

DISTRIBUCION DE FERTILIZANTES MARCADOS CON ¹⁵N EN LA ROTACION AJO-MOHA

María A. Lázzari y R.A. Rosell (1)

Recibido: 24-9-85

Aceptado: 4-8-86

RESUMEN

Se estudió la dinámica y el balance del nitrógeno adicionado, en forma de sulfato de amonio y urea marcados con ¹⁵N, a un suelo Haplustol típico colocado en lisímetros bajo la rotación anual ajo (*Allium sativum* L.)-moha de Hungría (*Setaria italica*) durante tres años. Los fertilizantes fueron aplicados anualmente al cultivo de ajo, en una proporción de aproximadamente 20 g N (adicionado ó adicionado más residual) m⁻². Se evaluó anualmente la recuperación de nitrógeno por ambos cultivos, el nitrógeno remanente en el suelo al final de cada rotación y su lixiviación a través del agua de percolación. Se estimaron por diferencia las pérdidas de nitrógeno por desnitrificación y/o volatilización.

Los resultados obtenidos indican que la absorción por parte de los dos cultivos del nitrógeno aplicado, fue del orden del 40 por ciento, correspondiéndole alrededor de dos tercios al ajo. Un 32-45% permaneció en el suelo después de cada rotación y el porcentaje restante se perdió por desnitrificación y/o volatilización del amoníaco. Las pérdidas de nitrógeno por lavado fueron despreciables.

DISTRIBUTION OF ¹⁵N -LABELED FERTILIZERS IN A GARLIC- MILLET ROTATION

SUMMARY

A three- year nitrogen balance in an annual rotation of garlic (*Allium sativum* L.) and foxtail millet (*Setaria italica*) of labeled urea and ammonium sulfate in a typical Haplustol soil in lysimeters was studied. The fertilizers were applied yearly at a rate of ca. 20 g N (added or added plus residual) m⁻². Nitrogen recovery of both crops, nitrogen remaining in the soil and losses by leaching were evaluated. Losses by denitrification and/or ammonium volatilization were estimated by difference.

The results showed a fertilizer nitrogen recovery of about 40 percent by the two crops, with garlic absorbing approximately two thirds of the total recovery. Thirty two to forty five percent of fertilizer nitrogen remained in the soil at the end of each rotation; the rest (approximately 15 percent) was not accounted for or lost by denitrification and/or ammonium volatilization. The losses by leaching were negligible.

(1) Laboratorio de Humus y Biodinámica del Suelo. CERZOS (UNS-CONICET)
8000 - Bahía Blanca, Argentina

INTRODUCCION

Durante los últimos años se ha incrementado la aplicación de las técnicas que utilizan el isótopo estable ^{15}N en investigaciones agrícolas con miras a conocer el uso eficiente del nitrógeno de los fertilizantes. En un estudio previo (Lázzari et al., 1984) se evaluó la absorción de fertilizantes nitrogenados en una rotación ajo--moha durante tres años consecutivos, en un suelo Haplustol típico de la región de Bahía Blanca.

El balance de nitrógeno en el sistema agua-suelo-planta ha requerido el empleo de fertilizantes marcados con ^{15}N (Chichester y Smith, 1978). La mayoría de las investigaciones se han llevado a cabo en laboratorio o invernáculos (Pomares García y Pratt, 1978). Se registra un bajo número de ellas en lisímetros, en condiciones de campo, medio en el cual se obtiene una estimación más real de las transformaciones naturales del nitrógeno (Hauck, 1971).

Este trabajo estudia la distribución del nitrógeno de los fertilizantes, aplicado a una rotación ajo (*Allium sativum*) --moha de Hungría (*Setaria italica*), en lisímetros automáticos de pesada diferencial. El objetivo fue complementar el estudio anterior y obtener un balance del nitrógeno de los fertilizantes en el sistema de cultivo mencionado.

MATERIALES Y METODOS

La descripción del clima del área, el sitio de muestreo y el perfil del suelo ha sido publicada previamente (Lázzari et al., 1978 y 1984). Se utilizaron lisímetros automáticos de pesada diferencial cuya descripción se realizó anteriormente (Donnari et al., 1978). La complejidad y el costo del equipamiento empleado (lisímetros y fertilizante marcado con ^{15}N no permitió realizar repeticiones, situación

que se compensó efectuando la experiencia durante tres años consecutivos (Olson y Swallow, 1984).

Se empleó semilla seleccionada de ajo, cultivar Colorado y semilla de moha de Hungría, cultivar Gigante. Las prácticas culturales a que se sometieron el suelo y los cultivos, la aplicación de fertilizantes marcados con ^{15}N y la distribución de lluvia y riegos mensuales efectuadas a ambos cultivos se presentaron previamente (Lázzari et al., 1984). Uno de los lisímetros fue fertilizado los tres años, durante el ciclo del ajo, con $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. El otro lisímetro fue fertilizado con $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$.

Las muestras de suelo, cada 20 cm hasta una profundidad de 100 cm fueron tomadas inmediatamente después de la cosecha de los cultivos, secadas al aire, tamizadas y almacenadas en recipientes de plástico.

Las plantas de ajo se cosecharon con sus raíces y se secaron al aire y a la sombra. La moha se cosechó cortando las plantas al ras de la superficie; se secó a 60°C, se pesó y molió (< 40 msh). La moha de la segunda rotación requirió una resiembra (8 de febrero de 1980) debiéndose cosechar cuando el grano estaba aún pastoso.

Antes de la primera aplicación de los fertilizantes, se extrajeron las tapas a rosca de los lisímetros (1,30m de profundidad) evacuándose el agua de drenaje. Posteriormente, se realizó el mismo procedimiento al cosechar los cultivos y después de lluvias importantes, midiéndose cuantitativamente la cantidad drenada y guardando una alícuota en refrigerador.

El N total en muestras de suelo y material vegetal fue determinado por el método macro Kjeldahl para incluir nitratos (Bremner, 1965 a). Los destilados de las muestras anteriores se acidificaron con 0,01 N HCl, se llevaron a sequedad, se redisolviéron en 5 ml de agua destilada y se mantuvieron en refrigerador hasta el análisis isotópico. La relación $^{14}\text{N}/^{15}\text{N}$ fue determinada, previa

oxidación a N_2 con hipobromito de sodio (Fiedler y Proksh, 1975), por espectrometría de emisión con equipo Q24-Zeiss Jena (Sommer y Kick, 1965).

El $N-NO_3^-$ de las muestras de agua de percolación fue obtenido potenciométricamente con electrodo específico de ión nitrato ORION y potenciómetro ORION 801 (Mahendrappa, 1968). El $N-NH_4^+$ fue obtenido por destilación con arrastre de vapor (Bremner, 1965 b). Para el análisis de la relación isotópica al $N-NO_3^-$ fue reducido a $N-NH_4^+$ con aleación Devarda, titulándose el destilado con 0,1 N NaOH. Este fue luego acidificado, evaporado y retomado con 5 ml de agua destilada y sometido finalmente al análisis isotópico en forma similar al descripto.

Los porcentajes de recuperación del nitrógeno de los fertilizantes se estimaron aplicando la fórmula (Hauck y Bremner, 1976):

$$\text{Recuperación, \%} = \frac{100 P(c-b)}{f(a-b)}$$

donde,

$P = N$ total ($g\ m^{-2}$) en material vegetal,

$f = N$ total ($g\ m^{-2}$) en fertilizante aplicado, y

a, b y $c = \%$ de átomos de ^{15}N fertilizante, suelo y material vegetal, respectivamente.

Para la segunda y tercera rotación, en las cuales el fertilizante agregado se incorporó a aquel remanente en el suelo proveniente de la fertilización anterior, el valor "a" de la fórmula de arriba surgió de aplicar la siguiente ecuación:

$$a = \frac{T \cdot A_0 + D \cdot A_1}{T + D}$$

donde,

T y $A_0 =$ peso y $\%$ de átomos de ^{15}N del nitrógeno en el suelo, respectivamente, y

D y $A_1 =$ peso y $\%$ de átomos de ^{15}N en fertilizante adicionado.

Para ellos se consideró que existió una mezcla entre el nitrógeno adicionado y aquel remanente en el suelo e incorporado lábilmente en la materia

orgánica a partir de la fertilización previa, siendo ambos disponibles para las plantas (Westerman y Kurtz, 1972; Sala Feigenbaum et al., 1984).

El nitrógeno del fertilizante remanente en cada capa de suelo, después de cosechar los ajos y aquel residual después de cada rotación, se calculó con la siguiente ecuación (Hauck y Bremner, 1976).

$$x = \frac{S(c-b)}{a}$$

donde,

$x =$ cantidad ($g\ m^{-2}$) de fertilizante en suelo,

$s = N$ total ($g\ m^{-2}$) en el suelo,

$a = \%$ de átomos de ^{15}N en exceso, en fertilizante, y

b y $c = \%$ de átomos de ^{15}N en el estándar y suelo, respectivamente.

Esta misma fórmula se utilizó para calcular la pérdida de nitrógeno del fertilizante en el agua de percolación de los lisímetros.

El nitrógeno total recuperado es la suma del nitrógeno absorbido por el ajo, más el absorbido por la moha, más el residual en el suelo. El nitrógeno no recuperado se obtuvo por diferencia entre el adicionado, o residual más adicionado, y total recuperado después de cada rotación.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el cuadro N° 1 (a y b) se presentan los balances del nitrógeno aplicado en forma de sulfato de amonio y urea, respectivamente, en la rotación ajo-moha durante tres años.

Después de la primera aplicación de los fertilizantes marcados sólo se pudo extraer agua de percolación de los lisímetros en tres oportunidades durante el ciclo del ajo. En ese período las pérdidas de nitrógeno de los fertilizantes en el agua percolada fueron despreciables (menores de $0,004g\ N\ m^{-2}$). Sembrada la moha por primera vez (diciembre de 1978) no se observaron más pérdidas de agua de drenaje.

Cuadro N° 1 - Balance de Nitrógeno en rotación ajo-moha, 1978-1981:

a) Tratamiento ($^{15}\text{NH}_2\text{CO}$); b) Tratamiento ($^{15}\text{NH}_4\text{SO}_4$)

(a)	g N m ⁻²		Porcentaje
Primera rotación ajo-moha (Mayo 1978-Abril 1979)			
Inicial	20,00		100,0
En ajo y/o perdido	9,89		49,5
En suelo	10,11		
En moha	3,03		15,2
Residual en suelo	<u>6,51</u>		32,5
Total recuperado	19,43		97,2
No recuperado	0,57		2,8
Segunda rotación ajo-moha (Junio 1979-Junio 1980)			
Incorporado	15,00		
Residual + Incorporado	21,51		100,0
En ajo	6,46		30,0
En suelo	14,30		
En moha	2,67		12,4
Residual en suelo	<u>10,42</u>		48,5
Total recuperado	19,55		90,5
No recuperado	1,96		9,1
Tercera rotación ajo-moha (Junio 1980-Abril 1981)			
Incorporado	10,00		
Residual + Incorporado	20,42		100,0
En ajo	6,53		32,0
En suelo	11,68		
En moha	2,50		12,7
Residual en suelo	<u>7,88</u>		38,6
Total recuperado	17,01		83,3
No recuperado	3,41		16,7

(b)	g N m ⁻²		Porcentaje
Primera rotación ajo-moha (Mayo 1978-Abril 1979)			
Inicial	20,00		100,0
En ajo y/o perdido	5,38		29,9
En suelo	14,02		
En moha	3,26		16,3
Residual en suelo	<u>6,45</u>		32,1
Total Recuperado	15,67		78,3
No recuperado	4,33		21,7
Segunda rotación ajo-moha (Junio 1979-Junio 1980)			
Incorporado	15,00		
Residual + Incorporado	21,43		100,0
En ajo	5,56		26,4
En suelo	14,45		
En moha	1,59		7,9
Residual en suelo	11,96		55,8
Total recuperado	19,51		90,1
No recuperado	2,12		9,9
Tercera rotación ajo-moha (Junio 1980-Abril 1981)			
Incorporado	10,00		
Residual + Incorporado	21,96		100,0
En ajo	6,30		31,0
En suelo	13,85		
En moha	3,77		17,2
Residual en suelo	<u>8,31</u>		40,1
Total recuperado	19,38		88,3
No recuperado	2,58		11,7

Se estimó la absorción del nitrógeno del fertilizante por el primer cultivo de ajo, atacado por agentes patógenos, substrayendo el nitrógeno determinado en el suelo del aplicado inicialmente. Las diferencias observadas en el nitrógeno no recuperado se deberían a esta estimación. La moha recuperó aproximadamente el 16%, quedando en el suelo (residual) el 32% del nitrógeno en ambos tratamientos.

En la segunda rotación ajo-moha (1979-80) el ajo recuperó 26,4% del nitrógeno del fertilizante en el tratamiento sulfato de amonio y el 30% en el tratamiento urea. La moha no alcanzó su estado de madurez. De allí que la recuperación del nitrógeno fue inferior al año anterior. Esto es, 7,9% y 12,4% en los tratamientos sulfato y urea respectivamente. Los dos cultivos recuperaron un total de 34,3% y 42,4% del nitrógeno del fertilizante en los tratamientos sulfato y urea, respectivamente. El nitrógeno residual en el suelo, al final de esta rotación fue de 55,8% y 48,5%, respectivamente, en los mismos tratamientos. No pudo establecerse el destino de alrededor del 9,5% del nitrógeno (no recuperado) aplicado en ambos tratamientos.

En la tercera rotación (1980-81) los valores de recuperación del nitrógeno del fertilizante por el ajo fueron similares en ambos tratamientos (31% y 32%) en el suelo tratado con sulfato y urea, respectivamente. La moha, en cambio, absorbió proporciones diferentes de nitrógeno (17,2% en el tratamiento sulfato y 12,6% en el tratamiento urea).

Los cultivos de ajo y moha recuperaron, entonces, 48,2% del nitrógeno del fertilizante en el tratamiento sulfato y 44,2% en el tratamiento urea. El nitrógeno residual en el suelo al finalizar esta última

rotación fue de 40,1% y 38,6% en los lisímetros fertilizados con sulfato de amonio y urea, respectivamente. No pudo determinarse el destino del 12 al 17% del nitrógeno total adicionado, el que pudo perderse por diferentes vías (volatilización del amoníaco, desnitrificación, etc.).

CONCLUSIONES

El empleo de fertilizantes marcados con ¹⁵N en la rotación (doble cultivo) ajo-moha, permitió obtener la siguiente información:

- la absorción, por parte de los dos cultivos del nitrógeno aplicado fue del orden del 40 por ciento, correspondiéndole alrededor de dos tercios del ajo. La utilización anual del nitrógeno sugiere una adecuada disponibilidad del nitrógeno residual del suelo (aplicado el año anterior).
- la recuperación relativamente baja, en ausencia de lavado, indicaría una pérdida de nitrógeno por desnitrificación y/o volatilización del amoníaco lo que probablemente signifique que el nitrógeno residual no fue inmobilizado en forma total en la fracción orgánica del suelo (Westerman y Kurtz, 1972).
- no existieron diferencias apreciables entre las dos fuentes de nitrógeno empleadas.
- el doble cultivo ajo-moha podría constituir un sistema de producción adecuado para zonas bajo riego en la región semiárida, alternativa que se está estudiando.

BIBLIOGRAFIA

- 1) BRENNER, J.M. 1965 a. Isotope-ratíon analysis of nitrogen in ^{15}N analysis tracer investigation. En: Methods of soil analysis. C.A. Black (Ed.). *Agronomy* Nº 9, Part. 2. 1256-1286. *Am. Soc. Agron.*, Madison, Wisconsin, U.S.A.
- 2) BRENNER, J.M. 1965 b. Inorganic forms of nitrogen. En: Methods of soil analysis. C.A. Black (Ed.). *Agronomy* Nº 9, part 2. 1179-1232. *Am. Soc. Agron.*, Madison, Wisconsin, U.S.A.
- 3) CHICHESTER, F.W. and SMITH, S.J. 1978. Disposition of ^{15}N -labelled fertilizer nitrate applied during corn culture in field lysimeters. *J. Environ., Qual.* 7:227-233.
- 4) DONNARI, M.A., ROSELL, R.A. y TORRE, L. 1978. Productividad del ajo. II. Evapotranspiración real y necesidad de agua. *Turrialba*, 28:331-337.
- 5) FIEDLER, R. and PROKSCH, G. 1975. The determination of nitrogen -15 by emission and mass spectrometry in biochemical analysis: a review. *Analytica Chimica Acta.* 78:1-62.
- 6) HAUCK, R.D. 1971. Quantitative estimates of nitrogen-cycle processes. Concepts and review. En: Nitrogen-15 in soil-plant studies. 65-80. Int. Atomic Energy Agency. Vienna, Austria.
- 7) HAUCK, R.D. and BRENNER, J.M. 1976. Use of tracers form soil and fertilizers nitrogen research. *Adv. Agron.* 28: 219-266.
- 8) LAZZARI, M.A., ROSELL, R.A. y LANDRISCINI, M.R. 1978. Productividad del ajo. I. Fertilización nitrogenada y riegos. *Turrialba*, 28:245-251.
- 9) LAZZARI, M.A., ROSELL, R.A. y LANDRISCINI, M.R. 1984. Absorción de ^{15}N de los fertilizantes en una rotación *Allium sativum*- *Setaria italica*, en lisímetros. *Turrialba*, 34:163-171.
- 10) MAHENDRAPPA, M.K. 1968. Determination of nitrate nitrogen in soil extracts using a specific ion activity electrode. *Soil Sci.* 108:132-136.
- 11) OLSON, R.V. and SWALLOW, C.W. 1984. Fate of labeled nitrogen fertilizer applied to winter wheat for five years. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48:583-586.
- 12) POMARES-GARCIA, F. and PRATT, P.F. 1978. Recovery of ^{15}N labelled fertilizers from manured and sludge-amended soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42:717-720.
- 13) SALA FEIGENBAUM, 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.
- 14) SOMMER, K. and KICK, H. 1965. Auf eine Eichkurve bezogene emissionspektrum - graphische ^{15}N - Bestimmung mit dem Spektrographen Q 24-Zeiss. *Z fur analyt. Chem* 220, Band 1:21-26.
- 15) WESTERMAN, R.L. and KURTZ, L.T. 1972. residual effects of ^{15}N -labeled fertilizers in a field study. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 36:91-94.