* 25 (3-4), 271-283.
- FULEKY, G. (1976b). Investigation on some extractants used for the evaluation of available phosphorus. II. Correlation between AL—, DL—, CAL—, Bray 1—,  $\text{NaHCO}_3$ —,  $\text{NaHCO}_3 + \text{NH}_4\text{F}$ —,  $\text{CaCl}_2$ — soluble phosphorus and the inorganic phosphate fractions. *Agrokémia és Talajtan* 25 (3-4), 284-294.
- FULEKY, G. (1978). Available phosphorus content of soil affected by P fertilization and its change in time. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 9 (9), 851-863.
- GATTANI, P. D. y SETH, S. P. (1973). Phosphorus soil test correlation studies in Rajasthan. *Journal of the Indian Society of Soil Science* 21 (3), 373-375.
- GHANI, M. O. e ISLAM, A. (1957). Use of 8 (OH) quinoline and selenious acid in determining available phosphorus. *Soil Sci.* 84 (6), 445-451.
- GIBCZYNSKA, M. (1974). Investigations on the chemical composition of assimilable phosphorus forms determined by Egner-Riehm and Egner-Riehm-Domingo methods. *Zeszyty Naukowe Rolniczej w Szczecinie* No. 48, 83-96.
- GIBSON, A. R., BAILEY, J. M. y GILTRAP, D. J. (1976). Determination of trace amounts of phosphate in water extracts of soils. *Commun. Soil Sci. Pl. Analysis* 7 (4), 427-436.
- GILLMAN, G. P. (1976). The nature of extractable phosphorus from two red basaltic soils in north Queensland. *Commun. Soil Sci. Pl. Analysis* 7 (6), 513-519.
- GINZBURG, K. E. y ARTAMONOVA, L. V. (1966). Determination of mobile soil phosphates in molybdate extract. *Agrokimiya* No. 8, 126-138.
- GINZBURG, K. E. LEBEDEVA, L. S. y ARTAMONOVA, L. F. (1974). The use of  $^{32}\text{P}$  for developing method for the determination of various forms of soil phosphates. *Transactions, 10th International Congress of Soil Science, IV*, 263-272.
- GISKIN, M. L. y LARSEN, S. (1979). Stepwise extraction of phosphate from soil by means of an anion exchange resin. *Arsskrift, Kongelige Veterinær- og Landbohøjskole*, 72— 83.
- GOH, K. M. (1975). Fluoride-extractable phosphate in some Malaysian soils. *Malaysian Agricultural Research* 4 (1), 1-12.
- GONZALEZ, T. R. y PEREZ, S. R. (1976). Determination of phosphorus in Yaracuy soils in relation to field experiments. *Agronomia Tropical* 26 (1), 15-29.
- GONZALEZ, T. R., AVILAN, R. L. y CHIRINOS, A. (1977). Greenhouse studies of analytical methods for phosphorus in soils of Barinas and Cojedes. *Agronomia Tropical* 27 (1), 3-14.
- GONZALEZ, T. R., AVILAN, R. L., LEON, L. C., CHIRINOS, A. y ROJAS, I. de (1976). Methods of phosphorus analysis for Portuguese soils studied in greenhouse experiments. *Agronomia Tropical* 26 (5), 393-408.
- GRILL, F. (1959). Comparative investigations on the determination of available phosphoric acid in the soil. *Mitt Klosterneuburg* 49 (1), 43-50.
- GUPTA, R. K. y SINGH, T. A. (1975). Laboratory study of phosphorus forms and test procedure on soils under aerobic and anaerobic conditions. *Geoderma* 14 (3), 255-260.
- GUTIERREZ JEREZ, F., FERNANDEZ CALDAS, E., PEREZ MENDEZ, J. A. y TRUJILLO JACINTO, del CASTILLO, I. (1979). Comparison of methods for total organic phosphorus determination in andosols. *Anales de Edafología y Agrobiología* 38 (5/6), 981-989.
- HABIBI, M., BONNEAU, M. y TACON, F. Le (1974). Determination of available phosphorus in calcareous forest soils. *Bulletin de l'Association Francaise pour l'Etude du Sol* No. 3, 147-154.

- HAHLIN, M. y JOHANSSON, L. (1977). The effectiveness of some methods of analysis for determining the phosphorus and potassium status of the soil. *Labbrukssohskolands Mededelanden A No. 271*, 34 pp.
- HANNA, F. S., EL-GIBALLY, M. H. y HAMDY, H. M. (1962). A comparative study of P uptake by plant and available content in the soils of Egypt as determined by chelating compound extracts. *J. Soil Sci. UAR 2*, 53-64.
- HARRELL, J. W. Jr. y SAEED, M. (1977). Effect of Leonardite on diffusion of phosphorus in coal mine spoils. *Soil Sci. 124* (5), 285-290.
- HARRISON, A. F. (1975). Stimulation of readily-available phosphate in some English Lake District woodland soils. *Oikos 26* (2), 170-176.
- HARRISON, A. F. y HELLIWELL, D. R. (1979). A bioassay for comparing phosphorus availability in soils. *Journal of Applied Ecology 16* (2), 497-505.
- HASSETT, J. J. y WALKER, W. M. (1974). Method of correcting for the effect of shaking time on the Bray P<sub>1</sub> test. *Agronomy Journal 66* (6), 826-828.
- HAUSER, G. F. (1973). Guide to the calibration of soil tests for fertilizer recommendations. *Soils Bulletin, Food and Agriculture Organization of The United Nations, Rome No. 18*, 71 pp.
- HERNANDO, V. y DIEZ, J. A. (1975). Comparative study of techniques to evaluation potentially soluble phosphorus in soils in relation to that taken up by ryegrass. *Agrochimica 19* (3/4), 211-223.
- HERNANDO, V., DIEZ, J. A. y PARDO, M. T. (1977). Application of the electro-ultra-filtration technique to the extraction of available phosphorus in soils. *Agrochimica 21* (5), 363-369.
- HISLOP, J. y COOKE, I. J. (1968). Anion exchange resin as means of assessing soil phosphate status: a laboratory technique. *Soil Sci. 105*, 8-11.
- HOFFMANN, G. (1978). Statistical comparison of P determination in lactate and water extracts. *Landwirtschaftliche Forschung, Sonderheft 34* (2), 135-137.
- HOLFORD, I. C. R. (1980a). Effects of phosphate buffer capacity on critical levels and relationships between soil test and labile phosphate in wheat-growing soils. *Australian Journal of Soil Research 18* (4), 405-414.
- HOLFORD, I. C. R. (1980b). Greenhouse evaluation of four phosphorus soil test in relation to phosphate buffering and labile phosphate in soils. *Soil Science Society of America Journal 44* (3), 555-559.
- HONG, C. K. y YAMANE, I. (1975). A comparison of three methods used for determining total organic phosphorus in soil. *Journal of the Science of Soil and Manure, Japan 46* (5), 185-191.
- HONG, J. K. y YAMANE, I. (1980). Proposal for a more suitable method to extract soil organic phosphorus. *Soil Science and Plant Nutrition 26* (3), 383-390.
- IBRAHIM, M. E., ABOULROOS, S. A., WASIF, M. y EL-SHALL, A. M. (1980). Evaluation of intensity, quantity and capacity parameters of soil phosphorus as factors controlling the phosphorus availability. *Beiträge zur Tropischen Landwirtschaft und Veterinärmedizin 18* (4), 361-368.
- ISHAKAEV, T. Kh., VOLKOVA, V. F., ALEKSANDROV, Yu. V. y MAKAROV, I. S. (1974). An improvement in Chirikov's methods for the determination of available phosphorus and exchangeable potassium. *Agrokimiya No. 4*, 135-138.
- IVANOV, P. (1976). The determination of the phosphorus requirement of a chernozem and of grey forest soils by lactate methods. *Pochvoznanie i Agrokimiya 11* (4), 68-76.
- IVANOV, S. N. y STOLYAROVA, T. F. (1977). Use of P<sup>32</sup> for determining the reserves of available phosphates in the sod-podzolic soils of Belorussia. *Soviet Soil Science 9* (2), 237-243.
- JACKSON, T. L., VACHAROTAYAN, S., ALBAN, L. A. y PETERSON, R. (1964). Phosphorus availability in reddish brown lateritic soils. II. Relationships between field, green house and soil analysis. *Agron. J. 56*, 558-560.
- JIN, A. S. y LIU, X. H. (1980). Characteristic of soil phosphorus and the response of crop yield to phosphatic fertilizer in some important soil groups, Liaoning Province. *Acta Pedologica Sinica 17* (1), 33-42.

- KACAR, B. (1971). A study on the residual effects of phosphorus fertilizers. Yearbook of the Faculty of Agriculture, University of Ankara 11, 202-232.
- KACAR, B., AMIN, S. M. R., CELERI, G. y TURAN, C. (1975). Phosphorus status of soils of the Antalya coastal basins and an evaluation of methods for the determination of available phosphorus in these soils. Yayinlari, Türkiye Bilimsel ve Teknik arastirma Kurum No. 259, 100 pp.
- KADEBA, O. y BOYILE, J. R. (1978). Evaluation of phosphorus in forest soils: comparison of phosphorus uptake, extraction method and soil properties. Plant and Soil 49 (2), 285-297.
- KAR, A. K. (1973). Release of native phosphates by some complexing agents in acid soils. Technology 10 (1 y 2), 79-81.
- KASITSKII, Yu. I., LUPINA, A. A. y MAZYUK, N. N. (1980). Standardization of Machigin's method to determine available phosphorus in basic sub-types to chernozems of Krasnodar region. Agrokimiya No. 12, 96-107.
- KHAN, P. H., SING, T. A. y SACHAN, R. S. (1975). Interrelationships among some soil test procedures, inorganic soil phosphorus fractions and rice growth in submerged soils. FAO, International Rice Commission Newsletter 24 (1), 40-52.
- KNUDSEN, D. (1975). Recommended phosphorus soil test. Recommended Chemical Soil Test Procedures for the North Central Région. Bulletin, North Dakota No. 499, 16-19.
- KÖCHL, A. (1979). Preliminary results of a field experiment to establish standards for soil analysis methodology. Bodenkultur 30 (4), 333-351.
- KORNIENKO, V. S. y CHUMACHENKO, I. (1958). Determination of available phosphorus in the carbonate soils of Central Asia. Khlopkovodstvo 8 (1), 22(R) CA 52 (20816).
- KUMARASWAMY, K., VENKTARAMANAN, C. R. y KRISHANAMOORTHY, K. K. (1973). Studies on the relationships between soil test and crop response to phosphorus in red soils with Co-10 finger millet (*Eleusine coracana* Gaerth.) as test crop. Madras Agricultural Journal 60 (8), 695-701.
- KUNISHI, H. M. y VICKERS, J. C. (1980). Adsorption curves and phosphorus requirements of acid soil. Soil Sci. 129 (1), 28-36.
- KUZMICH, M. A. y CHUPRIKOV, Yu. K. (1979). A comparison of methods for determining available phosphates in derno-podzolic gleyey soil. Izvestiya Timiryazevskoi Sel'skokhozyaistvennoi Akademii No. 5, 79-87.
- LARSEN, S. (1974). Phosphorus a limiting factor in future food production. Netherlands Journal of Agriculture Science 22 (4), 270-274.
- LATHWELL, D. J., SANCHEZ, N., LISK, D. J. y PEECH, M. (1958). Availability of soil phosphorus as determined by several chemical methods. Agron. J. 50, 366-369.
- LAU, C. H. y YAP, W. C. (1977). Comparative studies some conventional methods for determining available soil-P. In Proceedings, Conference on Chemistry and Fertility of Tropical Soils, Nov. 1973, Kuala Lumpur, Malaysia. Malasian Society of Soil Science, 112-120.
- LAU, C. H., PUSHPARAJAH, E. y YAP, W. C. (1977). Evaluation of the various soil-P indices for Hevea. In Proceedings, Conference on Chemistry and Fertility of Tropical Soils, No. 1973, Kuala Lumpur, Malaysia. Malasian Society of Soil Science, 103-111.
- LE MARE, P. H. (1981). Exchangeable phosphorus, estimates of it from amorphous iron oxides, and soil solution phosphorus in relation to phosphorus taken up by maize. J. Soil Sci. 32 (2), 285-299.
- LENG, T. y KALPAGE, F. S. C. P. (1976). Soil extraction for predicting dry matter yield and phosphorus uptake in Guinea grass (*Panicum maximum* cv. Hamil) on an Ultisol (Durian) series. Malaysian Agricultural Research 5 (2), 107-110.
- MARKS, G. (1977). Precise characterization of available phosphate in arable soils. Archiv für Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunden 21 (6), 447-456.
- MARTINEZ DE PANCORBO, A. y LUCENA CONDE, F. (1959). Determinación y formas de fósforo en los suelos de la provincia de Salamanca. I. Estudio comparativo de doce soluciones extractoras de fósforo asimilable. Anal. Edaf. 18, 81-95.



- MATAR, A. E. y SAMMAN, M. (1975). Correlation between  $\text{NaHCO}_3$ -extractable P and response to P fertilization in pot test. *Agron. J.* 67 (5), 616-618.
- MCGAVESTON, D. A. y WIDDWSON, J. P. (1978). Comparison of six extractants for determining available phosphorus in soils from the kingdom of Tonge. *Tropical Agriculture* 55 (2), 141-148.
- MCINSTOSH, J. L. (1969). Bray and Morgan soil extractants modified for testing acid soils from different parent materials. *Agron. J.* 61, 259-265.
- MCLEAN, E. O. y SSALI, H. (1977). Efectos of phosphorus rate and form in combination with lime and gypsum on yields and compositions of german millet and alfalfa from highly weathered soils. *Soil Sci.* 123 (3), 155-164.
- MESACHERYAKOV, A. M. (1966). Extraction from serozem soil of forms of mineral phosphates available to plant. *Agrokhimiya* No. 2, 109-120.
- MINHAS, R. S. y KICK, H. (1977). Inorganic phosphate fractions in the soils of Mandi District (India) in relation to their availability indices. *Landwirtschaftliche Forschung* 30 (3), 251-260.
- LIN, C. F., CHANG, A. H. y WU, W. K. (1977). Effects of soil composition on the relationships between soil test values for phosphorus fertilizer requirements. *Journal of Agricultural Research of China* 26 (2), 127-137.
- LOPEZ-ARTEAGA, S., SALAS-ERASO, E. y GUERRERO RIASCOS, R. (1974-1976). Available phosphorus extracted by various methods in relation to inorganic P fractions and their uptake by plants in volcanic soils of Nariño, Colombia. *Revista de Ciencias Agrícolas (Universidad de Nariño, Colombia)* 6 (1-6), 1-18.
- LUCENA CONDE, F. y CRISANTO, María T. (1965). Estudio comparativo de varios métodos no químicos de extracción de fósforo asimilable. *Anal. Edaf.* 24, 295-303.
- LUSCOMBE, P. C., SYERS, J. K. y GREGG, P. E. H. (1979). Water extraction as a soil-testing procedure for phosphate. *Commun. Soil Sci. Pl. Analysis* 10 (11), 1361-1369.
- MACHACER, V. y PIRKL, J. (1978). Use of ion exchangers for determining available phosphorus in soil. *Rostlinna Vyroba* 24 (6), 585-591.
- MAHENDRA SINGH y VINOD KUMAR (1979). Sulfur, phosphorus and molybdenum interactions on the concentration and uptake of molybdenum in soybean plants. *Soil Sci.* 127 (5), 307-312.
- MAHENDRA SINGH y SINGH, S. P. (1980). Zinc and phosphorus interaction in submerged paddy. *Soil Sci.* 129 (5), 282-289.
- MARGUELASHVILI, G. N. y CHITISHVILI, N. I. (1974). A comparison of methods for determining available phosphorus in cinnamon forest soils of Georgia. *Agrokhimiya* No. 9, 131-136.
- MOSER, U. S., SULTHERLAND, W. H. y BLACK, C. A. (1959). Evaluation of laboratory indexes of absorption of soil phosphorus by plant. *Plant and Soil* 10, 354.
- NANDRA, S. S. (1974). Evaluation of soil test methods for the estimation of available phosphorus in some Tanzanian soils. A greenhouse study. *East African Agricultural and Forestry Journal* 40 (1), 24-40.
- NECDET YURTSEVER, MEHMET ATE SOLP y MELSTOD, S. W. (1965). A tentative correlation for the Olsen bicarbonate phosphorus soil test with wheat responses under Turkish soil conditions. *Soil Sci.* 100 (3), 163-167.
- NIELSEN, J. D. (1979). Comparison of some analytical methods for evaluation of the P-fertility in soils. *Tidsskrift for Planteavl* 83 (4), 485-491.
- NNADI, L. A., TABATABAI, M. A. y HANWAY, J. J. (1975). Determination of phosphate extracted from soils by EDTA and NTA. *Soil Sci.* 119 (3), 203-209.
- NOVAIS, R. F. y KAMPRATH, E. J. (1979). Phosphorus recovery in three chemical extractants as a function of the phosphorus added to the soil and of the "capacity factor". *Revista Brasileira de Ciencia do Solo* 3 (1), 41-46.
- NUTHMANN, R. y GARZ, (1977). The availability of readily soluble soil phosphate (DL method, etc.) for young sugar beet plants in relation to soil pH and clay, humus and sesquioxide contents. *Archiv für Acker- und Pflanzenbau und Bodenkunde* 21 (6), 467-475.

- OKO, B. F. D. y AGBOOLA, A. A. (1974). Comparison of different phosphorus extractants in soils of the western state of Negeria. *Agron. J.* 66 (5), 639-642.
- OLSEN, R. y LARSEN, S. (1979). Extractability of fertilizer phosphorus accumulated in soil. *Tidsskrift for Planteavl* 83 (4), 469-477.
- ONKEN, A. B., MATHESON, R. y WILLIAMS, E. J. (1980). Evaluation of EDTA-extractable phosphorus as a soil test procedure. *Soil Science Society of America Journal* 44 (4), 783-786.
- ORESHKIN, N. G. (1980). Extraction of available phosphorus by the Egner-Riehm-Domingo method. *Agrokimiya* No. 8, 135-138.
- ORPHNOS, P. I. (1978). Extraction of phosphorus from the major soils of Cyprus with water or bicarbonate. *Plant and Soil* 49 (2), 417-420.
- OTENG, J. W. y ACQUAYE, D. L. (1971). Studies on the availability of phosphorus in representative soils of Ghanna. I. Availability test by conventional methods. *Ghanna Journal of Agriculture Science* 4 (2), 171-183.
- OZBEK, N. (1969). Studies on the chemical methods which will be used for determining the phosphorus status of different regions of Turkey. *Yearbook of the Faculty of Agriculture, University of Ankara* 9, 124-162.
- PAAUW, F. van der (1971). An effective water extraction method for the determination of plant available soil phosphorus. *Plant and Soil* 34, 461-167.
- PAAUW, F. van der (1978). The water soluble P method in the assessment of soil P supply. *Landwirtschaftliche Forschung* 34 (2), 109-120.
- PACK, M. R. y GOMEZ, R. S. (1956). Correlation between plant analysis and soils tests in New Mexico. *Soil Sci. Amer. Proc.* 20, 529-531.
- PATHAK, A. N., TIWARI, K. N. y PRASAD, J. (1975). Evaluation of soil test for phosphorus and potassium. *Journal of the Indian Society of Soil Science* 23 (2), 207-211.
- PECK, N. H., MACDONALD, G. E., VITUM, M. T. y LATHWELL, D. J. (1976). Effects of concentrated superphosphate and potassium chloride on residual available P, K and Cl in three depths of soil derived from calcareous glacial till. *Agron. J.* 68 (3), 504-506.
- PEREZ MENDEZ, J. A., GUTIERREZ JEREZ, F., FERNANDEZ CALDAS, E. y TRUJILLO JACINTO DEL CASTILLO, I. (1978). Comparative study of methods for the determination of total phosphorus in different types of Andosols. *Science du Sol* No. 4, 241-250.
- PETERSON, L. A. y KRUEGER, A. R. (1980). Variation in content of available P and K (Bray I) in soil samples from a cropped N, P and K fertility experiment over 8 years. *Communs. Soil Sci. Pl. Analysis* 11 (10), 993-1004.
- PETROSINI, G. (1968). The use of electro dialysis in investigating the phosphorus status of soils. *Agrochimica* 3, 66.
- PICHOT, J. y ROCHE, P. (1972). Phosphore dans les sols tropicaux. *L'Agronomie Tropical* 27 (9), 939-965.
- PRZESMYCKA, W. (1975). Relationship between phosphorus contents of soil and hay. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* No. 175, 65-83.
- PURVIS, E. R. y HANNA, W. J. (1949). Rapid electro dialysis of soils in dilute boric acid solution. *Soil Sci.* 67 (1), 47-52.
- RANDALL, G. W. y GRAVA, J. (1971). Effect of soil Bray No. 1 ratio on the amount of phosphorus extracted from calcareous Minnesota soils. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* 35, 112-114.
- RAJUKKANNU, K. (1975). Utility of soil test methods to predict the phosphorus availability in rice soils under field capacity and flooded moisture conditions. *Madras Agricultural Journal* 62 (9), 544-549.
- RAMAMOORTHY, y HASAN, R. (1979). Isotopic and other methods of determination of available phosphorus for correlation with crop response on different soils. *Journal of Nuclear Agriculture and Biology* 8 (2), 66-69.

- RANTERBERG, E. (1964). The determination of plant-available nutrients in soils by means of chelating agents. *Z. Pfl. Ernähr Düng* 106, 128.
- RESOULVIC, H., SAVIC, B. y PETIJEVIC, O. (1973-1974). A comparative determination of available phosphorus in soils with very high  $\text{CO}_2\text{Ca}$  contents. *Radovi Poljoprivrednog Fakulteta Univerziteta u Sarajevu 11-12* (24-25), 159-166.
- ROBERTSON, J. A. (1962). Comparison of an acid and alkaline extracting solution for measuring available phosphorus in Alberta soils. *Canad. J. Soil Sci.* 42, 115-121.
- ROCHE, P. (1967). Contribution of the study of the phosphorus status of Madagascar soils relationships with soil fertility problems. *Agron. Trop.* Paris 22, 249-308.
- ROCHE, P., GRIERE, L., BABRE, D., CALBA, H. y FALLAVIER, P. (1980). Phosphorus in tropical soils: assessing deficiency levels and phosphorus requirements. *IMPHOS-World Phosphate Institute*, 48 pp.
- ROMERO, M. (1973). Fósforo asimilable en suelos calizos. Extracción por el método de Bingham. *Anal. Edaf.* 32 (11-12), 1077-1089.
- ROSAND, F. P. C. y SANTANA, M. B. M. (1972). Comparison of chemical extractants for phosphorus in soil of Southern Bahia. *Turrialba* 22, 19.
- RUDD, C. L. y FRENCH, R. J. (1976). Comparison of extraction methods for the determination of available soil phosphorus. *Agricultural Record, Department of Agriculture and Fisheries, South Australia* 3 (5), 36-40.
- RUZICKA, J. y STEWART, J. W. B. (1975). Flow-injection analysis. II. Ultra-fast determination of phosphorus in plant material by continuous-flow spectrophotometry. *Anal. Chim. Acta* 79, 79-91.
- SA, J. P. M. e Jr., ARAUJO, S. M. C. De, GALBAO, S. J., VASCONCELOS, A. L. De y OLIVEIRA, E. S. C. (1974). Evaluation of methods of chemical analysis for available phosphorus in soils of the "zona Litoral-Mata" of Pernambuco. *Pesquisa Agropecuária Brasileira Agronomia* 9 (9), 27-33.
- SACHETI, A. K. y SAXENA, S. N. (1974). Correlations between inorganic phosphorus fractions and soil test. *Journal of the Indian Society of Soil Science* 22 (1), 57-59.
- SAHRAWAT, K. L. (1977). EDTA extractable phosphorus in soils as related to available and inorganic phosphorus forms. *Commun. Soil Sci. Pl. Analysis* 8 (4), 281-287.
- SANTA CRUZ, F., FERNANDEZ, F. G., CARD, M. y ROMERO, M. (1976). Critical level of phosphorus in calcareous soils. In *Comptes-Rendus, 4<sup>e</sup> Colloque International sur le Contrôle de l'Alimentation des Plantes Cultivées*. Gent, September 1976, vol. II, 87-97.
- SARTAIN, J. B. (1978). Adaptability of the double-acid extractant to Florida soils. *Proceedings, Soil and Crop Science Society of Florida* 37, 204-208.
- SAXENA, S. N. (1971). Characterization of soil available phosphorus. *Proceedings International Symposium on Soil Fertility Evaluation New Delhi*. Indian Society of Soil Science 1, 361-369.
- SCHECHTNER, G. (1975). Relationships between the results of soil analyses and the effectiveness of fertilizers in the Gumpenstein grassland experiment. *Landwirtschaftliche* 28 (Sonderheft No. 31/1), 171-196.
- SCHWERTMANN, U., FISCHER, W. R. y KNITTEL, H. (1976). Calculation of labile phosphate from phosphate buffer curves. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* No. 3, 272-280.
- SCHÜLLER, H., REICHARD, T. y NEMETH, K. (1975). Relationships between P fertilizer, yield, P removal and methods of soil investigation. Part I. *Landwirtschaftliche forschung* 28 (2), 147-157.
- SFREDO, G. J., BORKERT, C. M., CORDEIRO, D. S., PALHANO, J. B. y DITTRICH, R. C. (1979). Comparison of five phosphorus extractants in relation to the time of application of three phosphorus fertilizers. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo* 3 (2), 111-115.
- SIBBESEN, E. (1977). A simple ion-exchange resin procedure for extracting plant-available elements from soil. *Plant and Soil* 46 (3), 665-669.

- SIBBENSEN, E. (1978). An investigation of the anion-exchange resin method for soil phosphate extraction. *Plant and Soil* 50 (2), 305-321.
- SIBBENSEN, E. (1979). Anion-exchange resin methods for soil phosphate extraction. *Tidsskrift for Planteavl* 83 (4), 478-484.
- SINCLAIR, A. G. (1971). Application of anion exchange paper in soil phosphorus studies. *Soil Sci.* 112 (3), 167-172.
- SMILLIE, G. W. y SYERS, Y. K. (1972). Calcium fluoride formation during extraction of calcareous soils with fluoride: Implications to the Bray P-1 test. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 36, 25-30.
- SMITH, F. W., ELLIS, E. G. y GRAVA, J. (1957). Use of acid fluoride solution of the extractions of available phosphorus in calcareous soils and in soils to which rock phosphate has been added. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 21, 400-404.
- SMITH, J. A. y SHEARD, R. W. (1957). Evaluation and calibration of phosphorus soil test method for predicting fertilizer requirements of potatoes. *Can. J. Soil Sci.* 37, 134-142.
- SMITH, V. R. (1979). Evaluation of a resin-bag procedure for determining plant-available P in organic volcanic soils. *Plant and Soil* 53 (1/2), 245-249.
- SNYMAN, H. G. (1977). Evaluation of the calcium lactate and ammonium fluoride methods of extraction for soil-P as influence by soil pH and clay content. *Agrochimophisica* 9 (1), 13-20.
- SOMANI, L. L. (1978). Gradient elution of soil phosphates. A review. *Anales de Edafología y Agrobiología* 37 (11/12), 1107-1117.
- SOMMERS, L. E., NELSON, D. W. y OWENS, L. B. (1979). Status of inorganic phosphorus in soils irrigated with municipal wastewater. *Soil Sci.* 127 (6), 340-350.
- SRIVASTAVA, S. C. y JAFRI, S. M. H. (1974). Evaluation of extracting methods for available phosphorus in some soils of sugarcane growing areas of North India. *Journal of the Indian Society of Soil Science* 22 (2), 134-138.
- STÄHLBERG, S. (1980). A new extraction method for stimation of plant-available P, K and Mg. A trial application in Swedish cultivated soils. *Acta Agriculturae Scandinavica* 30 (1), 93-107.
- STEPHEN, R. C. y LIN, Y. C. (1974). Chemical determination of soil phosphorus levels and the relationship of these with plant response. *Agriculture Hong Kong* 1 (3), 182-191.
- SUBRAMANIAN, C. K. y SESHAGIRI RAO, T. (1969). Correlation of soil test values with three soils of Mysore State. *Mysore J. Agric. Sci.* 3, 399-409.
- SUSHENITSA, B. A. (1978). Amount of available phosphates in the calcareous soils of Soviet Central Asia and northern Algeria after repeated extraction with ammonium carbonate. *Pochvovedenie* No. 8, 70-76. From *Soviet Soil Science* 10, 483.
- TENNESE VALLEY AUTHORITY (1978). Extractans for determining available phosphorus in soil 1968-1977. Bibliography, Tennessee Valley Authority No. 1578, 11 pp.
- TITTERRINGTON, J. M. y KAMINSKI, J. (1976). A comparison of phosphorus extraction methods on soils of Rio Grande do Sul. *Centro de Ciências Rurais* 6 (2), 203-9.
- TNANI, T. y KANNENBERG, J. (1971). Evaluation of different methods of determining available P and K in Tunisian soils rich in carbonates and interpretation of the analytical results. *Annales de l'Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie* 44 (5), 31 pp.
- TNANI, T. y KANNENBERG, J. (1975). Phosphate fertilizing, correction of acidity and methods of determining available phosphorus for the slightly acid soils of the Mogods. *Annales de l'Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie* 44 (4), 27 pp.
- TOMBESI, L. y CALE, Ma T. (1962). Studies on the determination of available phosphorus in soils. *Plant and Soil* 17, 137-154.
- TRIPATHI, B. R., TNADON, H. L. S. y TYNER, E. H. (1970). Native inorganic phosphorus forms and their relation to some chemical indices of phosphate availability for soils of Agra district, India. *Soil Sci.* 109 (2), 93-191.
- URIYO, A. P. y KESSEBA, A. (1974). Phosphorus studies in Tanzania. An evaluation of different methods of extraction for plant available phosphorus on an oxisol. *African Soils* 19 (1), 1-28.

- UZU, F. O., JUO, A. S. R. y FAYEMI, A. A. (1975). Forms of phosphorus in some important agricultural soils of Nigeria. *Soil Sci.* 120 (3), 212-219.
- VACHAROTAYAN, S. (1962). Correlation of phosphorus soil tests and forms of organic soil phosphorus with crop response and phosphorus uptake from Arken soils. *Diss. Abstr.* 22, 3344-3345, Oregon State Univ.
- VAJZAGUPTA, Y., HALEY, L. E. y MELSTED, S. W. (1963). Correlation of phosphorus soil test values with rice yields in Thailand. *Soil Sci. Am. Proc.* 27, 395-397.
- VAUGHN, C. E. y JONES, M. B. (1980). Soil phosphorus tests on California subclover— animal grass pastures. *Soil Sci.* 130 (6), 307-313.
- VELCHEV, V. (1976). The determination of available phosphorus in soil by electrodiagnosis. *Pochvovedenie i Agrokimiya* 11 (6), 66-72.
- VERLOO, M. y KIEKENS, L. (1975). Influence of the  $\text{CO}_2\text{Ca}$  content of soils on the extractability of available phosphates by different methods. *Meddelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen Rijksuniversiteit Gent* 40 (3/4), 1493-1498.
- VERMA, B. C. y SWAMINATHAN, K. (1978). A comparison between biological and chemical methods for the estimation of plant available phosphorus in soils. *Journal of the Indian Society of Soil Science* 26 (2), 179-186.
- VIRMANI, S. M., MOULINIER, H. y MAZOYER, R. (1966). Contribution to the study of methods for determining available phosphorus in soils. *Annls. Agron.* 17, 143-155.
- WATERHOUSE, P. L. y BILLA, S. W. (1978). Comparison of the short term phosphate uptake by plants to the decreased in resin extractable phosphate in a cropped soil. *Plant and Soil* 50 (1), 67-69.
- WALMSLEY, D. y CORNFORTH, I. S. (1973). Methods of measuring available nutrients in West Indian soils. II. Phosphorus. *Plant and Soil* 39, 93-101.
- YELSAKOV, G. V. (1978). Content and forms of phosphates in the podzolic soils of the Kola Peninsula. *Pochvovedeniye* No. 3, 69-74.
- ZUNINO, H., AGUILERA, M. y PERIANO, P. (1972). A modified resin, exchange method for measurement of available phosphate in soils derived from volcanic ash. *Soil Sci.* 114 (5), 404-406.