

FORMAS DE POTASIO EN LOS SUELOS Y SU DETERMINACION ANALITICA

E. Villar, B. Eleizalde, L. Montañés

Estación Experimental de Aula Dei
ZARAGOZA

1. El potasio en el suelo

La importancia del potasio como elemento presente en el suelo radica en su papel como macronutriente esencial para el crecimiento y buen desarrollo de las plantas. Algunos cultivos son tan exigentes que un contenido, que para otra especie puede estimarse como suficiente, en ellos puede provocar alteraciones que no sólo afectan a la cosecha, sino también a la calidad del producto. El tabaco es un claro ejemplo de planta muy exigente, hasta tal punto que contenidos en hoja del orden del 3 % hacen previsible la aparición de evidentes signos de deficiencia.

El potasio se halla distribuido con relativa abundancia en la superficie terrestre, de tal manera que supone un 2,6 % de la misma. LIPMAN-CONYBEAN (1936) estiman en un 0,83 % el contenido de potasio de la capa arable, de los suelos USA, si bien esta cifra varía según las regiones; así en el sur se sitúa entre 1 y 2,5 % y más al oeste entre 1 y 1,7 % (PARKER *et al*, 1946, citados por BLACK, 1967).

Los suelos españoles presentan rangos en contenido de potasio «asimilable» que oscilan entre 0,92-2,7 % en la provincia de Salamanca (LUCENA y CRISANTO, 1971); 0,25-1 % en la provincia de Murcia (CARPENA *et al*, 1956); en la de Guadalajara entre 31 y 43 mg de $K_2O/100$ g de suelo (HERNANDO *et al*, 1954); de 12 a 16 mg $K_2O/100$ g de suelo en las vegas bajas del Guadiana (HERNANDO *et al*, 1971), y entre 3,10 y 59,70 mg de $K_2O/100$ g de suelo en la provincia de Zaragoza (MONTAÑÉS, *et al*, 1977).

No cabe duda de que esta variación del contenido de potasio en los suelos de las distintas áreas geográficas de cualquier país, dependerá del material parental que les ha dado origen, así como del grado de evolución de los suelos por efecto de la meteorización. Estas circunstancias permiten comprender resultados tan contradictorios como los dados por FAILER *et al* (1968); los encontrados por SALMÓN (1964) en 30 suelos de Rodesia, y también los referentes a las distintas regiones de nuestro país.

2. Formas de potasio

Según GRIM (1967) y BLACK (1967), este elemento puede presentarse bajo diversas formas mineralógicas y químicas.

2.1. Formas mineralógicas

Incluyen principalmente a los feldespatos y micas, minerales primarios que se hallan fundamentalmente en las fracciones granulométricas de arena y limo. Sólo de manera ocasional aparecen en las arcillas.

De los feldespatos, los más importantes son la ortoclasa y la microclina, y de las micas, la biotita y moscovita.

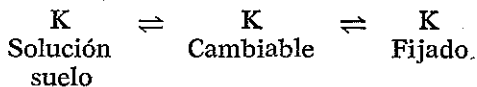
Son varios los trabajos de análisis mineralógicos efectuados sobre las distintas regiones españolas en los que se pone de manifiesto la gran abundancia de minerales potásicos. Ya ALBAREDA (1958) señala la existencia de granitos y ortoclasas en la cadena

costera catalana, Extremadura y Andalucía, indicando también cómo en la región del valle del Ebro hay un alto porcentaje de feldespatos potásicos.

Si es transcendente, en general, esta composición mineralógica de la fracción gruesa del suelo, lo es, particularmente, en los suelos tropicales, donde puede darse el caso de que el suministro de potasio a los cultivos proceda de manera casi exclusiva del que se libera en los procesos destructivos de la estructura cristalina de aquellos minerales (HOOVER *et al*, 1944).

2.2. Formas químicas

En condiciones normales, y en general, no debe por eso olvidarse el papel de la fracción fina del suelo como fuente de potasio para los cultivos. Así, se sabe que esta fracción granulométrica, inferior a dos micras, está relacionada con las formas químicas que describe WIKLANDER (1958) y que pueden esquematizarse así:



Como puede verse estas formas químicas presentan entre sí una situación de equilibrio y pueden definirse como sigue:

a) Potasio de la solución del suelo

Se encuentra en la solución del suelo como iones pertenecientes a los compuestos solubles. Su concentración varía de un suelo a otro y dentro de un mismo suelo, y es función del K adsorbido, contenido de agua en el suelo y velocidad o intensidad de absorción por parte de las plantas. Representa alrededor del 1 % del potasio total.

b) Potasio intercambiable

Se considera como tal, a aquel que, hallándose adsorbido por las partículas del suelo, puede ser sustituido por otro catión en un tiempo de contacto breve con una solución.

Influyen sobre el contenido de esta forma de potasio, varios factores como son: contenido de arcilla, minerales de la misma, con-

diciones en que se realiza la meteorización, cultivos, abonados, enmiendas, etc. Se considera que corresponde al 1-2 % de potasio total del suelo.

c) Potasio fijado

Corresponde al potasio existente en el suelo que, debido a su situación, no puede ser sustituido fácilmente por sales neutras. Se trata, por tanto, de la forma retenida entre las superficies interplanas de la estructura de los minerales de ilita. Sin embargo, una parte de este potasio fijado puede liberarse, puede ser sustituida por otros cationes, o puede ser fácilmente hidrolizable.

De cualquier forma tal vez se reduzca todo a una cuestión de tamaño iónico, y así se puede pensar que los iones H_3O^+ , NH_4^+ , Ca^{++} , Ba^{++} , al tener un tamaño iónico similar al del potasio, pueden sustituirle.

3. Evaluación de la fertilidad de un suelo en relación con el potasio

3.1. A través de las formas del potasio

Tal como se ha indicado, en la mayoría de los suelos, interesa la cuantificación de estas formas químicas de potasio por ser ellas responsables, unas total y otras parcialmente, del potasio asimilable para un cultivo.

Para lograr este conocimiento, deben usarse métodos de laboratorio adecuados, que reflejan con precisión la cuantía de la forma considerada.

En este sentido, siempre ha existido una gran inquietud para introducir innovaciones y renovar métodos y técnicas analíticas ya existentes que, según el criterio de sus autores y de los que lo han seguido, pueden suponer un avance en este campo.

Antes de entrar en la descripción, o en la recomendación de los métodos, debe señalarse que cualquier procedimiento del que se dice que refleja la asimilabilidad del elemento nutritivo por parte de la planta, debe ser contrastado frente a un método biológico (cultivo), bien en invernadero, bien en campo. Por el momento no nos vamos a re-

ferir a este último aspecto importante y que será punto de partida para otra publicación.

Los métodos que pueden ser válidos en la evaluación de las formas de potasio pueden ser:

a) *Potasio en solución*

De acuerdo con la recomendación del Laboratorio de Riverside (California) la mejor expresión para evaluar el potasio es medir su concentración en el extracto de saturación del suelo.

La determinación del K en este extracto puede hacerse directamente por fotometría de llama.

b) *Potasio cambiante*

Los métodos de laboratorio usados se basan en la sustitución del K^+ por otro catión de tamaño iónico similar. Pueden para ello utilizarse sales de amonio ya que, según BLACK (1967), permiten una completa diferenciación entre las formas cambiables, aprovechando, además, aquella similitud de tamaño iónico.

Los procedimientos que más cita la bibliografía son extracciones a base de una solución 1 N de acetato amónico amortiguada a pH 7,0 con cloruro amónico 0,5 N, usándose, según cada autor, distintas relaciones suelo/solución.

De entre todos hay dos que se usan con bastante frecuencia:

El primero es el método de KOLTERMAN y TRUOG publicado por estos autores en 1953 y en el que se utilizan una relación suelo/extractante (1:2) y un tiempo de agitación de treinta minutos. Este método lo usan también en sus trabajos NELSON (1957) y NASH (1970).

El segundo es una variante del anterior, utilizada por el Instituto Nacional de Edafología (1976) y que se ha adoptado para nuestros trabajos. Esta es su metodología:

Se agitan durante media hora, 5 g de suelo cernido por tamiz de 2 mm de diámetro, con 50 ml de solución 1 N de acetato de amonio. Se filtra la suspensión y se toma una alícuota de 5 ml del filtrado claro, que se lleva a un matraz aforado de 25 ml enrasándolo con agua destilada.

La curva patrón se construye con las lecturas de K que se obtienen de unas soluciones preparadas añadiendo a matraces aforados de 25 ml, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 ml de una solución de sulfato potásico, en acetato amónico 1 N, que contenga 25 mg de K_2O /litro y enrasando con agua destilada hasta completar el volumen del matraz.

Tanto patrones como problemas se leen en fotómetro de llama Lange y galvanómetro Multiflex bajo las condiciones siguientes: presión 0,6 K; sensibilidad de calibrado 1/1 y ajuste a 100 con el patrón más concentrado.

c) *Potasio fijado*

Para su evaluación total será preciso usar procedimientos drásticos a base de calentamiento a temperaturas altas, a fin de que se produzca la salida del agua de entre las citadas superficies interplanas, acompañada del potasio.

Existe la creencia de que dentro de esta forma de potasio, hay una fracción soluble en ácidos, de liberación más fácil y otra que, por el contrario, queda insoluble.

Potasio total fijado

El método clásico y aún en vigencia para la determinación de esta forma de potasio fijado total es el de KOLTERMAN y TRUOG.

Se colocan en un matraz de 100 ml 5 g de suelo cernido por tamiz de 2 mm de malla y se añaden 50 ml de solución 1 N de acetato de amonio; esta suspensión se agita durante media hora.

Una vez filtrado el extracto, el residuo de suelo contenido en el papel de filtro se traspasa cuidadosamente a un crisol. Luego se lleva a una mufla, ya regulada a 500° C, donde se mantiene durante dos horas. Una vez frío el crisol, su contenido se traspasa a un matraz, sometándolo a una extracción con 50 ml de solución de acetato amónico 1 N durante otra media hora. Se filtra a un matraz aforado de 100 ml y se enrasa con agua destilada. De este filtrado se toman 5 ml que se llevan a un matraz aforado de 25 ml, enrasándose también con agua destilada. Sobre esta solución se determina el potasio

por fotometría de llama, tal como se ha descrito para el K cambiabile.

Este resultado deberá luego mutiplicarse por un factor que representa el valor del potasio real fijado. Este factor se calcula mediante una ecuación que se halla con los valores obtenidos al hacer sobre los residuos sucesivas extracciones y calentamientos a 500° C.

Los autores del método recomiendan el factor 4,85. Sin embargo, creemos que es conveniente determinarlo en cada caso, debido a las variaciones que puedan presentar los distintos suelos en la facilidad para liberar este K fijado.

Potasio fijado soluble

Para determinar la fracción más soluble del potasio fijado, se usan dos métodos: el de HUNTER y PRATT (1957), en que el nutriente se extrae en frío y con sulfúrico, y el de WOOD y DETURK (1940), que por su exactitud y facilidad de manipulación es el que se ha adoptado en nuestros estudios.

En un matraz Kjeldahl de 500 ml se colocan 5 g de suelo cernido por tamiz de 2 mm, añadiendo 50 ml de solución 1 N de NO_3H . Esta suspensión se hierve durante diez minutos, dejando luego enfriar. Diluyendo con unos ml de agua, se filtra a través de papel Whatman núm. 42 sobre un matraz aforado de 100 ml y se enrasa con agua destilada. De este filtrado se toma una alícuota de 5 ml que se coloca en un matraz aforado de 25 ml y se determina por fotometría el potasio, después de completar con agua destilada el volumen del matraz.

Si al valor obtenido se le resta el del potasio cambiabile, se tiene el verdadero valor del potasio fijado, soluble en ácido.

3.2. A través de la liberación de potasio

Otra manera de evaluar la situación de la fertilidad de un suelo respecto a un nutriente dado, es a través del estudio que puede hacerse de la liberación de este nutriente a la solución del suelo.

Para conocer la cuantía de esta reserva de potasio lábil de un suelo, puede usarse el siguiente procedimiento de laboratorio (HAGIN y FEIGENBAUM, 1962):

Cinco gramos de suelo cernido por tamiz de 2 mm se colocan en un tubo de centrifuga de 100 ml de capacidad y se le añaden 50 ml de solución 0,01 M de Cl_2Ca . Se agita esta suspensión mecánicamente durante una hora. Se centrifuga diez minutos a 3.000 r.p.m. y se recoge el líquido que sobrenada. La fracción que queda en el tubo de centrifuga, se somete de catorce a veinte veces a este proceso de extracción —centrifugación, guardando aparte cada porción líquida sobrenadante.

El uso del extractante de solución 0,01 M de Cl_2Ca , se debe al hecho de estimar que su fuerza iónica es muy similar a la que existe en la solución del suelo en condiciones de campo.

En los líquidos es conveniente determinar Ca^{2+} , Mg^{2+} y K^+ , los dos primeros por absorciometría y el potasio, como siempre, por fotometría de llama.

Si se usa la expresión:

$$F = 1,364 \frac{K}{\sqrt{\text{Ca} + \text{Mg}}}$$

en la que K, Ca y Mg están expresados en mEq/litro, podremos conocer la relación entre reserva y factor intensidad.

Para calcular la reserva máxima de K lábil del suelo se recomienda la siguiente expresión:

$$X^K = b - \frac{\Sigma K}{a \cdot v} \quad \text{donde}$$

X^K = cualquier valor de K liberado.

b = cantidad máxima de potasio desorbido (mg K/100 g suelo).

ΣK = cantidad de potasio liberado.

v = volumen de solución usado (ml).

a = constante de unión entre potasio y el suelo.

Así si trazamos los valores ΣK frente a $\frac{\Sigma K}{\Sigma V}$, se obtendrá una línea neta donde ad-sorción máxima o b se evalúa como ordenada en el origen, y a como la inversa de la pendiente.

Bibliografía

- ALBAREDA, J. M.^a, 1958. Asimilación de los componentes del suelo. Symposium 4th Cong. Int. Potash. Inst. at. Madrid.
- BLACK, C. A., 1967. Soil plant relationship. Second. Edit. John. Wiley and Son. N. Y.
- CARPENA, D., 1956. Estudio edafológico y agrobiológico de la provincia de Murcia, I.O.A.T.S. Murcia.
- GRIM, R. E., 1967. Clay Mineralogy. Ad. Mc. Hill. Bock. Co. N. Y.
- Grupo de Trabajo de Normalización de Métodos Analíticos, 1976. Determinaciones analíticas en suelo. Normalización de Métodos. II. Potasio, calcio y magnesio. An. Edaf. Agr. XXXV (7/8): 813-324.
- HAGIN, J.; FEIGENBAUM, S., 1962. Estimation of available potassium reserves in soils. Symposium of Int. Potash. Inst.
- HERNANDO, V.; JIMENO, L.; GUERRA, A., 1954. Estudio sobre las condiciones de fertilidad de los suelos de la provincia de Guadalajara. C.S.I.C. Madrid.
- HERNANDO et al. 1962. Estudios de los nuevos regadíos de la margen derecha de las vegas del Guadiana. Inst. Nac. Edaf. Agrob. Madrid.
- HERNANDO et al, 1971. Estudio de los suelos de Badajoz. Región de la Serena. Inst. Edaf. Agrob. Madrid.
- HOOVER, C. P.; JONES, V. S.; GHOSTON, S., 1944. Release of non exchangeable potassium as influence by weathering soil mineral type soil reaction and potassium fertilization. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 21 (13): 347-51.
- HUNTER, R.; PRATT, P. F., 1957. Extraction of potassium from soil by sulphuric acid. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 21 (6): 595-99.
- KOLTERMAN, W.; TRUOG, G., 1953. Determination of fixed soil potassium. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 17: 347-51.
- LIPMAN, J. G.; CONYBEANS, H., 1936. Preliminary note on the inventory and balance sheet of plant nutrient in the United States, New Jersey Agr. Ex. Sta. Bull. 07.
- LUCENA CONDE, F.; CRISANTO HERRERO, 1971. Estudio de varios métodos de determinación de potasio en suelo. Anal. Edaf. Agrob. XXX (1-2): 137-49.
- MONTAÑÉS, L.; HERAS, L.; SANZ, M.; ELEIZALDE, B., 1977. La fertilidad de los suelos de secano en la provincia de Zaragoza. (En preparación).
- VASH, V. E., 1970. Potassium release characteristics of some soils of the Mississippi coasted plain as revealed by various extracting agents. Soil Sci. 111 (5): 313-17.
- NELSON, L. E., 1959. A comparison of several methods for evaluating the potassium states of some Mississippi soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 23 (4): 513-16.
- SALMON, R. C., 1964. Potassium in different fractions of some Rhodesian soils. Rhodesian J. Agr. Res. 2: 85-9.
- WIKLANDER, L., 1958. Forms of potassium in the soil. Potash Symposium: 109-121.