

UTILIDAD DE LOS ISOTOPOS EN LA INVESTIGACION EN FERTILIDAD DE SUELOS

Raúl Goyenola*

1. INTRODUCCION

El desarrollo de la tecnología nuclear con fines pacíficos ha aportado, en los últimos años, una serie de herramientas muy útiles para su aplicación en investigación en el área biológica y particularmente en estudios sobre fertilidad de suelos y nutrición de plantas (IAEA. 1976 y 1990; L'Annunziata, 1987; Vose, 1980).

La rápida difusión de estos métodos y técnicas, la voluminosa información bibliográfica que reporta su aplicación rutinaria en la investigación agrícola, hace necesario conocer esta tecnología en sus aspectos básicos y en sus posibilidades de uso.

No se intentará discutir en esta sección sobre aspectos prácticos en la utilización de materiales o fertilizantes marcados en experimentación de campo, invernadero o laboratorio, que deberán quedar para los investigadores y que son factores directos de los objetivos planteados.

Se presentaran algunos principios, métodos y guías que son comunes al uso de materiales marcados en diferentes áreas de investigación.

2. TRAZADORES, RADIOSOTOPOS E ISOTOPOS ESTABLES

Las metodologías más comúnmente utilizadas en la investigación en ciencias del suelo se basan en el uso de los isótopos como trazadores.

Los isótopos son especies atómicas de un mismo elemento que difieren entre sí por el número de neutrones presentes en su núcleo.

Esta diferente composición nuclear de los isótopos, si bien no afecta su comportamiento químico, conduce sí a producir modificaciones en algunas de sus propiedades físicas, lo que se conoce como "efecto isotópico".

A diferencia de los **isótopos estables**, los **radiosótopos** presentan una inestabilidad nuclear que es compensada mediante la emisión de radiaciones.

Las diferencias emergentes de esta propiedad de los isótopos de emitir o no radiaciones, se traduce en diferencias en cuanto a métodos de detección, a su cuantificación, al tipo de experimentación que es posible encarar, a las condiciones de manejo seguro de materiales y sustancias, a las características de las instalaciones necesarias, su seguridad física y a la protección del personal involucrado.

A su vez, es esa diferencia de composición nuclear la que permite utilizar una muy pequeña cantidad de una especie rara del elemento como **trazador** del comportamiento de cantidades mayores de la especie abundante.

3. ACTIVIDAD ESPECIFICA Y ENRIQUECIMIENTO

A los efectos de comprender la aplicación de trazadores isotópicos es necesario definir los conceptos de actividad específica (radiosótopos) y enriquecimiento (isótopos estables).

Actividad específica es la tasa de desintegración en el tiempo por unidad de masa de la sustancia. (cpm.mol⁻¹, dpm.gr⁻¹, etc.).

* Ing. Agr., Dirección Nacional de Tecnología Nuclear, Ministerio de Industria y Energía.

Enriquecimiento es el exceso de átomos de la especie rara en relación a su abundancia natural (%át.exc.).

4. DILUCION ISOTOPICA

Es una metodología analítica que estudia las modificaciones producidas en la concentración de un isótopo en un sistema o parte de él, como consecuencia de la introducción de una sustancia de composición isotópica diferente (trazador).

Introducida inicialmente por Hevesy y Hofer (1934) para su aplicación con radiosótopos, extendida luego a los isótopos estables, es especialmente útil para determinar la masa isotópicamente intercambiable de una sustancia en un sistema.

El principio de dilución isotópica indica que para una cantidad conocida de trazador isotópico, la actividad específica o el enriquecimiento es inversamente proporcional al total de masa intercambiable del trazado mezclado uniformemente con el trazador.

Dado que se basa en el agregado de cantidades traza, su introducción no afecta significativamente el comportamiento regular del sistema.

5. CRITERIOS DE INTERPRETACION DE PARAMETROS ISOTOPICOS

Existen dos criterios de interpretación de **parámetros isotópicos**: independientes o dependientes del rendimiento.

Los **independientes del rendimiento** son valores que no necesitan de estimaciones de rendimiento de las plantas y son calculados directamente en base a las determinaciones de dilución isotópica. Por ejemplo, el porcentaje de un nutriente en la planta derivado de un fertilizante se determina:

$$\begin{aligned} \text{isótopo estable} & \quad \% \text{ N-15 át. exc. planta} \\ \text{(p.e. N) \%Nddf} & = \frac{\text{\% N-15 át. exc. planta}}{\text{\% N-15 át.exc. fert.}} \times 100 \\ \text{radioisótopo} & \quad \text{Act. esp. planta} \\ \text{(p.e.P)\%Pddf} & = \frac{\text{Act. esp. planta}}{\text{Act. esp. fert.}} \times 100 \end{aligned}$$

Los criterios **dependientes del rendimiento** exigen además de las determinaciones isotópicas, estimaciones del total de rendimiento de las plantas y análisis de % del nutriente.

La eficiencia de utilización del fertilizante aplicado es un tipo de parámetro dependiente:p.e. N:

$$\%EUF = \frac{\%Nddf \times \text{Rend N en planta}}{\text{Dosis de fert. aplicado}} \times 100$$

6. METODOS BASICOS DE USO DE TRAZADORES ISOTOPICOS EN FERTILIDAD DE SUELOS Y NUTRICION VEGETAL

Es muy amplio el espectro de situaciones donde el uso de métodos y técnicas nucleares han jugado un rol importante.

Estos métodos no escapan por supuesto a la discusión sobre ventajas y limitaciones, las que deberán ser tenidas en cuenta en el momento de adoptarlos.

6.1.DETERMINACION DE DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES EN EL SUELO

Un tema encarado intensamente ha sido el desarrollo de métodos prácticos de estimación de la disponibilidad de un nutriente del suelo para los cultivos.

Se han introducido una serie de métodos basados en los principios de la dilución isotópica, inicialmente encarados a la determinación de P del suelo disponible para las plantas, pero que algunos de ellos tienen amplia aplicación para otros elementos.

6.1.1. Valor A:

El concepto de valor A (Fried y Dean, 1952) se basa en la asunción que cuando dos fuentes de un nutriente están presentes en el suelo, las plantas absorberán de cada uno en relación directa a las respectivas cantidades disponibles.

La cantidad disponible de un nutriente en

el suelo puede ser estimada en términos de una fuente standard, siempre que se determine la proporción del nutriente en la planta derivada del fertilizante.

6.1.2. Valor E o P-isotópicamente intercambiable:

El "valor E" es una medida de la cantidad de P isotópicamente intercambiable de un suelo.

Provee una base definida de referencia para comparar diversos métodos de extracción química para la determinación de P disponible, utilizados en rutina.

6.2. ESTIMACION DE FUENTES DE NUTRIENTES QUE NO PUEDEN MARCARSE (METODOS INDIRECTOS)

Se han desarrollado una serie de métodos isotópicos a los efectos de su aplicación en casos como:

- * Imposibilidad de marcar fuentes de fertilizantes tales como los productos naturales (roca fosfatada) y materiales orgánicos (guano, abonos vegetales, residuos agrícolas, estiércol, etc.).
- * Nitrógeno atmosférico como fuente para fijación biológica.
- * Elevado costos o indisponibilidad de fertilizantes marcados, estudio de efecto residual, etc.

En estos casos se emplea la **técnica de dilución isotópica** que consiste en "marcar" el suelo con una solución con isótopos y hacer crecer una planta de "referencia" que mide la relación isotópica de la fuente suelo.

7. AREAS TÍPICAS DE ESTUDIO CON ISOTOPOS

Sobre la base de los métodos referidos en el ítem anterior, sumados a otras formas de uso de trazadores isotópicos es posible encargar una serie de estudios que contribuyan rápidamente a la elaboración de pautas de manejo de la fertilización de cultivos.

Existe una importante experiencia de aplicación a nivel nacional y amplia bibliografía

que encara, entre otros, los siguientes estudios:

- Recuperación de fertilizantes por los cultivos.
- Ubicación y fraccionamiento de fertilizantes.
- Evaluación de fuentes de fertilizantes.
- Dinámica de nutrientes minerales en suelo. Procesos de pérdida y de ganancia en la disponibilidad para las plantas.
- Efecto residual de fertilizantes y manejos de cultivos.
- Fijación simbiótica de N por leguminosas
- Uso eficiente del agua, irrigación.
- Distribución de patrones de actividad radicular.
- Estudios sobre descomposición de materia orgánica del suelo.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- FRIED, M.; DEAN, L.A.** 1952. A concept concerning the measurement of available soil nutrients. *Soil Sci.* 73:263-71.
- HEVESY, G.; HOFER, E.** 1934. Elimination of water from human body. *Nature* 13:879.
- IAEA.** 1976. Tracer manual on crops and soils. Viena, Austria, IAEA. Technical Report Series N° 171.
- IAEA.** 1990. Empleo de técnicas nucleares en los estudios de la relación suelo-planta. Viena, Austria, IAEA. TCS N° 2.
- L'ANNUNZIATA, M.F.** 1987. Radionuclide tracers. London, Academic Press.
- VOSE, P.B.** 1980. Introduction to nuclear techniques in agronomy and plant biology. Oxford, Pergamon Press.

BIBLIOGRAFIA RECOMENDADA

- FRIED, M.; DEAN, L. A.** 1952. A concept concerning the measurement of available soil nutrients. *Soil Sci.* 73:263-71.
- FRIED, M.** 1964. "E", "L" and "A" values. In: *Int. Congr. Soil Sci.* (8th. Bucharest). Transactions. IV 29.
- IAEA.** 1971. Nitrogen-15 in soil plant studies.

- Viena, Austria, IAEA. Panel Proceedings Series STI.PUB.278.
- IAEA.** 1978. Isotopes in biological dinitrogen fixation. Viena, Austria, IAEA. Panel Proceedings Series STI.PUB.478.
- IAEA.** 1979. Isotopes and radiation in research on soil-plant relationships. Viena, Austria, IAEA. Panel Proceedings Series STI.PUB.501.
- IAEA.** 1983. Nuclear techniques in improving pasturemanagement. Viena, Austria, IAEA. Panel Proceedings Series STI.PUB.639.
- IAEA.** 1984. Soil and fertilizer nitrogen. Viena, Austria, IAEA. Technical Report Series N° 244.
- IAEA.** 1991a. Soil nitrogen as fertilizer or pollutant. Viena, Austria, IAEA. Panel Proceedings Series STI.PUB.845.
- IAEA.** 1991b. Stable isotopes in plant nutrition, soil fertility and enviromental studies. Viena, Austria, IAEA. Panel Proceedings Series STI.PUB.845.
- MCAULIFFE, C.D.K.; HALL, N.S.; DEAN, L.A.; HENDRIKS, S.B.** 1948. Exchange reaction between phosphates and soils: hydrocyclic surfaces of soil minerals. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 12:119-23. 1948.
- MALLARINO, A.; WEDIN, W.F.; GOYENOLA, R.S.; PERDOMO, C.H.; WEST, C.P.** 1990a. Legume species and proportion effects on dinitrogen fixation in legume-grass mixtures. Agron.J. 82:785-789.
- MALLARINO, A.; WEDIN, W.F.; PERDOMO, C.H.; GOYENOLA, R.S.; WEST, C.P.** 1990b. Nitrogen transfer from white clover, red clover and birdsfoot trefoil to associated grass. Agron. J. 82:790-795.
- RENNIE, D.A.** 1969. The significance of the A value concept in field fertilizer studies. Viena, Austria, IAEA. Technical Report Series No. 120. p. 132-145.
- WAGNER, G.H.; ZAPATA, F.** 1982. Field evaluation of reference crops in the study of nitrogen fixation by legumes using isotope techniques. Agron. J. 74:607-12.