

E

EL FOSFORO

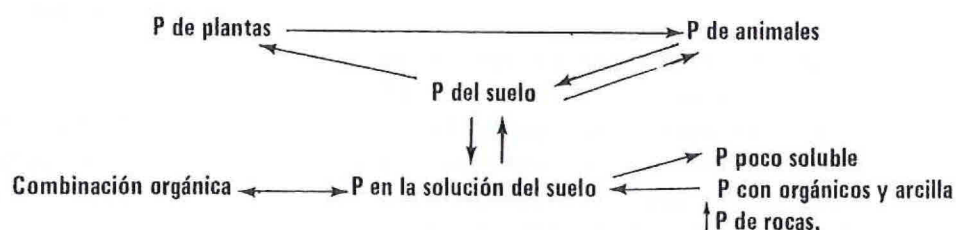


FIGURA 4.- EL CICLO DEL P EN LA NATURALEZA.

Introducción.

El fósforo (P) es un elemento de mucha importancia en la nutrición de las plantas. Está presente en los tejidos vegetales en proporción menor que el K y el N. El tejido foliar de un cafeto (cuarto par de hojas) contiene alrededor de 0,15% en base seca, (para N y K los contenidos son alrededor de 2,5 y 2,0 respectivamente).

La forma como puede encontrarse el P en el suelo se puede resumir en un P total que incluye P de la materia orgánica y P de las sustancias inorgánicas. El P de las sustancias inorgánicas son fosfatos que pueden ser solubles o insolubles. Los fosfatos pueden también reac-

cionar con las arcillas dando compuestos poco solubles fosfato-arcilla (Figura 4).

En la mayoría de los suelos el fósforo inorgánico es mayor que el P orgánico, pero en suelos ricos en materia orgánica como algunos suelos de la zona cafetera colombiana, el P orgánico es mayor que el P inorgánico.

También se llega a la conclusión que la acumulación de P orgánico será mayor en la superficie que en los sub-suelos.

Aunque la concentración de P en la solución del suelo es mínima, es la más importante pues se encuentra disponible para la alimentación de la planta como $H_2PO_4^-$ y HPO_4^{2-} .

Debido a cambios de pH, o reacciones de componentes del suelo, puede haber transformaciones que insolubilizan el P o liberan el P cambiando la disponibilidad en la solución del suelo y por consiguiente es un asunto de verdadera importancia para resolver la problemática de diagnosticar e interpretar el por qué de las deficiencias o suficiencias del P para las plantas.

Para relacionar la extracción de P aprovechable por la planta hay muchos métodos que utilizan solución extractora con ácidos, álcalis o sales. Las técnicas más modernas utilizan resinas de intercambio aniónico (p. e.: amberlita 402) que actúa como una extractora-acumuladora de los iones PO_4^{3-} .

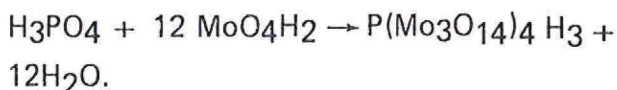
Otras teorías actuales son los niveles mínimos del P en la solución del suelo para una buena nutrición; estos seguimientos han dado muy buenos resultados en plantas de períodos cortos. Para los seguimientos nutricionales el uso de P radioactivo es de gran utilidad.

La adición de fertilizantes fosfóricos aumenta la disponibilidad inmediata de este elemento por las plantas, y por su permanencia en el suelo tiene efecto residual por períodos largos. Estos fertilizantes fosforados simples o compuestos son producidos principalmente de rocas fosfóricas que son aciduladas, inclusive con ácido fosfórico para aumentar la solubilidad.

DETERMINACION DE P EN EL SUELO

Principio del método.

Después de tener el P como PO_4^{3-} en el extracto, hay dos métodos de coloración del complejo fosfo-molibdico.



Este compuesto es azul después de una reducción que se efectúa con cloruro estañoso o ácido ascórbico. Hay otros que lo determinan con un color amarillo del complejo sin reducir fosfo-molibdovanadico, más estable pero menos sensible.

Los métodos de Bray y Kurtz N° 1, Bray y Kurtz N° 2 y Cenicafé utilizan soluciones extractoras ácidas.

E-1. DETERMINACION DEL P POR EL METODO DE BRAY Y KURTZ N° 2

Principio: El fósforo que pasa a solución en solución extractora de HCl 0,1N más NH_4F 0,03N se determina como fosfato, colorimétricamente.

Los fosfatos, con el molibdato de amonio y el tartrato de potasio y antimonio, desarrollan un color azul al reducirse con ácido ascórbico.

Este color se mide en un espectrofotómetro a 660 nm.

Se elabora una gráfica de As vs. concentración con valores de fosfato conocido.

Materiales y equipos.

Balanza analítica, Mettler - H35

Tubos de ensayo de 50 ml/muestra.

Tapones de caucho N° 4/muestra.

Cronómetro.

Embudos de vidrio analíticos, caña larga, diámetro 8,9 cm/muestra.

Papel filtro Whatman N° 42. Diámetro 11,5 cm.

Dispensador de 20 ml.

Frascos plásticos de 50 ml/muestra.

Pipeta volumétrica de 2 ml/muestra.

Pipeta volumétrica de 10 ml.

Pipeta volumétrica de 25 ml/muestra.
 Erlenmeyer de 125 ml/muestra.
 Dispensador automático graduable de 10 ml.
 Espectrofotómetro Zeiss PM 2A.
 4 frascos volumétricos de 1 litro.
 8 frascos volumétricos de 250 ml, para los patrones.
 Nevera para guardar las soluciones A y B.
 1 frasco volumétrico de 1 litro (solución A).
 1 volumétrico de 500 ml (solución B).
 Beaker de 1 litro.
 Estufa graduada a 105 ± 5 °C.

transferir a 800 ml de agua en un beaker de 1 litro. Mezclar y añadir 10 ml de la solución B, llevando a volumen de 1 litro con agua.

6. Solución estandar con fósforo: Disolver 0,2195 gramos de fosfato de hidrógeno y de potasio cristalizado (KH_2PO_4), previamente secado una hora a 105 °C. Diluir con agua en balón volumétrico hasta 1 litro. La solución contendrá 50 ppm de fósforo a partir de la cual se preparan las soluciones para la curva patrón de fósforo.

Reactivos.

1. Acido clorhídrico 4N: Tomar 500 ml de ácido clorhídrico concentrado (12N, D = 1,18) y adicionar un litro de agua.
2. Solución extractora: (HCl 0,1N + NH_4F 0,03N). Disolver 1,11gramos de NH_4F^* y 25,0 ml de HCl 4N en agua y llevar a 1 litro. Guardar en frasco oscuro y plástico.
3. Solución A: Disolver 60 gramos de molibdato de amonio $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ en 200 ml de agua. Añadir 1,455 gramos de tartrato de antimonio y potasio. $\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ y disolver. Agregar lentamente con agitación suave 700 ml de H_2SO_4 concentrado. Enfriar y diluir a volumen de un litro.
4. Solución B: Disolver 61 gramos de ácido ascórbico ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$) en agua. Completar a 500 ml.
 Nota: Las soluciones A y B se deben guardar en una nevera, por ser sensibles al calor y a la luz. En estas condiciones se pueden usar durante unos dos meses.
5. Solución de trabajo. A partir de las soluciones A y B, tomar 25 ml de la solución A; Son 1,17 g cuando la pureza del reactivo es del 95%.

Procedimiento

Observaciones

- Pesar 2,85 g de suelo.
- Pasar a un tubo de ensayo de 50 ml.
- Añadir 20 ml de la solución extractora. Con dispensador de 20 ml.
- Agitar durante 40 segundos, manualmente y cronometrando el tiempo. Filtrar la suspensión inmediatamente. Utilizar papel de filtro Wathman N° 42. Al usar papel de filtro S & S raya azul ver el cálculo al final del procedimiento.
- Recibir en un frasco plástico de 50 ml. Este es el extracto que se guarda.
- Tomar 2 ml del extracto y transferirlo a un erlenmeyer de 125 ml.
- Agregar 18 ml de la solución de trabajo. Con ayuda de un dispensador (2. alícuotas de 9 ml).
- Este procedimiento se sigue con las disoluciones patrón de fósforo de manera que las soluciones finales de P varían entre 0,05 y 2,0 p.p.m. Léase el color a $\lambda = 660$ n.m. después de 15 minutos.

Cálculos.

$$\text{ppm P en suelo} = \frac{(\text{Lect.} \times 1.000)}{9,1 \times 50} \times 70,2$$

$$\text{ppm de P} = (\text{Lect.} \times 1.000) \times 0,15428. **$$

Programa en la Sharp PC 1001*.

$$\text{HFS} \times 0,15428 = \text{FH}$$

Expresión de los resultados: cifras enteras.

P(0,05): ± 4 ppm.

La As de un patrón de 10 p.p.m. en la solución debe ser de $0,455 \pm 0,015$.

Nota: Válido hasta 140 p.p.m.; si la lectura es mayor se reportará +140 p.p.m.

CONCENTRACION DE LAS DISOLUCIONES PATRON DE P

Volumen de la solución standar (50 ppm P)	Volumen final con agua destilada	Concentración de fósforo ppm
0,0	250	0,0
2,5	250	0,5
5,0	250	1,0
10,0	250	2,0
20,0	250	4,0
30,0	250	6,0
40,0	250	8,0
50,0	250	10,0
60,0	250	12,0
70,0	250	14,0
80,0	250	16,0
90,0	250	18,0
100,0	250	20,0

(**) Cuando se use papel de filtro S & S raya azul: p.p.m. de P = (lectura x 1.000) x 0,1618.

(*) La lectura se amplifica x 1.000 antes de efectuar el cálculo. p. e.: 0,410 entra al cálculo como 410.