



Determinación de Fósforo por Resinas de Intercambio Iónico

Introducción

La disponibilidad de fósforo en el suelo, corresponde a una pequeña fracción del fósforo total contenido en el suelo. Esta fracción disponible para las plantas corresponde en parte al fósforo de la solución del suelo y el que se encuentra en la fase sólida, susceptible de ser asimilado (ambas partes están en equilibrio). En el suelo, el fósforo forma compuestos débilmente solubles con cationes divalentes y monovalentes, por tal razón, la cantidad de fósforo en solución del suelo es muy pequeña.

El fósforo disponible en el suelo no es un valor único y constante, pues varía según condiciones ambientales. El análisis de suelo por su parte, proporciona solo un índice del fósforo disponible en el suelo para las plantas, es decir, refleja un suministro natural del suelo, lo que por diferencia con los requerimientos de fósforo de la especie o cultivo, permite estimar las necesidades de fósforo a incorporar en forma de fertilizantes.

Análisis de fósforo en el suelo

El fósforo es uno de los elementos que más atención ha tenido, es causa de innumerables investigaciones. Uno de los temas más estudiados es precisamente sobre los métodos de análisis en laboratorio. En este sentido ha surgido un interés por el uso de resinas de intercambio para extraer fósforo, ha mostrado ser un excelente procedimiento pero su aceptación aún es limitada como método de análisis de rutina en los laboratorios. El método de resinas fue presentado por Amer (1955) y posteriormente modificado por Sibbessen (1977). Varios investigadores han demostrado su buena correlación con el fósforo absorbido por las plantas.

Son varios los métodos existentes para medir fósforo en el suelo, y todos extraen diferente cantidad del elemento, por tal motivo es necesario determinar cuál es el método más eficiente. Para encontrar el mejor método deben conducirse experimentos en invernadero (plantas en maceta), los cuales permiten establecer que método correlaciona más estrechamente el contenido de fósforo en el suelo con la absorción de fósforo por la planta. Se utilizan suelos con amplio rango de características que afectan las reacciones de fósforo y en ellos se siembra una especie indicadora a la cual se le suministran todos los nutrimentos excepto fósforo. En la figura 1 se muestra un ejemplo de estos experimentos, en este caso en arroz con los métodos resina y Mehlich 1, donde claramente el método de resina correlaciona mucho mejor con el fósforo absorbido por el arroz.

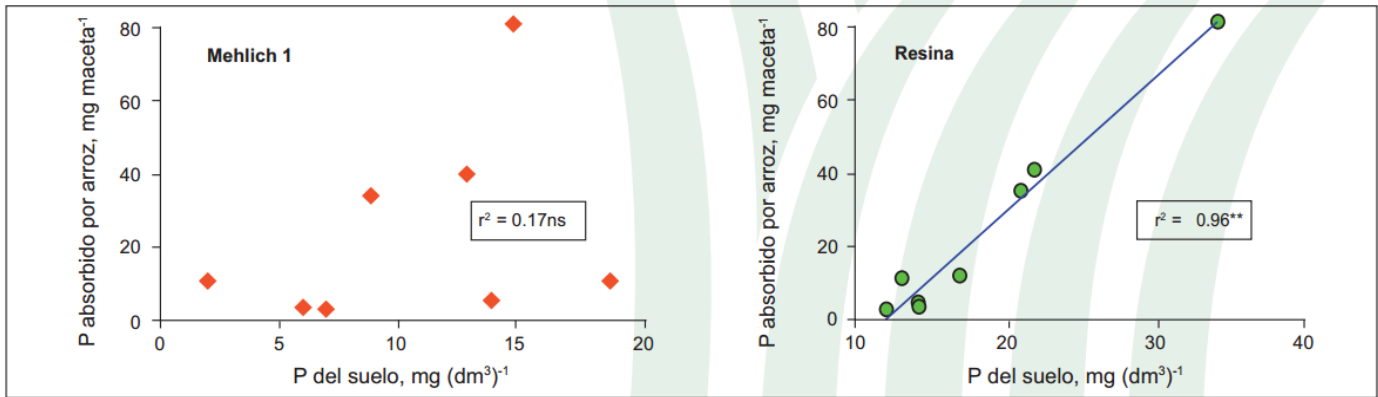


Figura 1. Relación entre la absorción de fósforo por las plantas de arroz de inundación y el fósforo determinado por los procedimientos de resina y Mehlich 1 (Grande et al., 1986) tomado de Raij et al., 2009.

Las resinas de intercambio iónico

Una robusta revisión de literatura en diferentes países realizada por Silvia y Raij (1999) demostró que el método de resinas es el que mejor correlacionó en comparación con otros métodos, además fue el mejor método tanto para suelos ácidos como para alcalinos.

La extracción de fósforo con la resina de intercambio iónico se realiza en una suspensión de

Cuadro 1. Efectividad de métodos de extracción de fósforo del suelo para predecir la absorción de fósforo por la planta (Silvia y Raij, 1999)

agua y esta condición simula mejor que otros métodos la dinámica de absorción de fósforo por las raíces de las plantas. La resina actúa como un sitio de atracción de los iones que se encuentran en el agua de la suspensión. Los iones fosfato

Métodos	Promedio del coeficiente de determinación (100 r²) para suelos		
	Suelos ácidos	Suelos alcalinos o neutros	Suelos no especificados
Resina	84	83	69
Mehlich 1	56	39	41
Morgan	26	40	32

cargados negativamente ($H_2PO_4^-$ principalmente) son atraídos por las cargas positivas de la resina de intercambio iónico, promoviendo de esta forma la disolución de fósforo lábil (que estará disponible para las plantas) de la fase sólida del suelo. Inicialmente la resina entra en contacto y atrae fósforo de la fracción de solución del suelo, cuando sucede esto se crea un gradiente de concentración que ocasiona que se extraiga fósforo de las formas lábiles (de la fase sólida). En laboratorio este proceso se acelera mediante 16 horas de agitación continua de la suspensión suelo-resina. En cualquier método que se utilice debe cuidarse que no se remuevan fracciones que no estarán disponibles para las plantas, estos son fosfatos de lenta liberación y formas no lábiles. Con el método Mehlich 1 por ejemplo se llegan a disolver fosfatos de calcio y esto ocasiona errores en los

resultados e interpretación.

Características de las resinas de intercambio

Consisten de celdas estructurales hidrocarbonadas que constituyen una matriz donde van unidos tanto los grupos ácidos como los básicos. La matriz puede ser formada por policondensación o por polimerización aditiva. La mayoría de las resinas de intercambio aniónico son productos de condensación de aminas aromáticas o alifáticas y aldehídos, dihaloparafinas, etc. Una partícula de la resina es prácticamente una macromolécula de sus componentes básicos. La armazón de la resina, es una malla flexible y se representa a continuación.

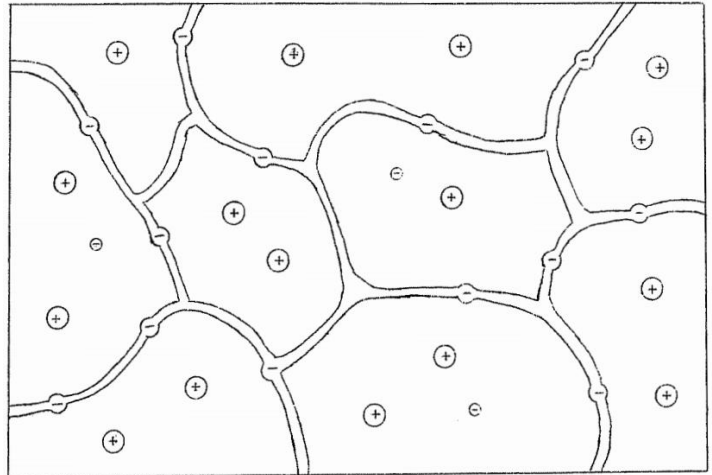


Figura 2. Estructura de una resina de intercambio iónico donde se observan: Matriz con cargas fijas (cargas negativas de los entrelazados), iones contrarios (cargas positivas) y CO-ion (cargas negativas).

Uso actual del método de resinas

Son muchos los estudios que demuestran la efectividad del método de resinas de intercambio iónico para evaluar la disponibilidad de fósforo para los cultivos. Sin embargo, aun cuando hace más de 50 años que se demostró la efectividad de este método, siempre siguió considerándose como un método inapropiado para el análisis de rutina en los laboratorios sin justificaciones objetivas. Por otro lado, este método ha tomado mucha importancia en Brasil y lo han convertido en el procedimiento de rutina en más de 100 laboratorios para determinar la disponibilidad de fósforo en los suelos de ese país.

Otras de las situaciones objeto de investigación es su uso también en elementos como Calcio, Magnesio y Potasio, pues el compuesto usa una mezcla de resinas de cationes y aniones, he incluso ya se ha desarrollado equipos muy económicos que agilizan los procesos y ahorran tiempo al utilizar este método de análisis.

Fuentes consultadas

Raij, V.B.; Cantarella, H.; Quaggio, J.A.; Prochnow, L.I. 2009. Resina de Intercambio Iónico para Determinar la Disponibilidad de Fósforo en el Suelo. Informaciones Agronómicas. IPNI. 4 p.

López, C. L.; Conti, M. E.; Heredia, O. S.; Maccarini, G. 1984. Fósforo Residual Extraído con Resinas de Intercambio Iónico. Ciencia del Suelo, Vol. 2. No. 2. Argentina. 7 p.

Rojas, W. C. Interpretación de la Disponibilidad de Fósforo en Suelos de Chile. INIA la Platina. 20 p.



Palma, V. G. 1970. Uso de Resinas de Intercambio Iónico para Evaluar la Disponibilidad de Fósforo en los Suelos. Tesis de Maestría. Depto. de Fitotecnia y Suelos. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Costa Rica. 95 p.