

EFECTO DE LOS PROCESOS DE INMOVILIZACION Y MINERALIZACION EN EL SUELO SOBRE LA DETERMINACION ISOTOPICA DEL APROVECHAMIENTO DE FERTILIZANTE NITROGENADO EN MAIZ

Peter E. Daniel (1), Roberto Alvarez (1), Jorge H. Lemcoff (2) y Daniel Canova (3)
Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. Av. San Martín 4453
(1417), Buenos Aires, Argentina.

INTRODUCCION

El nitrógeno es uno de los elementos minerales que más limitan la producción agropécuaria, por lo que se han realizado gran cantidad de experimentos para estudiar el efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de los cultivos y evaluar la eficiencia de utilización del nutriente. Este último aspecto resulta hoy en día de fundamental importancia debido al alto costo que tienen los fertilizantes con relación al valor de los productos agrarios.

Las determinaciones del grado de aprovechamiento del nitrógeno incorporado al suelo se han realizado por varios métodos, siendo los más usados el método diferencial y el método isotópico que emplea ^{15}N (Terman y Brown, 1968). El primero se basa en suponer que plantas fertilizadas absorben del suelo la misma cantidad de nitrógeno que plantas que no han recibido fertilizante. El nitrógeno derivado de éste se calcula como la diferencia entre los contenidos de nitrógeno de ambos tratamientos. Sin embargo, se ha demostrado que las plantas fertilizadas pueden absorber más nitrógeno del suelo que las plantas testigo debido al mayor desarrollo radical inducido a veces por la fertilización (Aleksic *et al.*, 1968; Monen Balba *et al.*, 1972 y Yoshida *et al.*, 1977).

La metodología del ^{15}N permitiría conocer con mayor certeza la fracción del nitrógeno en la planta que deriva del fertilizante, basándose su utilización en el supuesto que no se produce intercambio isotópico

entre el nitrógeno del fertilizante y el del suelo. Esta condición no siempre se cumple ya que se ha observado que el suelo, en determinados casos, inmoviliza el nitrógeno agregado y libera en su lugar nitrógeno edáfico (Tyler y Broadbent, 1958; Nómik, 1961 y Broadbent, 1965).

El objeto de esta comunicación es determinar los efectos de los procesos de inmovilización y mineralización en el suelo sobre la determinación isotópica del grado de utilización de un fertilizante nitrogenado por un cultivo de maíz bajo riego, en un suelo típico del núcleo argentino.

MATERIALES Y METODOS

El ensayo, que comprendió un tratamiento testigo y otro fertilizado con 100 kg/ha de nitrógeno como KNO_3 , se realizó bajo riego en un Argiudol típico de la serie Rojas. Sus principales características y los métodos de análisis de nitrógeno total y ^{15}N en planta han sido descritos anteriormente (Lemcoff *et al.*, 1984 y Daniel *et al.*, 1984).

El contenido de fósforo en el material vegetal se determinó por calcinación y posterior colorimetría con vanadato de amonio (Jackson, 1960). El de azufre por combustión con nitrato de magnesio y análisis turbidimétrico (A. O. A. C., 1975).

La cantidad de nitrógeno en el suelo disponible para la planta se determinó mediante el cálculo del valor A (Fried y Dean, 1952). Debido a que la fertilización

(1) Centro de Radiobiología, LAQUIGE (CONICET), (2) Cátedra de Fisiología Vegetal y Fitogeografía PROSAG (CONICET), (3) Cátedra de Fertilidad y Fertilizantes.

se realizó en el estado de cuatro hojas, para corregir el efecto de dilución del nitrógeno derivado del fertilizante por parte del que se encontraba presente en la planta en el momento de la fertilización se utilizó además de la ecuación tradicional la siguiente expresión:

$$A = N \left(\frac{1-x}{x} \right)$$

donde:

N = dosis de nitrógeno (100 kg/ha)
 x = fracción estimada del nitrógeno en la planta derivada del fertilizante.

Para el cálculo de x se utilizó la siguiente ecuación:

$$x = \frac{N_m \cdot ab_m - N_c \cdot 0,366}{N_m - N_c} - 0,366$$

% át. exc. ^{15}N del fert.

donde:

N_m = masa de nitrógeno/planta en el momento de muestreo
 N_c = masa de nitrógeno/planta en el estado de 4 hojas
 ab_m = abundancia de ^{15}N en la planta en el momento del muestreo.
 0,366 = abundancia natural de ^{15}N .

Las muestras de suelo se tomaron en el entresurco a aproximadamente 0,20 m de la hilera. Se las transportó inmediatamente al laboratorio y fueron conservadas a -15°C . En el momento de realizar los análisis fueron descongeladas, homogeneizadas a mano y tamizadas a través de una malla de 4 mm. La extracción de nitrógeno soluble se realizó con KCl 1 N con una relación suelo/solución de 1:5 agitando durante 1 hora. Los extractos fueron centrifugados y destilados, previa alcalinización y reducción de nitritos y nitratos a amonio con aleación Devarda (Bremner, 1965).

El contenido de carbono en la biomasa microbiana se determinó por la técnica de la fumigación con cloroformo (Jenkinson y Powlson, 1978), utilizándose un factor $k_c = 0,45$ para la transformación del carbono medido por respiración a carbono de biomasa (Oades y Jenkinson, 1979). Como medida de la actividad biológica del suelo se tomó la respiración del suelo no

fumigado durante el período de 0 a 20 días de incubación. Se realizó una estimación del nitrógeno en la biomasa microbiana midiendo a los 10 días de incubación la diferencia entre el nitrógeno mineralizado por el suelo fumigado y el testigo. Los análisis se realizaron según la metodología descripta para nitrógeno soluble, aplicándose la siguiente ecuación:

$$N_b = \frac{N_F - N_{NF}}{k_n}$$

donde:

N_b = contenido de nitrógeno en la biomasa microbiana
 N_F = nitrógeno soluble presente en el suelo fumigado a los 10 días de incubación
 N_{NF} = nitrógeno soluble presente en el suelo no fumigado a los 10 días de incubación
 k_n = factor de mineralización del nitrógeno de la biomasa calculado por el procedimiento de Voroney y Paul (1984)

Para la determinación de ^{15}N en los destilados de nitrógeno soluble y nitrógeno mineralizado se utilizó el mismo procedimiento que para las muestras vegetales.

La fracción de nitrógeno de la biomasa proveniente del fertilizante se calculó en base a la siguiente expresión:

$$\frac{N_F \cdot \text{át. exc. } ^{15}\text{N}_F - N_{NF} \cdot \text{át. exc. } ^{15}\text{N}_{NF}}{N_F - N_{NF}}$$

$$f\text{NddF}_b = \frac{\text{át. exc. } ^{15}\text{N del fert.}}{N_F - N_{NF}}$$

donde:

$f\text{NddF}_b$ = fracción de nitrógeno en la biomasa microbiana derivada del fertilizante
 át. exc. $^{15}\text{N}_F$ = átomos en exceso de ^{15}N en el nitrógeno presente en el suelo fumigado a los 10 días de incubación
 át. exc. $^{15}\text{N}_{NF}$ = átomos en exceso de ^{15}N en el nitrógeno presente en el suelo no fumigado a los 10 días de incubación

RESULTADOS Y DISCUSION

La fertilización determinó un aumento en el rendimiento en grano y en el contenido de nitrógeno de las distintas partes de la planta, sin que hubiese diferencias significativas entre el peso seco de los órganos vegetativos aéreos del tratamiento fertilizado y del testigo (Lemcoff *et al*, 1984).

El máximo ritmo aparente de absorción de nitrógeno del cultivo se produjo durante la floración, siendo el aporte del fertilizante, evaluado por la abundancia de ^{15}N en la planta, mayor durante la etapa vegetativa pocos días después de la aplicación, disminuyendo su importancia relativa como fuente de nitrógeno en la medida que avanzaba el ciclo del maíz (Figura 1). Este hecho se debió al empobrecimiento en ^{15}N que ocurrió en la solución del suelo con el transcurso del tiempo. El porcentaje del nitrógeno derivado del fertilizante, entre 0 y 0,3 m de profundidad, disminuyó a 58 a los 15 días de la emergencia y a 18 a los 75 días, aumentando así la fracción del nutriente absorbido de origen edáfico y por lo tanto el valor A (Figura 2).

Durante la primera parte del ciclo de desarrollo del cultivo, los valores del grado de aprovechamiento del fertilizante estimados por el método isotópico y por el método diferencial, fueron similares. Hacia la madurez del cultivo, en cambio, la metodología diferencial indicó una recuperación del fertilizante 80% superior a la técnica del ^{15}N (Figura 3). Esta aparente mayor recuperación ha sido observada por varios investigadores (Tyler y Broadbent, 1958; Nõmmik, 1961; Westerman y Kurtz, 1974; Yoshida y Padre, 1977 y Relchi *et al*, 1982), los que sugieren dos posibles causas para explicar este comportamiento. La primera de ellas es que el mayor desarrollo radical inducido por la fertilización produce una mayor absorción del nitrógeno del suelo con respecto al testigo y por lo tanto una sobreestimación de la recuperación del fertilizante por la vía diferencial. La segunda considera que existe un intercambio entre el nitrógeno del fertilizante y el del suelo, el cual determina que se produce la inmovilización de una fracción del ^{15}N y la consiguiente liberación de ^{14}N de origen edáfico, lo que a su vez lleva a subestimar el aprovechamiento del fertilizante por la técnica isotópica.

En este ensayo, si bien no se evaluó el compartimiento raíces, no existen evidencias que permitan afirmar que la fertilización haya inducido un mayor

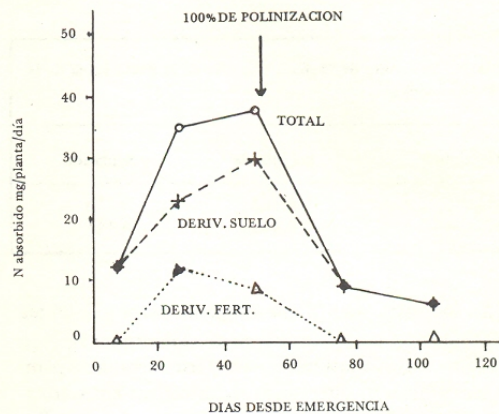


Figura 1. Ritmo de absorción de nitrógeno por la planta.

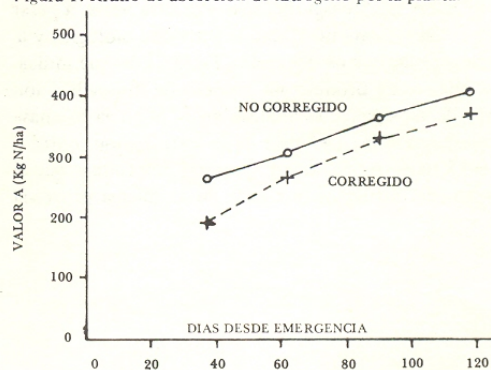


Figura 2. Nitrogeno disponible en el suelo a través del ciclo del cultivo, determinado por el valor A.

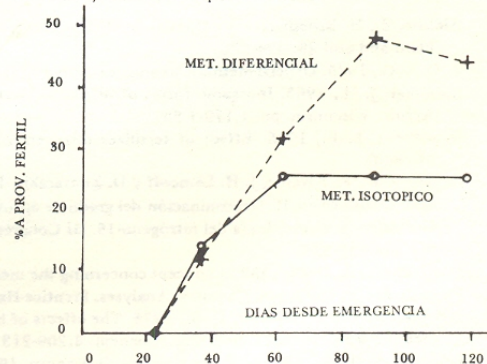


Figura 3. Aprovechamiento del fertilizante por la planta a través del ciclo del cultivo.

desarrollo radical. Por el contrario, al ser semejante la producción de biomasa de los órganos vegetativos aéreos de las plantas fertilizadas y del testigo y al no ha-

Tabla 1: Contenido de fósforo y azufre de la parte aérea de la planta a cosecha.

Tratamiento	g P/planta	g S/planta
Testigo	0,463	0,133
Fertilizado	0,474	0,146

Tabla 2: Actividad biológica y biomasa microbiana a los 47 días de la fertilización de 0 a 0,5 m de profundidad.

Tratamiento	Respiración $\mu\text{g C-CO}_2/\text{g s.}$	C-biomasa $\mu\text{g C/g s.}$	N-biomasa $\mu\text{g N/g s.}$
Testigo	145	470	40,8
Fertilizado	155	441	42,4

berse incrementado la absorción de otros nutrientes relativamente poco móviles en el suelo como fósforo y azufre, cuyas cantidades en la parte aérea de la planta no exhibieron diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 1), se puede suponer que el desarrollo, si lo hubo, no fue significativo. Por otra parte, a pesar que el fertilizante no afectó la actividad biológica y la biomasa microbiana del suelo (Tabla 2), lo que indicaría que no se produjo un proceso de inmovilización neta de nitrógeno, el análisis de ^{15}N en la biomasa microbiana a los 147 días de la fertilización, entre 0 y 0,15 m de profundidad, permitió determinar que el 24,8% del nitrógeno presente en la misma provenía

del fertilizante. Este hecho sugiere que hubo un intercambio entre el nitrógeno del fertilizante y el contenido en la biomasa microbiana, que determinó una subestimación del grado de aprovechamiento de este nutriente al utilizar la metodología isotópica.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos al Ing. Agr. Héctor Pieters, del establecimiento Santa Elena, su valiosa colaboración en las tareas de campo.

REFERENCIAS

- Aleksic, Z., H. Broeshart y V. Middleboe, 1968. The effects of nitrogen fertilization on the release of soil nitrogen. *Plant and Soil* 29: 474-478.
- A. O. A. C., 1975. Official methods of analysis of the A. O. A. C. George Banta Company, Inc. Wisconsin. pp. 34-56.
- Bremner, J. H., 1965. Inorganic forms of nitrogen. *Methods of Soil Analysis*, Vol. 2, C. A. Black Ed., Amer. Soc. Agron., Wisconsin. pp. 1.179-1.237.
- Broadbent, F. E., 1965. Effect of fertilizer nitrogen on the release of soil nitrogen. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 29: 692-696.
- Daniel, P. E., R. Alvarez, J. H. Lemcoff y D. Zourarakis, 1984. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre maíz cultivado bajo riego. II. Determinación del grado de aprovechamiento del fertilizante y de su distribución en la planta usando la metodología del nitrógeno-15. III Congreso Nacional de Maíz, Pergamino, Argentina, 6-9 de noviembre, pp. 233-237.
- Fried, M. y L. A. Dean, 1952. A concept concerning the measurement of available soil nutrient. *Soil Sci.* 73: 263-271.
- Jackson, M. L., 1960. *Soil Chemical Analyses*. Prentice-Hall Inc. N. J. pp. 326-338.
- Jenkinson, D. S. y Powlson, D. S., 1976. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. V. A method for measuring soil biomass. *Soil Biol. Biochem.* 8:209-213.
- Lemcoff, J. H., R. Alvarez, P. E. Daniel y D. Canova, 1984. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre maíz cultivado bajo riego. I. Producción de materia seca y contenido de nitrógeno de la planta. *Actas III Congreso Nacional de Maíz, Pergamino, Argentina*, 6-9 de noviembre, pp. 220-232.
- Monen Balba, A., H. M. Hassan y F. M. Mady, 1972. Effect of time of nitrogen application on its absorption by wheat from soil and labelled ammonium sulphate. *Plant and Soil* 37: 27-31.
- Nömmik, H., 1961. Effect of the addition of organic materials and lime on the yield and nitrogen nutrition of oats. *Acta Agric. Scand.* 11:211-226.

- Oades, J. M. y A. S. Jenkinson, 1979. Adenosine triphosphate content of the soil biomass. *Soil Biol. Biochem.* 11: 201-204.
- Reich, R. S., O. P. Meelu y R. K. Gupta, 1982. Lysimeter studies on recovery of ^{15}N -labelled urea in wetland rice. *Plant and Soil* 66: 57-67.
- Terman, G. L. y M. A. Brown, 1968. Crop recovery of applied fertilizer nitrogen. *Plant and Soil* 29: 48-65.
- Tyler, K. B. y F. E. Broadbent, 1958. Nitrogen uptake by ryegrass from three tagged ammonium fertilizers. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 22: 231-234.
- Voroney, R. P. y E. A. Paul, 1984. Determination of k_c and k_n in situ for calibration of the chloroform fumigation-incubation method. *Soil Biol. Biochem.* 16: 9-14.
- Westerman, R. L. y L. T. Kurtz, 1974. Isotopic and nonisotopic estimation of fertilizer nitrogen uptake by sudan-grass in field experiments. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 38: 107-109.
- Yoshida, T. y B. C. Padre, 1977. Transformation of soil and fertilizer nitrogen in paddy soil their availability to rice plants. *Plant and Soil* 47: 113-123.