

# ABSORCION DE $^{15}\text{N}$ DE LOS FERTILIZANTES EN UNA ROTACION *Allium sativum* – *Setaria italica*, EN LISIMETROS<sup>1</sup> /

M. A. LAZZARI\*  
R. A. ROSELL\*  
M. R. LANDRISCINI\*\*

## Summary

*Nitrogen uptake by an annual rotation of garlic (*Allium sativum*) and millet (*Setaria italica*) from tagged urea and ammonium sulfate applied to a Typic Haplustoll in a battery of differential weighing lysimeters was studied during three years. The  $^{15}\text{N}$  fertilizers were only applied to the garlic and the nitrogen recovery was determined in leaves, fruits (bulbs in garlic and seeds in millet), and roots of both crops.*

*Each year total (added plus residual) tagged nitrogen was applied at a rate of ca. 20 g/m<sup>2</sup>. The N recovery in the garlic crop was about 30% with a dry bulb yield of ca. 700 g/m<sup>2</sup> for both nitrogen treatments. The H uptake in the millet was approximately 15% and the grain yield oscilated between 1616 and 1105 g/m<sup>2</sup> with urea and between 1384 and 1236 g/m<sup>2</sup> with ammonium sulfate during the three years of the experiment*

## Introducción

La recuperación de nitrógeno aplicado como fertilizante ha sido extensivamente estudiada, con evidencias de que al menos un 50% del N adicionado es absorbido por un cultivo inicial (10, 12). En los últimos años se ha recurrido al uso de fertilizantes marcados con  $^{15}\text{N}$  como trazadores del nitrógeno aplicado (6, 13) principalmente en instalaciones lisimétricas (3, 7), las que proporcionan resultados más realísticos sobre las transformaciones naturales del nitrógeno que aquellos obtenidos en invernadero (2).

La investigación aquí registrada involucró medidas de recuperación de nitrógeno del fertilizante aplicado a una rotación ajo (*Allium sativum*) – moha de Hungría (*Setaria italica*) realizada durante tres años consecutivos en lisímetros automáticos de pesada diferencial que contenían suelo Haplustoll típico de la región de Bahía Blanca, Argentina. El objetivo fue obtener información sobre la eficiencia del uso del nitrógeno en forma de urea y sulfato de amonio marcados con  $^{15}\text{N}$ , aplicados al ajo, y el efecto residual sobre el cultivo de moha de Hungría. El ajo cubre el periodo invierno – primavera y requiere riegos suplementarios así como fertilización nitrogenada (11). La moha se desarrolla en verano, en condiciones de secano. Si bien se la cultiva desde hace varios años en La Pampa, Argentina, no ha alcanzado la difusión que merece por su productividad en relación al tiempo notablemente corto en que se cumple su ciclo (4)

## Materiales y métodos

### Lisímetros

Se utilizaron dos lisímetros automáticos cuya descripción ha sido realizada por Donnari y Rosell (5). Los mismos se encuentran ubicados en predios de la Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina y contienen suelo de la región (Haplustoll típico). La descripción del sitio y del perfil del suelo se detalló en un trabajo previo (11)

<sup>1</sup> Recibido para publicación el 30 de marzo de 1983.  
Investigación llevada a cabo en el Laboratorio de Humus, Universidad Nacional del Sur (UNS), 8 000 Bahía Blanca, Argentina.  
Los autores desean expresar su sincero agradecimiento a la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Nación (SECyT) por su apoyo económico. También desean agradecer a la Fundación A. von Humboldt de la República Federal de Alemania, por la donación de compuestos marcados con nitrógeno-15.

\* Profesores Adjunto y Titular, respectivamente, del Departamento de Ciencias Agrarias de la UNS, 8 000 Bahía Blanca, Argentina.

\*\* Técnica Profesional, Personal de Apoyo del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Buenos Aires, Argentina

### Prácticas culturales

Se empleó anualmente semilla seleccionada de ajo, cultivar Colorado y de moha de Hungría, cultivar Gigante. Las prácticas culturales a que se sometieron el suelo y los cultivos durante los tres años (mayo 1978 – abril 1981) se detallan en el Cuadro 1.

Los cultivos de ajo recibieron riegos de mantenimiento cuando las condiciones climáticas lo requerían. El primer cultivo de ajo (año 1978) sufrió el ataque de un agente patógeno y por ello no se realizaron los análisis de las plantas.

Siendo la moha un cultivo de secano, no recibió riegos durante el primer año. La moha en la segunda rotación fue sembrada el 31 de diciembre de 1979. Hacia fines del mes de enero de 1980, los lisímetros permanecían con una escasa densidad de plantas, probablemente debido a la pobre precipitación pluvio-

métrica de ese mes (Cuadro 2). Se volvió entonces a sembrar la moha el 8 de febrero de 1980, efectuándose riegos de mantenimiento del cultivo hasta que las plantas alcanzaron una altura de 10 cm. La moha del tercer año también requirió riegos en el primer estadio de su crecimiento. En el Cuadro 3 se muestran las lluvias caídas y los riegos efectuados para cada uno de los períodos vegetativos de ambos cultivos.

En el primer ciclo de la moha se cortaron, al ras de la superficie, las plantas que componían medio lisímetro fertilizado con urea. Ese corte se realizó el 7 de febrero de 1979, antes que se desarrollaran las panojas, con el objeto de conocer la recuperación de nitrógeno en caso de someter el cultivo al pastoreo o a cortes.

### Fertilizantes

Uno de los lisímetros fue fertilizado los tres años y durante el ciclo de desarrollo del ajo, con sulfato

Cuadro 1. Cronograma de prácticas culturales en rotación ajo-moha, 1978-1981.

Primera rotación ajo-moha (Mayo 1978 – Abril 1979)	
Mayo 7, 1978	– El suelo se escardilló, rastrilló y preparó.
Mayo 15	– Se aplicó una fertilización base de 10 g $P_2O_5/m^2$ y 6 g $K_2/m^2$
Mayo 22	– Los dientes de ajo colorado tipo exportación se curaron con un fungicida sistémico CERCOBIN-NF-44.  – Se plantaron los dientes de ajo a razón de 11 dientes por metro lineal de hilera, en surcos espaciados 50 cm cada uno, lo que hace un total de 44 dientes por metro cuadrado.  – El suelo próximo a los dientes se trató con un insecticida-acaricida sistémico THIMEI (Phorate) a razón de 2 g/ $m^2$ . Este tratamiento se repitió mensualmente por un total de 3 veces.
Agosto 1	– Fertilización nitrogenada; primera dosis de 10 g N/ $m^2$ en forma de $(^{15}NH_4)_2SO_4$ y $(^{15}NH_2)_2CO$ respectivamente
Septiembre 26	– Fertilización nitrogenada; segunda dosis de 10 g N/ $m^2$ en forma de $(^{15}NH_4)_2SO_4$ y $(^{15}NH_2)_2CO$ respectivamente
Diciembre 12	– Se retiraron todas las plantas de los lisímetros. La cosecha fracasó por ataque de un agente patológico
Diciembre 20	– Desinfección del suelo de los lisímetros con bromuro de metilo gaseoso.
Diciembre 23	– El suelo se escardilló, rastrilló y preparó.
Diciembre 26	– Siembra de moha a razón de 1.4 g de semillas/ $m^2$ , en 6 surcos por metro cuadrado, separados 15 cm
Abril 10, 1979	– Cosecha de moha. Se cortaron las plantas al ras de la superficie; se secaron en estufa a 60°C. Se separaron las panojas. Se extrajo un plan de suelo de 50 cm de lado y 50 cm de profundidad de donde se separaron las raíces a mano; aquellas que quedaron retenidas en tamiz de 1 mm se secaron en estufa a 60°C. Se volvió el suelo a su respectivo lisímetro.

## Segunda rotación ajo-moha (Junio 1979 – Junio 1980)

Mayo 25	-- Se aplicó una fertilización base de 10 g $\text{P}_2\text{O}_5/\text{m}^2$ y 6 g $\text{K}_2\text{O}/\text{m}^2$
Junio 2	-- Se plantaron los dientes de ajo de igual forma que en mayo 22, 1978, que hace un total de 44 dientes por metro cuadrado
Septiembre 6	-- Fertilización nitrogenada a razón de 15 g $\text{N}/\text{m}^2$ en forma de $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ y $(^{15}\text{NH}_2)_2\text{CO}$ respectivamente
Diciembre 13	-- Cosecha del cultivo.
Diciembre 21	-- Se sembró la moha de igual forma que el 26 de diciembre de 1979
Febrero 7, 1980	-- Se vuelve a sembrar moha de la misma forma anterior
Junio 3	-- Cosecha del cultivo idem al 10 de abril de 1979

## Tercera rotación ajo-moha (Junio 1980 – Abril 1981)

Junio 18	-- Fertilización base idem años anteriores.
Junio 19	-- Se plantaron los dientes de ajo de igual forma que en años anteriores.
Septiembre 9	-- Fertilización nitrogenada a razón de 10 g $\text{N}/\text{m}^2$ en forma de $(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ y $(^{15}\text{NH}_2)_2\text{CO}$ respectivamente
Diciembre 9	-- Cosecha del cultivo idem años anteriores.
Diciembre 26	-- El suelo se escardilló, rastrilló y preparó
Diciembre 29	-- Siembra de moha de Hungría de igual forma que en años anteriores.
Abril 23, 1981	-- Cosecha del cultivo idem años anteriores. No se extrajeron las raíces.

Cuadro 2. Distribución de lluvias y riegos durante el experimento 1978-1981.

Mes	1978		1979		1980		1981	
	Lluvia	Riego	Lluvia	Riego	Lluvia	Riego	Lluvia	Riego
mm								
Enero	610	--	148.8	--	23.7	--	66.5	200
Febrero	110.9	--	74.5	--	7.3	20.0	73.1	--
Marzo	126.3	--	94.4	--	262.2	--	89.9	--
Abril	21.0	--	17.9	--	113.0	--	92.0	--
Mayo	36.6	--	42.1	--	58.8	--	60.5	--
Junio	4.3	10.0	0.6	10.0	16.2	--	26.1	--
Julio	61.0	--	3.7	--	69.4	--	--	--
Agosto	47.5	10.0	31.0	--	5.6	10.0	--	--
Setiembre	56.0	10.0	32.8	10.0	17.5	20.0	--	--
Octubre	50.0	20.0	71.9	30.0	75.9	30.0	--	--
Noviembre	62.5	20.0	60.1	30.0	39.7	30.0	--	--
Diciembre	84.7	--	117.6	--	8.9	--	--	--
Total	720.8	--	695.4	--	698.2	--	--	--

Cuadro 3. Lluvias y riegos durante el ciclo vegetativo de los cultivos, 1978-1981.

Año	Cultivo	Periodo ciclo vegetativo	Lluvias (mm)	Riegos (mm)
1978**	Ajo	22-5-78 al 12-12-78	292.1	70
1979	Moha	26-12-78 al 10-4-79	322.1	-
	Ajo	2-6-79 al 13-12-79	234.5	80
1980	Moha	8-2-80 al 3-6-80	452.0	20
	Ajo	19-6-80 al 9-12-80	211.5	90
1981	Moha	29-12-80 al 23-4-81	321.5	20

\*\* Cultivo perdido.

de amonio marcado y el otro con urea marcada. Las cantidades aplicadas anualmente se presentan en el Cuadro 4. Los fertilizantes fueron disueltos en 10 litros de agua y distribuidos sobre la superficie de los lisímetros para obtener buena uniformidad en su distribución. Fue necesario que la superficie de los suelos estuviera razonablemente seca, de forma que el líquido infiltrara rápidamente.

#### Muestras de suelo y material vegetal

Después de las cosechas de los cultivos se extrajeron muestras de suelo, cada 20 cm hasta una profundidad de 100 cm, las que fueron analizadas para nitrógeno total y relación isotópica con el fin de determinar el nitrógeno residual.

El nitrógeno total de las muestras de diferentes partes de las plantas de ajo (hojas, bulbos y raíces) y de moha (hojas y tallos, grano y raíces) se determinó según el método macro-Kjeldahl para incluir nitratos (1). Para cada muestra se realizaron dos determinaciones las que se promediaron. Los destilados se acidificaron con HCL, se redujeron a un volumen pequeño y en ellos se determinó la relación isotópica  $^{14}\text{N}/^{15}\text{N}$ , previa oxidación a  $\text{N}_2$  con hipobromito de sodio (9). Para cada destilado se realizaron dos determinaciones espectrométricas con espectrómetro de emisión Q24-Zeiss Jena (14), de modo que se obtuvieron cuatro resultados de la relación isotópica por cada muestra, los que se promediaron.

#### Resultados y discusión

En el Cuadro 5 se presentan los valores de nitrógeno recuperados por los cultivos del suelo del lisímetro fertilizado con sulfato de amonio. Los valores correspondientes para el tratamiento urea se muestran en el Cuadro 6, donde se incluyen también los resultados obtenidos del corte de moha efectuado antes de la formación de las panojas (45 días después de la

siembra). El n recuperado, en  $\text{mg N/m}^2$ , fue obtenido con la siguiente ecuación (8):

$$\frac{\text{mg Exc. } ^{15}\text{N/m}^2 (\text{planta}) \cdot \text{mg N/m}^2 (\text{aplicados})}{\text{mg Exc. } ^{15}\text{N/m}^2 (\text{aplicados})}$$

donde:

$\text{mg Exc. } ^{15}\text{N/m}^2 (\text{planta}) = \text{mg exceso, sobre la abundancia natural, de } ^{15}\text{N}$  en la planta, por  $\text{m}^2$  de superficie y  $\text{mg Exc. } ^{15}\text{N/m}^2 (\text{aplicados}) = \text{idem al anterior, aplicados al suelo.}$

#### Primera rotación ajo – moha

El lisímetro fertilizado con urea proporcionó un rendimiento de moha superior al tratamiento con sulfato de amonio, si bien ambos cultivos recuperaron cantidades similares de nitrógeno aplicado durante el cultivo de ajo. Con más exactitud, 16.6% el tratamiento sulfato de amonio y 15.6% el tratamiento urea. El primer tratamiento proporcionó una recuperación en los granos de 10.68%, y el conjunto hojas y tallos de 5.92%. El segundo, brindó valores semejantes de N recuperado tanto en el grano como en el conjunto hojas y tallos (8.33% y 7.21% respectivamente) y absorbió mayores cantidades de nitrógeno proveniente de otras fuentes (el grano 82.5%, y las hojas y tallos 73.7% del nitrógeno total absorbido).

El ciclo de la moha fue de 105 días y a los 45 días de la siembra (corte de plantas enteras realizado el 7 de febrero de 1979) ya el cultivo, cuyo suelo fue tratado con urea, recuperó el 10.34% de nitrógeno. O sea que, antes del desarrollo de las panojas, la moha absorbió el 66% de la totalidad del nitrógeno recuperado (Cuadro 5).

Las raíces de moha, en ambos tratamientos, mostraron una proporción de nitrógeno total superior al conjunto hojas y tallos y una muy baja recuperación de nitrógeno del fertilizante.

Cuadro 4. Fertilizante nitrogenado marcado con  $^{15}\text{N}$ 

Año	% átomos de $^{15}\text{N}$		Fecha de Aplicación	Cantidad agregada $\text{gN m}^{-2}$	Residual		Total	
	$(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	$(^{15}\text{NH}_2)_2\text{CO}$			$(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	$(^{15}\text{NH}_2)_2\text{CO}$	$(^{15}\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	$(^{15}\text{NH}_2)_2\text{CO}$
1978	8.12	10.20	agosto 1	10	—	—	—	—
			setiembre 26	10	—	—	20.00	20.00
1979	2.88	4.76	setiembre 6	15	6.43	6.51	21.43	21.51
1980	7.20	8.16	setiembre 9	10	11.96	10.42	21.96	20.42

### Segunda rotación ajo — moha

El rendimiento de los bulbos de ajo fue levemente superior en el tratamiento urea ( $700 \text{ g/m}^2$ ), los que recuperaron 29.29% de nitrógeno, residual más adicionado. El tratamiento sulfato de amonio rindió un peso seco de bulbos de  $670 \text{ g/m}^2$  los que absorbieron 28.49% de ese nitrógeno. Las hojas y raíces recuperaron cantidades pequeñas de nitrógeno, totalizando ambas 1.69% y 1.65% en el tratamiento urea y sulfato de amonio, respectivamente. El suelo que recibió urea proporcionó una recuperación total de N de 30.98%, y el que recibió sulfato de amonio, 30.04%.

El cultivo de moha fue cosechado sin que el grano alcanzara su estado de maduración por lo expuesto en la sección de Materiales y Métodos. Consecuentemente, los valores de N recuperado fueron inferiores a los del año anterior (8.48% y 11.76% en el tratamiento sulfato de amonio y urea, respectivamente). Los rendimientos, especialmente de granos, fueron también bajos. Además, los contenidos de nitrógeno total en el conjunto hojas y tallos y raíces fueron elevados, lo que denota que el cultivo no contó con el tiempo adecuado y suficiente para su normal crecimiento y maduración. Esto está corroborado por la baja recuperación de nitrógeno por los granos inmaduros de moha (1.36% y 1.49% en el tratamiento sulfato de amonio y urea, respectivamente).

### Tercera rotación ajo — moha

La cantidad de agua recibida por el ajo fue similar a la del año anterior (Cuadro 3). También los rendimientos fueron similares ya sea entre tratamientos y con respecto a la cosecha del ciclo anterior. Además, ambos cultivos recuperaron cantidades similares de nitrógeno, adicionado más residual (33.80% el tratamiento sulfato de amonio y 33.28% el tratamiento urea). Las hojas y raíces recuperaron cantidades muy pequeñas y similares de N en ambos tratamientos, o sea 0.85% el tratamiento sulfato de amonio y 0.81% el tratamiento urea.

El tercer cultivo de moha rindió un peso seco de hojas y tallos ( $1.236 \text{ g/m}^2$ ) y de granos ( $374 \text{ g/m}^2$ ) superior a los valores obtenidos en el tratamiento con urea ( $1.105$  y  $354 \text{ g/m}^2$ , respectivamente). Durante este período, el cultivo recibió 321 mm de lluvia, igual cantidad que durante el primer ciclo (Cuadro 3) aunque diferentemente distribuida (Cuadro 2). Como consecuencia, el cultivo realizó su primer desarrollo con una inferior humedad del suelo, lo que pudo haber provocado rendimientos también inferiores a los obtenidos en el año 1979.

El tratamiento sulfato de amonio absorbió 18.65% de nitrógeno residual, mientras que el tratamiento urea absorbió el 13.02% de ese nitrógeno (sin incluir raíces, las que no fueron extraídas esta vez). Además, en ambos tratamientos los granos absorbieron aproximadamente el doble de nitrógeno que el conjunto hojas y tallos. Similarmente a lo ocurrido en la moha de la primera rotación, el tratamiento urea absorbió mayores cantidades de nitrógeno proveniente de otras fuentes (65.0% el grano y 73.2% el conjunto hojas y tallos) que el tratamiento sulfato de amonio (56.6% y 58.3%, respectivamente). Esto induciría a pensar que la urea favorecería una mayor movilización y absorción del nitrógeno nativo del suelo (Cuadros 5 y 6).

### Conclusiones

Este estudio permite concluir bajo las condiciones experimentales mencionadas y a la zona de influencia de Bahía Blanca que:

1. El cultivo de ajo absorbe aproximadamente el 30% del nitrógeno de los fertilizantes, urea o sulfato de amonio con rendimientos similares en ambos tratamientos.
2. La moha de Hungría recupera alrededor del 15% del nitrógeno adicionado al ajo, proporcionando rendimientos muy importantes de materia seca.

Tabla 5. Rendimiento del cultivo y absorción de nitrógeno en rotación ajo-moha. Tratamiento ( $^{15}\text{NH}_4$ ) $_2\text{SO}_4$ , 1978-1981.

Cultivo	Muestra	Rendimiento g m <sup>-2</sup>	NITROGENO		N Recuperado		N absorbido de otras fuentes	
			Total %	N <sup>15</sup> mg Exc. m <sup>-2</sup>	mg m <sup>-2</sup>	% del fert.	mg m <sup>-2</sup>	%
Primera rotación ajo-moha (Mayo 1978 - Abril 1979)								
Moha	Hojas y tallos	1 384	0.280	97.7	1 184	5.92	2 691	69.4
	Granos	396.0	1.640	176.4	2 137	10.68	4 357	67.1
	Raíces	1.02	0.420	0.09	1.09	0.005	3.19	74.5
Segunda rotación ajo-moha (Junio 1979 - Junio 1980)								
Ajo	Hojas	89.5	1.039	11.5	290.3	1.35	639.7	68.8
	Bulbos	670.0	2.158	241.9	6 106	28.49	8 352	57.8
	Raíces	16.0	1.053	1.77	44.6	0.20	123.4	73.5
Moha	Hojas y tallos	579.0	1.233	58.63	1 499	6.99	5 640	79.1
	Granos	67.6	1.801	12.71	320.8	1.49	896.2	73.6
	Raíces	1.05	1.011	0.08	2.01	0.009	8.60	81.1
Tercera rotación ajo-moha (Junio 1980 - Abril 1981)								
Ajo	Hojas	92.3	0.561	9.60	139.3	0.63	378.7	73.1
	Bulbos	696.0	2.887	498.7	7 238	32.95	12 855	64.0
	Raíces	17.7	0.970	3.35	48.6	0.22	123.4	71.7
Moha	Hojas y tallos	1 236	0.299	106.3	1 542	7.02	2 154	58.3
	Granos	374	1.573	176.0	2 554	11.63	3 329	56.6

Cuadro 6. Rendimiento del cultivo y absorción de nitrógeno en rotación ajo-moha. Tratamiento ( $^{15}\text{NH}_4$ )<sub>1</sub> CO, 1978-1981.

Cultivo	Muestra	Rendimiento		Nitrógeno		N Recuperado		N absorbido de otras fuentes	
		$\text{g m}^{-2}$	$\text{g m}^{-2}$	Total %	$\text{N}^{15}$ mg Exc. $\text{m}^{-2}$	$\text{mg m}^{-2}$	% del fert.	$\text{mg m}^{-2}$	%
Primera rotación ajo-moha (Mayo 1978 – Abril 1979)									
	Parte aérea corte del 7-2-79	930		1.070	216.3	2.069	10.34	7.882	79.2
Moha	Hojas y tallos	1 616		0.340	150.9	1 443	7.21	4 051	73.7
	Granos	498		1.910	174.3	1 667	8.33	7 844	82.5
	Raíces	1.72		0.730	0.25	2.39	0.011	10.11	80.8
Segunda rotación ajo-moha (Junio 1979 – Junio 1980)									
Ajo	Hojas	82.3		1.011	18.3	285.4	1.32	546.6	65.7
	Bulbos	700.0		2.227	405.2	6 302	29.29	9 287	59.6
	Raíces	18.5		1.455	5.1	79.3	0.37	189.7	70.5
Moha	Hojas y tallos	652.0		1.372	136.3	2 120	9.85	6 825	76.3
	Granos	80.6		2.342	26.3	409.0	1.90	1 478	78.3
	Raíces	1.37		0.984	0.16	2.48	0.011	11.02	81.6
Tercera rotación ajo-moha (Junio 1980 – Abril 1981)									
Ajo	Hojas	85.4		0.519	10.4	125	0.61	318	71.8
	Bulbos	708.0		3.201	550.5	6 632	32.47	16 031	70.7
	Raíces	20.0		0.984	3.48	41.9	0.20	155	78.7
Moha	Hojas y tallos	1 105		0.286	70.3	846.9	4.15	2 313	73.2
	Granos	354		1.462	150.4	1 812	8.87	3 362	65.0

3. Los dos cultivos de la rotación absorben aproximadamente el 45% del nitrógeno aplicado (Cuadro 4)

4. Los rendimientos anuales de los cultivos se mantienen al disminuir las dosis anuales de los fertilizantes.

5. La rotación ajo-moha puede efectuarse anualmente si se dispone de suficiente agua. Como el ajo es un cultivo que requiere riego, es factible proporcionar al cultivo de moha una adecuada humedad del suelo en la primera etapa de su crecimiento. La moha de Hungría podría destinarse a pastoreo o a la producción de semilla. Además, su rápido crecimiento permitiría evitar el desarrollo de malezas y mejorar el suelo incorporándolo al mismo uno a dos meses antes de la nueva implantación de los ajos.

#### Resumen

En este trabajo se estudió la absorción de nitrógeno en una rotación anual de ajo (*Allium sativum*) y mijo (*Setaria itálica*); en nitrógeno se aplicó como urea y sulfato de amonio marcada a un Typic Haplus-toll en varios lisímetros durante tres años. El  $^{15}\text{N}$  del fertilizante se aplicó solamente al ajo, siendo el nitrógeno derivado del fertilizante (N dff) determinado en las hojas, frutas (bulbas para el ajo y semillas para el mijo) y las raíces de ambos cultivos. Cada año el nitrógeno total marcado (adicionado más residual) se mantuvo a un nivel aproximado de  $20 \text{ g/m}^2$

El N dff en el cultivo de ajo estuvo alrededor del 30% con un rendimiento aproximado de bulbo seco de  $700 \text{ g/m}^2$  para ambos tratamientos nitrogenados. El N ff en el cultivo del mijo fue alrededor del 15% y los rendimientos de grano oscilaron entre  $1616$  y  $1105 \text{ g/m}^2$  con urea y entre  $1384$  y  $1236 \text{ g/m}^2$  con sulfato de amonio durante los tres años del experimento.

#### Literatura citada

- 1 BREMMER, J. M. Total Nitrogen. In: Black C. A. ed. Methods of soil analysis. Agronomy No. 9. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, W. S. A. 1965. pp. 149-178.
- 2 BURFORD, J. R. Determination of losses of nitrogen from soils in the humid tropics by lysimeters studies. In: Ayanaba and Dart eds. Biological Nitrogen fixation in farming systems of the Tropics. John Wiley and Sons. 1977. pp. 353-363.
- 3 CHICHESTER, F. W. y SMITH, S. J. Disposition of  $^{15}\text{N}$ -labelled fertilizer nitrate applied during corn culture in field lysimeters. Journal of Environmental Quality, 7(2):227-233. 1978.
- 4 COVAS, G. M. Producción rápida y segura de pasto o de grano en la región semiárida pampeana. INTA, Estación Agropecuaria de Anguil, La Pampa, Argentina. Circular de Extensión No. 26. 1969.
- 5 DONNARI, M. A., ROSELL, R. A. y TORRE, L. Productividad del ajo. II. Evapotranspiración real y necesidad de agua. Turrialba, Costa Rica, 28(4):331-337. 1978.
- 6 DOWDELL, R. J. y CREES, R. The uptake of  $^{15}\text{N}$ -labelled fertilizer by winter wheat and its immobilization in a clay soil after direct drilling or ploughing. Journal of the Science of Food and Agriculture. 31(10):992-996. 1980.
- 7 DOWDELL, R. J. y WEBSTER, C. P. A lysimeter study using nitrogen-15 on the uptake of fertilizer nitrogen by perennial ryegrass swards and losses by leaching. Journal of Soil Science. 31(1):65-75. 1980.
- 8 EDWARDS, A. P. y HAUCK, R. D. Nitrogen-15 depleted versus nitrogen-15 enriched ammonium sulphate as tracers in nitrogen uptake studies. Soil Science Society of American Proceedings. 38(5):765-767. 1974.
- 9 FIEDLER, R. y PROKSCH, G. The determination of nitrogen 15 by emission and mass spectrometry in biochemical analysis: a review. Analytica Chimica Acta. 78:1-62. 1975.
- 10 HAUCK, R. D. Quantitative estimates of nitrogen-cycle processes. Concepts and review. In: Nitrogen-15 in soil-plant studies. International Atomic Energy Agency. Vienna, Austria. 1971. pp. 65-80.
- 11 LAZZARI, M. A., ROSELL, R. A. y LANDRIS-CINI, M. R. Productividad del ajo. I. Fertilización nitrogenada y riegos. Turrialba, Costa Rica. 28(3):245-251. 1978.
- 12 LEGG, J. O. y ALLISON, F. E. A tracer study of nitrogen balance and residual availability with 12 soils. Soil Science Society of American Proceedings. 31:403-406. 1967.



13. POMARES-GARCIA, F. y PRATT, P. F. Recovery of  $^{15}\text{N}$ -labelled fertilizer from manured and sludge-amended soil. *Soil Science Society of American Journal*. 42:717-720. 1978.
14. SOMMER, K. y KICK, H. Auf eine Eichkurve bezogene emissiospektrographische  $^{15}\text{N}$ -Bestimmung mit dem Spektrographen Q24-Zeiss. *Zeitschrift für analytische Chemie*, 220:21-26. 1975.

## Notas y comentarios

### Isoácidos para aumentar la producción de leche

Un nuevo aditivo para los alimentos del ganado lechero, desarrollado en la Michigan State University (MSU), en East Lansing, por el Dr. Roberto Cook, promete ser un importante avance en la producción de leche. El aditivo, compuesto de isoácidos, aumenta la producción por animal, y es fruto de investigaciones realizadas por Cook durante muchos años de labor profesional en la MSU (*Futures*, March 1984, p. 8).

El término isoácidos se refiere a una mezcla de cuatro sustancias químicas; ácido isobutírico, ácido isovalérico, ácido butírico 2-metil, y ácido valérico. Estas sustancias naturales son producidas por todas las células mamarias. Las investigaciones de Cook, iniciadas en 1962, establecieron que estas cuatro sustancias incrementaban el crecimiento de bacterias en el rumen de la vaca, lugar donde comienza la digestión de los forrajes.

Ciertas bacterias del rumen son altamente eficientes en digerir el forraje. Estas importantes bacterias necesitan isoácidos para su crecimiento y desarrollo.

Tomó años de investigación básica de laboratorio para aislar los isoácidos y encontrar una mezcla que promovía el más eficiente crecimiento bacteriano. Estos años en el laboratorio fueron seguidos por otros de experimentos en pequeña escala con animales y ensayos de campo en escala comercial.

Mediante pruebas con cientos de vacas en 11 universidades estatales, los isoácidos han demostrado su capacidad de aumentar la eficiencia del forraje en cifras de 8 a 10 por ciento. Este aumento de 10 por ciento significa que los agricultores podrían producir la misma cantidad de leche con un 10 por ciento menos de forraje, o producir 10 por ciento más con la misma cantidad de forraje.

Al estimular la fermentación que ocurre en el rumen, los isoácidos pueden permitir que las vacas digieran algunos subproductos no utilizados hasta ahora. Experimentos recientes, que Cook ha llevado a cabo con ovinos en los trópicos mexicanos, han aumentado la digestibilidad de las coronas terminales de las piñas con suplemento de isoácidos, urea y azufre.

Sean o no aceptados inmediatamente los isoácidos por los ganaderos lecheros, sin duda otros científicos harán estudios derivados de la investigación de Cook. Un artículo sobre su trabajo está publicándose en el número del *Journal of Dairy Science* correspondiente a marzo de 1984. Adalberto Gorbitz.

## Notas y comentarios

### Granadilla que atrae hormigas mediante golosinas

Son ya comunes las relaciones entre insectos y plantas. La más conocida es la polinización, en la que los insectos cambian sus servicios como acarreadores de polen por un poco de néctar. Sin embargo, algunas plantas consiguen una alianza más estrecha con sus insectos asociados.

Las asociaciones simbióticas entre hormigas y árboles de acacia (en las que la planta provee alimento y refugio, y las hormigas suministran una fuerza volante de seguridad que repele a casi todos los invasores) son un ejemplo notable de coevolución entre hormigas y plantas. Las acacias abastecen a las hormigas con néctar secretado por glándulas especiales en la base de cada hoja. Las hormigas a menudo habitan en las espigas nuevas de la planta y patrullan constantemente los alrededores de su vivienda, ahuyentando a los invertebrados que comen partes de la acacia.

La mayor parte de estas relaciones se encuentran en los trópicos y subtropicos. Un ejemplo de asociación similar en la zona templada ha sido recientemente descrita por D. Kelly McLain, de la Universidad de Emory, en Atlanta, Georgia (*American Midland Naturalist* vol. 110, p. 433). McLain observó una asociación entre la enredadera de la pasión (*Passiflora incarnata*), una especie del mismo género que la granadilla, y un número de especies diferentes de hormigas.

Al igual que las acacias, esta granadilla tiene nectarios que ocurren en pares tanto en el peciolo como en las brácteas que están situadas en la base de las flores y yemas. Mientras que los nectarios florales producen néctar sólo en momentos específicos durante el día, los nectarios extraflorales secretan néctar continuamente. Este abastecimiento constante de néctar es un factor importante para atraer un gran número de hormigas a la planta.

McLain notó que cinco especies de hormigas visitaban la *Passiflora* durante el curso del día para tomar néctar de los nectarios extraflorales y que las visitas

de las diferentes especies rara vez se traslapaban, proveyendo a la planta con una protección continua. Las hormigas que visitaban las enredaderas atacaban a moscas, escarabajos y saltamontes, impidiendo eficazmente que estos insectos se alimentasen de las hojas, yemas y flores de la pasión. Cuando se eliminaron de una planta las glándulas productoras, disminuyó el número de hormigas visitantes, mientras que aumentó la tasa de pastoreo por los insectos herbívoros. Las plantas protegidas por las hormigas defensoras produjeron más frutos que las plantas sin guardianes, y las hormigas se observaron que hasta podaban las hojas viejas que ya no producían néctar. En una planta, las hormigas habían establecido residencia permanente en los tallos huecos de la enredadera, suministrándole así una fuerza de seguridad interna y residente.

¿Cómo se compara la protección dada por las hormigas a su planta hospedante con otros métodos que las plantas han desarrollado para defenderse contra el ataque de los insectos? Las plantas producen un número de compuestos tóxicos y nocivos, que se supone repelen a los herbívoros. Alcaloides, resinas, taninos y una variedad de otros compuestos se piensa que proveen a la planta con un armamento químico. Las sustancias secretadas por los nectarios extraflorales de la pasión y de la acacia pueden también ser consideradas como una defensa química, porque esta producción de néctar a final de cuentas juega un papel disuasivo ante los pasteadores. La síntesis de azúcares sencillos y aminoácidos que conforman el néctar pueden aún costar menos energía que la producción de compuestos químicos más elaborados usados para la defensa más directa.

Si la planta usa disuasivos estrictamente químicos, tiene que producir entonces cantidades suficientes de las sustancias tóxicas para hacer repelente a la planta entera. Si las hormigas son empleadas en la estrategia defensiva de las plantas, por el contrario, sólo se necesita suficiente néctar para atraer suficientes defensores. McLain y otros también han señalado otra ventaja en usar golosinas para atraer una fuerza defensiva móvil y activa. Es probablemente mucho más difícil para un herbívoro desarrollar una defensa contra una horada de hormigas que muerden y pican, que desarrollar los cambios fisiológicos necesarios para adquirir resistencia a tóxicos y repelentes. Adalberto Gorbitz.