

## ESTUDIO CON TRAZADOR SOBRE LA DISPONIBILIDAD DEL NITROGENO RESIDUAL

M. A. Lazzari\*, G. C. Laurent\* y R. L. Victoria\*\*

\* *Laboratorio de Humus y Biodinámica del Suelo, LAHBIS. Universidad Nacional del Sur. 8000. Bahía Blanca. Argentina.*

\*\* *Centro de Energía Nuclear en Agricultura, CENA. Universidad de San Pablo. 13400. Piracicaba. Brasil.*

### RESUMEN

El propósito de este estudio fue obtener información sobre la disponibilidad del  $^{15}\text{N}$  del fertilizante remanente en el suelo después de dos cosechas de trigo (*Triticum aestivum*) fertilizado y su utilización por un cultivo posterior de trigo, en la región semiárida del sur de la Provincia de Buenos Aires.

Las partes cosechadas del cultivo removieron 1.51% del N marcado originalmente adicionado, lo que fue igual a 6.35% del  $^{15}\text{N}$  del fertilizante residual en el suelo antes del período vegetativo. Aunque el N del fertilizante residual ha sido aparentemente inmovilizado en la materia orgánica del suelo, pudo aún ser utilizado por un cultivo posterior en una proporción mayor que el N nativo del suelo.

Palabras clave:  $^{15}\text{N}$  residual, trigo.

### SUMMARY

#### A TRACER STUDY OF RESIDUAL NITROGEN AVAILABILITY

The purpose of the present study was to obtain information on plant availability of  $^{15}\text{N}$ -tagged fertilizer remaining in the soil following two fertilized wheat (*Triticum aestivum*) harvests and its utilization by a next unfertilized wheat crop, in the semiarid region of the Buenos Aires Province.

The plant tops removed 1.51% of  $^{15}\text{N}$ -labelled fertilizer originally applied and was equal to 6.35% of that residual fertilizer  $^{15}\text{N}$  in the soil before crop growth season. Although the residual N had apparently been immobilized into the soil organic matter, it was still utilized by a next crop at a greater rate than the native soil N.

Key words: Residual  $^{15}\text{N}$ , wheat.

### INTRODUCCION

En regiones semiáridas, donde es importante conocer si el N del fertilizante residual puede proporcionar N disponible para cultivos subsiguientes. La fertilización nitrogenada

Este trabajo ha sido financiado por la CIC de Buenos Aires (Resol. 007285).

implica un insumo que puede alcanzar un 25% del costo de la producción de trigo en áreas marginales. Las evidencias experimentales muestran informaciones contradictorias con respecto al efecto residual del N en regiones semiáridas. Westerman y Tucker (1978), Fredrikson *et al.* (1982), no encontraron que el cultivo recuperara N residual, mientras que otros investigadores observaron una recuperación considerable (Carter *et al.*, 1967; Feigenbaum *et al.*, 1984).

El propósito de esta experiencia, que es parte de un trabajo completo

de tres años con trazador, es obtener información sobre la utilización del  $^{15}\text{N}$  del fertilizante remanente en el suelo después de dos cosechas de trigo fertilizado. La base de la experiencia que aquí nos ocupa se detalla en publicaciones previas (Laurent y Lazzari, 1900; Lazzari *et al.*, 1991). En esos estudios, se adicionó al suelo de los lisímetros un tercio del fertilizante  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  con alto enriquecimiento de  $^{15}\text{N}$  (10.25% exc. át.) con la intención de evaluar subsecuentemente su efecto residual sobre un cultivo posterior de trigo.

## MATERIALES Y METODOS

Las técnicas usadas en esta experiencia, así como el tipo de suelo, el diseño experimental, las operaciones de siembra y muestras de plantas y suelo, y los procedimientos analíticos y estadísticos son los mismos a aquellos descritos en las publicaciones previas (Laurent y Lazzari, 1991 y Lazzari *et al.*, 1991). Así, sólo se presentará aquí la información pertinente a esta experiencia que ha sido previamente detallada.

Tal como se realizó en 1983 y 1984, en junio de 1985 se sembró trigo (*Triticum aestivum*, cv. Buck Pucará) en los lisímetros (0.36 m<sup>2</sup> de superficie) que contenían suelo Haplustol típico ya marcado con  $^{15}\text{N}$  de las aplicaciones de los dos años anteriores y analizado para N total y N del fertilizante marcado. Se adicionó a estos análisis, la deter-

minación del N mineral, total y del fertilizante marcado, en las diferentes capas del suelo de los lisímetros. El N mineral ( $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- + \text{NH}_4^+$ ) fue extraído de submuestras de suelo con 2M KCl y luego destilado con MgO-aleación Devarda (Keeney y Nelson, 1982). Los destilados fueron acidificados, evaporizados y analizados para la relación  $^{14}\text{N}/^{15}\text{N}$  por espectrometría de masa.

Como se indicó en la publicación previa (Lazzari *et al.*, 1991) todos los lisímetros resultaron con cantidades de  $^{15}\text{N}$  remanentes en el perfil que no diferirían significativamente ( $P < 0.05$ ). Por ello, en este estudio se considerará a todos los lisímetros (seis) como réplicas de un mismo tratamiento: trigo en suelo con  $^{15}\text{N}$  residual (sin fertilización nitrogenada).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### *Suelo antes de la siembra de trigo*

El N marcado en las capas subsuperficiales resultó ser menos del 12% del total remanente en el suelo. La permanencia del fertilizante en los primeros 20 cm indudablemente fue ocasionada por la gran tasa de inmovilización del N en la fracción orgánica del suelo. Este N inmovilizado puede ser asimilado por las plantas si no está totalmente transformado a formas muy estables de N. De acuerdo a lo presentado en la Tabla 1, 1.44% del  $^{15}\text{N}$  del fertilizante residual ha quedado en la capa superficial de suelo en forma de N mineral, el cual es directamente asimilable por las plantas. También de la Tabla 1 se puede calcular que el N mineral representa el 1.22% del N total en la capa superficial de suelo. Esto podría indicar que el N residual estaría más disponible que el del suelo y por lo tanto podría seguir siendo utilizado por los cultivos en una proporción quizás algo mayor que el N nativo del suelo.

### *Cultivo de trigo*

En la primera publicación de esta serie (Laurent y Lazzari, 1991) del análisis de los % Nddf de las diferentes partes de las plantas de trigo entre antesis y madurez, surgió que el  $^{15}\text{N}$  residual fue utilizado por el cultivo y distribuido uniformemente junto con el resto del N absorbido. Además, el N residual (marcado y no marcado) provocó un aumento significativo ( $P < 0.05$ ) en la materia seca y N del grano. Corresponde ahora cuantificar esa absorción.

El  $^{15}\text{N}$  residual recuperado por el cultivo durante el desarrollo de las plantas está sumariado en la fig. 1. El contenido de N marcado en el conjunto hojas-tallos mostró un incremento (en mg/3 pl.) hasta el estadio de hoja bandera justo visible y luego una declinación hasta madurez. Por el contrario, el contenido de  $^{15}\text{N}$  en la espiga se vió incrementado desde antesis hasta madurez, debido al incremento del N del grano.

En la Tabla 2 se puede observar

TABLA 1

*Nitrógeno en el suelo (g por lisímetros\*), total y del fertilizante marcado residual, antes del ciclo de trigo 1985.*

Profundidad cm	N total	N fert. marcado	N mineral total	N mineral fert. marcado
0 - 20	124.5	0.765	1.52	0.011
20 - 40	93.4	0.048	1.48	nd
40 - 55	62.2	0.041	0.79	nd
Total	280.1	0.854	2.97	—

Los datos son media de seis lisímetros.

\* 0.36 m<sup>2</sup> de superficie.

nd: no detectable.

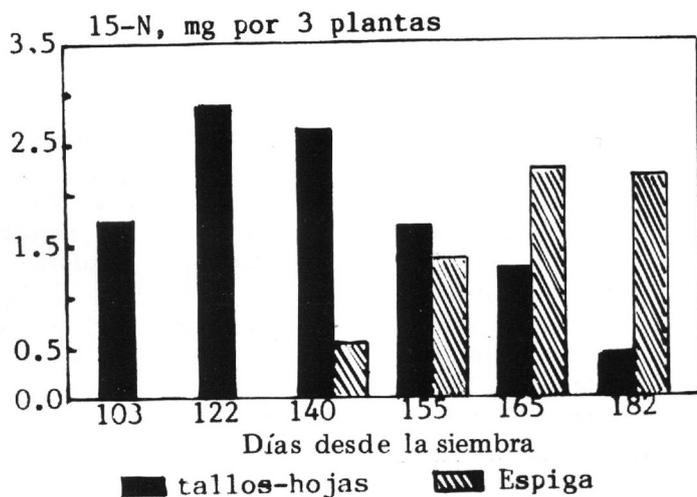


FIG. 1.— Contenido de  $^{15}\text{N}$  del fertilizante residual de las plantas de trigo, durante el ciclo 1985.

que el  $^{15}\text{N}$  residual recuperado por las plantas maduras de trigo representa 1.51% del N marcado total, originalmente adicionado, el cual se acumuló principalmente en los granos.

Según Jansson (1963), la proporción de movilización neta se define como el porcentaje de N residual del fertilizante marcado que es removido

por las partes cosechadas del cultivo en relación al  $^{15}\text{N}$  del fertilizante residual remanente en el suelo antes del período vegetativo del mismo. Se obtuvo así el valor de 6.35% de mortización neta (Tabla 2). Sin embargo, sería más apropiado utilizar la proporción de mineralización neta que incluye el N contenido también en

TABLA 2

Contenido de nitrógeno (mg por área cosechada), total y del fertilizante residual marcado, de las plantas de trigo maduras.

Parte de la planta	N total	N fert. marcado	N fert. * %	N fert.** %
Grano . . . . .	1.870	45.6	1.27	5.33
Paja . . . . .	410	8.7	0.24	1.02
Total. . . . .	2.280	54.3	1.51	6.35

Los datos son media de 6 lisímetros.

\* 3.6 g  $^{15}\text{N}$  Lis. $^{-1}$ ; 100% N.

\*\* 0.854 g  $^{15}\text{N}$  Lis. $^{-1}$ : 100% N (Tabla 1).

TABLA 3

*Nitrógeno absorbido (mg por área cosechada) por la parte aérea de las plantas de trigo.*

N Total	N Suelo	N fert.	N fert. %	N suelo* %
2.280	2.117	163	6.35	0.76

Los datos son media de 6 lisímetros.

\* 280.1 g N Lis<sup>-1</sup>: 100 %N (Tabla 1).

las raíces. Las mismas fueron extraídas de los lisímetros en forma no cuantitativa. Según Sanmanechai *et al.*, (1984), las raíces de trigo absorberían un 15% del N recuperado por la parte aérea de la planta. Se puede estimar así que el <sup>15</sup>N residual removido por las plantas enteras asciende a 62 mg por lisímetro (se utilizó un % , Nddf de 2.22%, valor promedio). Como consecuencia, se obtuvo el nuevo valor de 7.25% que representaría la proporción de mineralización neta del N orgánico marcado durante todo el período de desarrollo del cultivo de trigo (Nannipieri *et al.*, 1985). Como ha sido establecido por Jansson (1963), la mineralización neta es relativamente constante después que el N ha sido transformado a formas orgánicas.

La baja disponibilidad del <sup>15</sup>N del

fertilizante residual sería atribuida primariamente a la resistencia que presentan las formas orgánicas de N, a las cuales ha sido incorporado el fertilizante, al ataque biológico. Sin embargo, pudo ser utilizado por un cultivo posterior de trigo en una proporción mayor al N nativo del suelo. Así es que la parte aérea de las plantas de trigo acumularon 6.35% del N residual presente en el suelo al inicio del ciclo vegetativo del cultivo. En cambio, el N nativo del suelo fue removido por las plantas en una proporción que, según la Tabla 3, se estimó en 0.75% del presente en el perfil del suelo (0-55 cm de profundidad). Esto coincide con lo experimentado por otros investigadores (Broadbent y Nakashima, 1968; Westerman y Kurtz, 1972) y con lo sugerido al comienzo de esta discusión.

## CONCLUSIONES

Se trató de caracterizar la disponibilidad del <sup>15</sup>N del fertilizante residual mediante la movilización y mineralización neta de ese N, durante un cultivo de trigo no fertilizado. Así se obtuvieron los valores de 6.35% y

7.25% para la movilización y mineralización neta, respectivamente. Esta baja disponibilidad del N residual no deja de ser importante en cuanto se tenga en cuenta que provocó un aumento significativo en la materia

seca y nitrógeno del trigo (Laurent y Lazzari, 1991).

Se pudo notar también que, aunque el N del fertilizante residual en el suelo al final de dos cultivos consecutivos de trigo fertilizado fue apa-

rentemente casi totalmente inmovilizado en la materia orgánica del suelo, pudo aún ser utilizado por un cultivo posterior en una proporción mayor al N nativo del suelo.

## BIBLIOGRAFIA

- BROADBENT, F. E. and NAKASHIMA, T., 1968. Plant uptake and residual value of six tagged nitrogen fertilizers. *Soil Sci. Am. Proc.*, 32: 388-392.
- CARTER, J. N., BENNET, O. L. and PEARSON, R. W., 1967. Recovery of fertilizer nitrogen under field conditions using nitrogen-15. *Soil Sci. Am. Proc.*, 31: 50-56.
- FEIGENBAUM, S., SELIGMAN, N. G. and BENJAMIN, R. W., 1984. Fate of Nitrogen-15 applied to spring wheat grown for three consecutive years in a semiarid region. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 48: 838-843.
- FREDRICKSON, J. K., KOEHLER, F. E. and CHENG, H. H., 1982. Availability of <sup>15</sup>N-labelled nitrogen in fertilizer and wheat straw to wheat in tilled and no-till soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 46: 1218-1222.
- JANSSON, S. L., 1963. Balance sheet and residual effects of fertilizer nitrogen in a 6-years study with N-15. *Soil Sci.*, 95: 31-37.
- KEENEY, D. R. and NELSON, D. W., 1982. Nitrogen inorganic forms. In: Page et al. (Eds), 2nd Edition. Part 2. *Agronomy* 9: 643-698. Am. Soc. Agron. Inc., Madison, Wis., USA.
- LAURENT, G. C. y LAZZARI, M. A., 1991. Respuesta del trigo a las aplicaciones parciales de nitrógeno, cultivado durante tres años bajo condiciones semiáridas. *Suelo y Planta*. 1: 165-177.
- LAZZARI, M. A., LAURENT, G. C. y VICTORIA, R. L., 1991. Destino del <sup>15</sup>N del fertilizante aplicado al trigo durante dos años consecutivos, en una región semiárida. *Suelo y Planta*. 1: 179-188.
- NANNIPIERI, P., CIARDI, C. and PALAZZI, T., 1985. Plant uptake, microbial immobilization and residual soil fertilizer of urea-nitrogen in a grass-legume association. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 49: 452-457.
- SANMANECHAI, M., KOHELER, F. E. and ROBERTS, S., 1984. Nitrogen fertilization practices for sequential cropping of wheat, turnips, and sweet corn. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 48: 81-86.
- WESTERMAN, R. L. and TUCKER, T. C., 1978. Denitrification in desert soils. 75 - 106. In: West N and Shujins J. (Eds.). *Nitrogen in desert ecosystems*. Dowden, Hutchinson and Ross, Inc., Stroudsburg, PA.
- WESTERMAN, R. L. and KURTZ, L. T., 1972. Residual effects of <sup>15</sup>N-labelled fertilizers in field study. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 36: 91-94.

*Recibido: 17-5-90.*  
*Aceptado: 12-12-90.*