

EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO Y NITRATOS EN AJO cv.  
NIEVE INTA CON RIEGO POR GOTEO<sup>1</sup>

Evaluation of sap nitrate and yield on garlic cv. 'Nieve INTA' under drip irrigation<sup>1</sup>

Silvia Gaviola<sup>2\*</sup> y Victor M. Lipinski<sup>3</sup>

ABSTRACT

The specific objectives of this work were: to determine the relation between leaf sap (JF) nitrate contents in the leaves of garlic (*Allium sativum* L.) cv. Nieve INTA, measured with a specific portable electrode and planting density and nitrogen fertigation levels; and to establish on different sampling dates, the nitrate concentration thresholds that are related to maximum yields. The trial was conducted on a loamy sand soil (Typic Torrifluent) in Mendoza, Argentina, with drip irrigation. Treatments were three planting densities: 20, 30, and 40 plants m<sup>-2</sup>, and four doses of N fertilization: 75, 150, 225 and 300 kg N ha<sup>-1</sup>, plus a control. The highest yield (13 t ha<sup>-1</sup>) was obtained with a density of plantation of 40 plants m<sup>-2</sup> and with a rate of 225 kg N ha<sup>-1</sup>. Nitrate concentration in JF increased significantly from 182 days after plantation (ddp) reaching maximum levels at 197 ddp, corresponding to the onset of bulbing. The nitrate concentration thresholds to maximize yields, at the different sampling dates, were 0.99, 0.76, 0.87, 1.2 and 0.5 g L<sup>-1</sup> for 152, 168, 182, 197, and 212 ddp, respectively. The results indicated that the methodology of nitrate concentration detection in JF via a specific portable electrode might be useful to determine the nutritional status of garlic cv. Nieve INTA and the management of fertigation.

**Key words:** *Allium sativum*, nitrates, fertigation.

RESUMEN

Los objetivos del trabajo fueron: evaluar la relación entre los contenidos de nitratos en el jugo foliar (JF) de las hojas de ajo (*Allium sativum* L.) blanco cv. Nieve INTA, medido con un electrodo específico portátil y la densidad de plantación y fertirrigación nitrogenada; y establecer, en diferentes fechas de muestreos, los umbrales de concentración de nitratos que se relacionen con los máximos rendimientos. El ensayo fue conducido sobre un suelo franco arenoso (Typic Torrifluent) en Mendoza, Argentina, con riego por goteo. Los tratamientos fueron tres densidades de plantación: 20, 30 y 40 plantas m<sup>-2</sup>; y cuatro dosis de N: 75, 150, 225 y 300 kg de N ha<sup>-1</sup> más un control sin N. El mayor rendimiento (13 t ha<sup>-1</sup>) se obtuvo con una densidad de plantación de 40 plantas m<sup>-2</sup> y dosis de 225 kg N ha<sup>-1</sup>. Las concentraciones de nitratos aumentaron en forma significativa a partir de los 182 días después de la plantación (ddp) alcanzando los niveles máximos 197 ddp, en correspondencia con el inicio de la fase de bulbificación. Los umbrales de concentración de nitratos para maximizar los rendimientos, en las distintas fechas de muestreo, fueron: 0,99; 0,76; 0,87; 1,2 y 0,5 g L<sup>-1</sup> para 152, 168, 182, 197 y 212 ddp, respectivamente. Los resultados indican que la metodología de detección de la concentración de nitratos en el JF mediante el electrodo específico portátil sería de suma utilidad para determinar el estado nutricional de las plantas de ajo cv. Nieve INTA y el manejo de la fertirrigación.

**Palabras clave:** *Allium sativum*, nitratos, fertirrigación.

<sup>1</sup> Recepción de originales: 07 de octubre de 2002.

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ciencias Agrarias, Alte. Brown 500 (5505), Chacras de Coria, Mendoza, Argentina. E-mail: sgaviola@fca.uncu.edu.ar \*Autor para correspondencia.

<sup>3</sup> Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria La Consulta, Casilla 8 (5567), Mendoza, Argentina. E-mail: vlipinski@laconsulta.inta.gov.ar

## INTRODUCCIÓN

El ajo (*Allium sativum* L.) tiene un sistema radicular de desarrollo superficial y un alto requerimiento de N, factores que determinan la necesidad de un manejo muy ajustado de la fertilización nitrogenada, para controlar los costos de producción y reducir el riesgo de contaminación con nitratos.

La fertilización en ajo ha sido estudiada en la provincia de Mendoza, Argentina, bajo riego por superficie, trabajos en los que se determinó el efecto de los fertilizantes sobre los componentes del rendimiento, las dosis y los momentos óptimos de la fertilización nitrogenada en los biotipos blancos y colorados (Gaviola *et al.*, 1991). También hay algunos antecedentes bajo riego por goteo (Lipinski y Gaviola 1999; Gaviola y Lipinski 2002) relacionados con la respuesta a diferentes fuentes y dosis nitrogenadas y al diagnóstico rápido de nitratos en ajo cv. Fuego INTA.

Los análisis de nutrientes en plantas son usados para diagnosticar deficiencias y proveen información para el ajuste de programas de fertilización, ya que tienen la ventaja de integrar los efectos del suelo y de los factores ambientales (Jones, 1985; Plank, 1992). Es importante fijar los umbrales de concentración de nitratos en el material vegetal, para cada especie y variedad, como método de ajuste de la fertilización (Binford *et al.* 1992; Sainz Rozas *et al.* 2000).

El uso de los métodos convencionales de análisis de N en la materia seca (MS) de las plantas, tiene el inconveniente de los costos y tiempo de realización de los mismos. Se están utilizando con bastante éxito, procedimientos rápidos de determinación de nitratos en diferentes especies hortícolas (Errebhi *et al.*, 1998; Brink *et al.*, 2002) para dar recomendaciones de fertilización, aunque no hay antecedentes en ajo.

Entre los métodos desarrollados se ha utilizado un electrodo portátil específico para nitrato, que según algunos autores (Zhang *et al.*, 1996; Kuboata *et al.*, 1996) se ha mostrado promisorio como una herramienta de monitoreo de campo. Otro método

de campo rápido utilizado para el control de la fertilización nitrogenada, en riego por goteo, es el uso de tiras reactivas de nitratos en el extracto de suelo (Scaife y Turner, 1987; Jemison y Fox, 1988; Bischoff *et al.*, 1996).

Hartz *et al.* (1994) compararon los nitratos en la savia de pecíolo usando un electrodo portátil con el análisis tisular sobre MS de diferentes especies y obtuvieron un coeficiente de determinación ( $r^2$ ) entre 0,65 y 0,89. Hochmuth (1994) presentó una completa discusión del muestreo y procedimiento requerido para el uso de los análisis de savia. El método requiere disponer de un extracto del pecíolo u hojas de material fresco obtenido por presión. La utilización de este método demanda estandarizar las condiciones de trabajo, debido a que la concentración de nitratos puede estar afectada por la hora de muestreo, la temperatura, el órgano a analizar, el estado fenológico y la variedad o biotipo entre otros (Hochmuth, 1994; Vitosh y Silva, 1996).

Los objetivos del presente trabajo fueron: a) evaluar la relación entre los contenidos de nitratos en el jugo foliar de las hojas de ajo del cultivar tipo blanco Nieve INTA, medido con un electrodo específico portátil, y la densidad de plantación y fertirrigación nitrogenada; b) establecer, en diferentes fechas de muestreos en el estado de bulbificación, los umbrales de concentración de nitratos que se relacionen con los máximos rendimientos; c) determinar la posibilidad del uso de tiras reactivas en extractos de suelo para el control de la disponibilidad de nitratos; y d) evaluar la incidencia de la fertirrigación nitrogenada sobre la evolución de nitratos y conductividad eléctrica en el suelo durante la temporada de cultivo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Durante la temporada 2000 se efectuó un ensayo en el campo experimental del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental La Consulta (33°42' lat. Sur; 69°09' long. Oeste; 950 m.s.n.m.), departamento de San Carlos, Mendoza, Argentina, con ajo blanco (*Allium sativum* L.), cv. Nieve INTA. Los suelos utilizados eran de origen aluvial, profundos, de

textura franco arenosa fina (Torrifluente Típico); en los 30 cm superficiales tenían: 4,68 dS m<sup>-1</sup> de conductividad eléctrica (CE) en el extracto de saturación; 689 mg kg<sup>-1</sup> de N total; 5,81 mg kg<sup>-1</sup> de P extraíble con agua carbonicada en relación 1:10; 356 mg kg<sup>-1</sup> de K intercambiable y pH 7,9.

Los tratamientos fueron tres densidades de plantación: 20 (D<sub>20</sub>), 30 (D<sub>30</sub>) y 40 (D<sub>40</sub>) plantas m<sup>-2</sup> y cuatro dosis de N: 75 (N<sub>75</sub>), 150 (N<sub>150</sub>), 225 (N<sub>225</sub>) y 300 (N<sub>300</sub>) kg de N ha<sup>-1</sup> incorporadas como UAN (fertilizante líquido con 30% N, 14% N amídico, 8% amoniacal y 8% N nítrico, estabilizado a pH 7), más un control sin N. El diseño experimental fue en parcelas divididas, cuyas parcelas principales fueron las dosis de N y las subparcelas las densidades de plantación en bloques completamente aleatorizados con tres repeticiones.

Los ajos se plantaron en camas de 0,50 m de ancho distanciadas 0,80 m de fondo a fondo de surco, con cuatro hileras de plantas dispuestas en tresbolillo. La unidad experimental fue de 4,1 m<sup>2</sup>. Se utilizaron cintas de riego por goteo (T-Tape 508-30, D-T SYSTEMS, USA), colocadas en el medio de la cama de siembra, con tres emisores por metro lineal, quedando dos hileras de plantas en cada lado. El caudal de la cinta era de aproximadamente 2,7 L m<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>. La plantación se realizó el 13 de marzo de 2000. Los dientes (bulbillos) semillas se trataron previo a la plantación para prevenir ataques de nemátodos y hongos.

Las fertirrigaciones se realizaron en 19 aplicaciones; el 25% de las dosis de N, entre el 15/4/2000 y el 31/5/2000, previo a la etapa de bulbificación, y con el 75% restante entre el 15/7/2000 y el 30/9/2000, al comienzo de la etapa de bulbificación. Los riegos se calcularon sobre la base de la evaporación de bandeja (tanque "A") instalado en el campo experimental, afectado por el coeficiente de bandeja (kp: 0,75) y el coeficiente del cultivo (kc) que varió entre 0,40 y 1,24 a lo largo de la temporada. Se realizaron 62 riegos con una lámina total de 540 mm. Las precipitaciones registradas y las evapotranspiraciones calculadas del cultivo fueron 172,5 mm y 551 mm, respectivamente.

Durante el desarrollo del cultivo, en cada una de las 45 subparcelas se realizaron cinco muestreos de hojas para la determinación de nitratos durante agosto (152 días desde plantación, ddp), septiembre (168 ddp y 182 ddp) y octubre (197 ddp y 212 ddp), mediante un electrodo portátil de lectura digital específico de nitratos (Cardy Ion Meters C-141, Horiba Ltd., Michigan, USA). Se extrajeron al azar diez hojas, recientemente maduras (4<sup>o</sup> hoja desde el ápice), de cada una de las subparcelas de ensayo y se colocaron en bolsas de polietileno. Se molieron por presión manual con un cilindro y se dejaron en reposo durante 90 minutos. Luego se realizó la lectura de los nitratos en el extracto de jugo foliar (JF), colocando una gota en el electrodo. En todos los casos las muestras se tomaron entre las 10:00 y 12:00 h, para minimizar las diferencias en la turgencia de las células de las plantas (Vitosh y Silva, 1996). El electrodo se calibró y controló cada cinco muestras, usando soluciones estándar de 200 y 2.000 mg L<sup>-1</sup> de nitratos.

También se extrajeron muestras de la solución del suelo del bulbo húmedo, en seis ocasiones, mediante succión con jeringas conectadas por una sonda a cápsulas de porcelana, las cuales se colocaron a 20 cm de profundidad por debajo de la línea de goteros en los tratamientos con 40 plantas m<sup>-2</sup>. En dichas muestras se determinó la conductividad eléctrica (CE), el contenido de nitratos mediante tiras reactivas (TR) (Nitra Test, Merck, Germany) y por microkjeldahl (MK) (Keeney y Nelson, 1982).

La cosecha se realizó el 27 de noviembre de 2000. A los 30 días después del secado, se procedió a su limpieza, desrame o faenado, y pesado para expresar los resultados en rendimiento total (RT) de bulbos secos y limpios.

Los datos se analizaron estadísticamente con el programa Statistical Analysis System (SAS Institute, 1985) aplicando ANDEVA y análisis de regresión y comparación de medias con el test de Duncan (P < 0,05). Se analizó la relación entre el rendimiento relativo, como proporción del máximo, y la concentración de nitratos en el JF en cinco fechas de muestreo (agosto a octubre)

mediante el modelo de respuesta lineal y meseta (RLM) (Jauregui y Paris, 1985).

Los rendimientos se expresaron en forma relativa para cada sitio experimental con el objeto de reducir la alteración ocasionada por variables externas al modelo. El procedimiento para estimar el valor de concentración de nitrato crítico ( $x_c$ ) es iterativo y consiste en asignarle un valor inicial y calcular el coeficiente de determinación ( $r^2$ ), posteriormente esto se repite variando sistemáticamente el valor asignado a  $x_c$ , hasta encontrar el mayor valor de  $r^2$ . Siendo  $x_c$  el valor de nitrato en el JF cuando se alcanza la meseta de máximo rendimiento relativo. Jáuregui y Llop (1984) recomiendan que el modelo RLM sea utilizado en los programas regionales de evaluación de fertilidad de suelo, tanto en las etapas iniciales de diagnóstico y establecimiento de niveles críticos, como en los finales de estudios de funciones de respuesta a la fertilización y su evaluación económica.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El rendimiento total de bulbos de ajo se vio afectado en forma altamente significativa ( $P < 0,01$ ) por las dosis de N y la densidad de plantación, y fue significativa ( $P < 0,05$ ) para la interacción entre dichos factores. Los datos consignados en el Cuadro 1 muestran los efectos de las interacciones de los tratamientos sobre el rendimiento total y sus diferencias de medias. En la Figura 1 se presentan los modelos tipo cuadráticos altamente significativos ( $P < 0,01$ ) que se ajustaron relacionando rendimiento total y dosis de N aplicado para las tres densidades de plantación. Las dosis de N que maximizaron los rendimientos para las distintas densidades de plantación oscilaron entre 190 y 217 kg N ha<sup>-1</sup>. En todas las densidades se constató un efecto detrimental de la dosis de 300 kg N ha<sup>-1</sup> en el rendimiento.

### Cuadro 1. Efecto de diferentes dosis de nitrógeno (N) aplicados por fertirrigación y densidades de plantación (D) sobre el rendimiento de ajo cv. Nieve INTA.

Table 1. Effect of different nitrogen (N) doses applied by fertigation and planting densities (D) on the yield of garlic cv. Nieve INTA.

Tratamientos	Rendimiento kg ha <sup>-1</sup>
D <sub>40</sub> N <sub>225</sub>	12.913,40 a
D <sub>40</sub> N <sub>300</sub>	12.524,60 a
D <sub>40</sub> N <sub>150</sub>	12.146,30 ab
D <sub>30</sub> N <sub>225</sub>	11.332,30 abc
D <sub>40</sub> N <sub>75</sub>	11.315,20 abc
D <sub>30</sub> N <sub>150</sub>	10.819,90 bdc
D <sub>30</sub> N <sub>75</sub>	9.944,30 edc
D <sub>30</sub> N <sub>300</sub>	9.606,30 ed
D <sub>40</sub> N <sub>225</sub>	8.536,00 ef
D <sub>20</sub> N <sub>150</sub>	7.804,70 f
D <sub>20</sub> N <sub>300</sub>	7.768,10 f
D <sub>20</sub> N <sub>75</sub>	7.417,90 gf
D <sub>40</sub> N <sub>0</sub>	6.043,90 gh
D <sub>30</sub> N <sub>0</sub>	5.264,60 h
D <sub>20</sub> N <sub>0</sub>	4.943,30 h
	Nivel de probabilidad
Dosis N	0,001
Densidad	0,001
Dosis N * Densidad	0,012

N<sub>0</sub>, N<sub>75</sub>, N<sub>150</sub>, N<sub>225</sub>, N<sub>300</sub>: 0, 75, 150, 225 y 300 kg N ha<sup>-1</sup>

D<sub>20</sub>, D<sub>30</sub>, D<sub>40</sub>: 20, 30 y 40 plantas m<sup>-2</sup>

Medias con distintas letras son estadísticamente significativas según test de Duncan ( $P < 0,05$ ).

En cuanto a la concentración de nitratos determinados en el jugo foliar (JF), se hallaron efectos de la dosis de N en las diferentes fechas de muestreos (Cuadro 2). Se detectaron mayores valores de concentración de nitratos en el JF a mayores dosis de N agregado. Para la etapa de bulbificación (197 ddp), y en consideración de la importancia de este estado fenológico para el diagnóstico del estado nutricional nitrogenado, se obtuvo la relación entre la dosis de N aplicada (kg ha<sup>-1</sup>) y los contenidos de nitratos en el JF (g L<sup>-1</sup>). Se ajustó una ecuación lineal cuya expresión es:  $NO_3 = 0,40 + 0,012 N$ ,  $r^2 = 0,76$ ,  $n = 45$

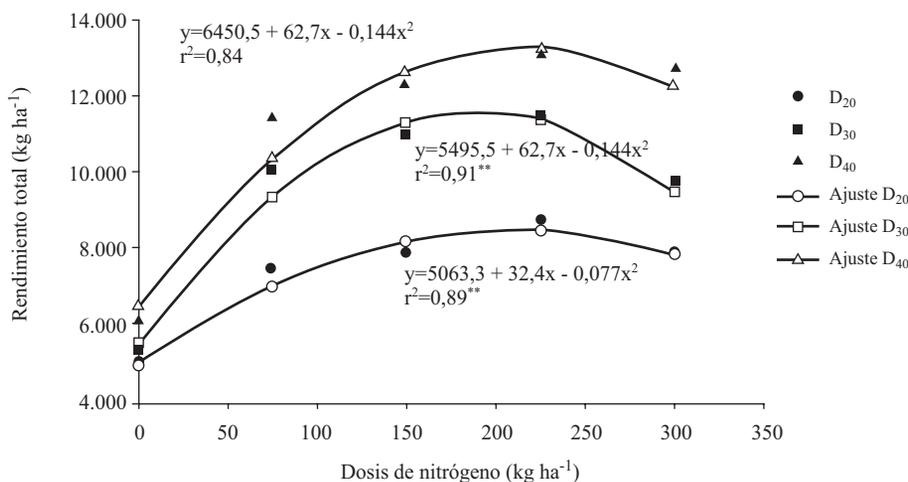
**Cuadro 2. Efecto de la fertirrigación nitrogenada sobre la concentración de nitratos en hojas de ajo cv. Nieve INTA, en cinco fechas de muestreo.**  
**Table 2. Effects of nitrogen fertigation on leaf sap nitrate concentration on garlic cv. Nieve INTA, at five sampling dates.**

Tratamientos	Concentración de nitratos en el jugo foliar <sup>1</sup> (mg L <sup>-1</sup> )				
	Fechas de muestreo (días después plantación)				
	152	168	182	197	221
N <sub>0</sub>	555,5 d	296,6 c	272,2 c	342,2 b	276,6 c
N <sub>75</sub>	811,1 c	796,6 b	837,7 b	1.315,5 a	581,1 b
N <sub>150</sub>	951,1 b	937,7 ab	933,3 ab	1.444,4 a	758,8 b
N <sub>225</sub>	1.065,5 a	1.034,4 ab	1.003,3 a	1.562,2 a	1.044,4 a
N <sub>300</sub>	1.100,0 a	1.046,6 ab	1.042,2 a	1.566,6 a	1.117,7 a
	Nivel de probabilidad				
Dosis N	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Densidad	0,050	0,732	0,487	0,985	0,900
Dosis N* dens.	0,231	0,438	0,180	0,177	0,959

<sup>1</sup>Media de nueve repeticiones.

N<sub>0</sub>, N<sub>75</sub>, N<sub>150</sub>, N<sub>225</sub>, N<sub>300</sub>: 0, 75, 150, 225 y 300 kg N ha<sup>-1</sup>.

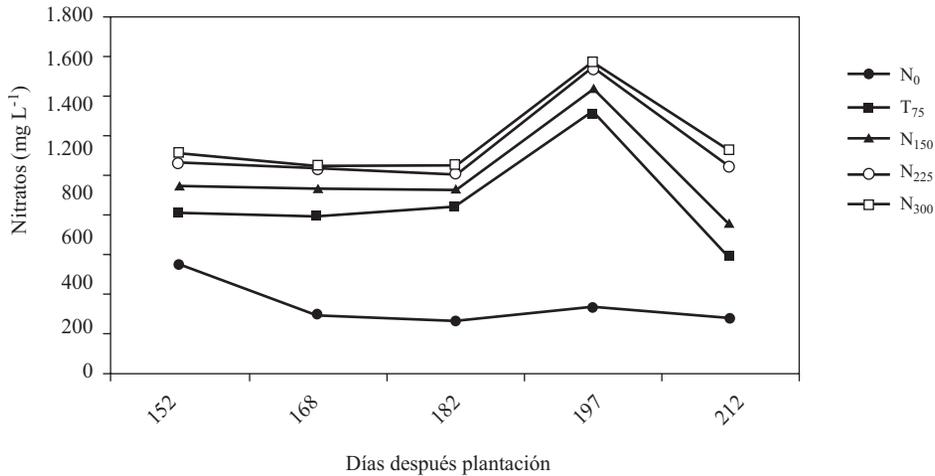
Medias dentro de una columna seguidas de la misma letra no difieren significativamente, según test de Duncan (P < 0,05).



**Figura 1. Relación entre las dosis de nitrógeno y el rendimiento total de ajo cv. Nieve INTA en tres densidades de plantación: 20 (D<sub>20</sub>), 30 (D<sub>30</sub>), 40 (D<sub>40</sub>) plantas m<sup>-2</sup>, respectivamente.**  
**Figure 1. Relation between nitrogen dose and total yield of garlic cv. Nieve INTA at three planting densities: 20 (D<sub>20</sub>), 30 (D<sub>30</sub>), 40 (D<sub>40</sub>) plants m<sup>-2</sup>, respectively**

La evolución de los contenidos medios de nitratos en el JF durante la temporada, monitoreados con el electrodo específico cada 15 días aproximadamente, desde mediados de agosto (152 ddp) y hasta mediados de octubre (212 ddp) se pueden observar en la Figura 2. Para cada fecha los contenidos de nitratos aumentan con las dosis de N, y para los tratamientos de fertilización muestran un patrón similar durante el ciclo. Durante los 152

y 182 ddp no hubo grandes variaciones del contenido de nitrato, pero a partir de los 182 ddp aumentaron en forma significativa alcanzando los niveles máximos a principio de octubre (197 ddp), en correspondencia con el inicio de la fase de bulbificación, para luego disminuir marcadamente. Por el contrario, el tratamiento control sin fertilizar mostró un comportamiento sin grandes variaciones a través del ciclo, y con



**Figura 2. Evolución del contenido de nitratos en el jugo foliar de ajo cv. Nieve INTA para las dosis de 0 (N<sub>0</sub>), 75 (N<sub>75</sub>), 150 (N<sub>150</sub>), 225 (N<sub>225</sub>) y 300 (N<sub>300</sub>) kg N ha<sup>-1</sup>.**

**Figure 2. Evolution of nitrate leaf sap content on garlic cv. Nieve INTA for nitrogen doses of 0 (N<sub>0</sub>), 75 (N<sub>75</sub>), 150 (N<sub>150</sub>), 225 (N<sub>225</sub>) and 300 (N<sub>300</sub>) kg N ha<sup>-1</sup>.**

tenores muy bajos de nitratos (< 0,5 g L<sup>-1</sup>). Este patrón general de los nitratos durante el ciclo coincidió con lo encontrado por Gaviola y Lipinski (2002) en un ensayo con ajo colorado cv. Fuego INTA, aunque los niveles encontrados en este cultivar fueron mayores, para las mismas dosis de N.

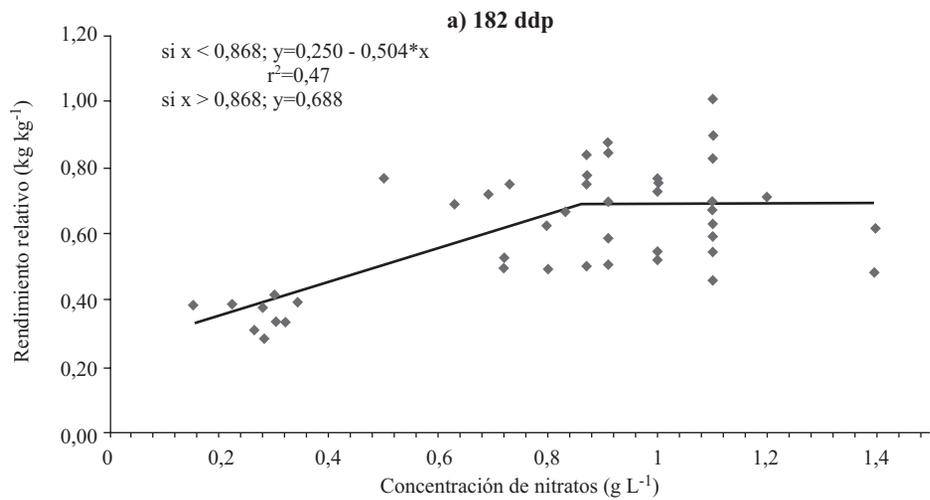
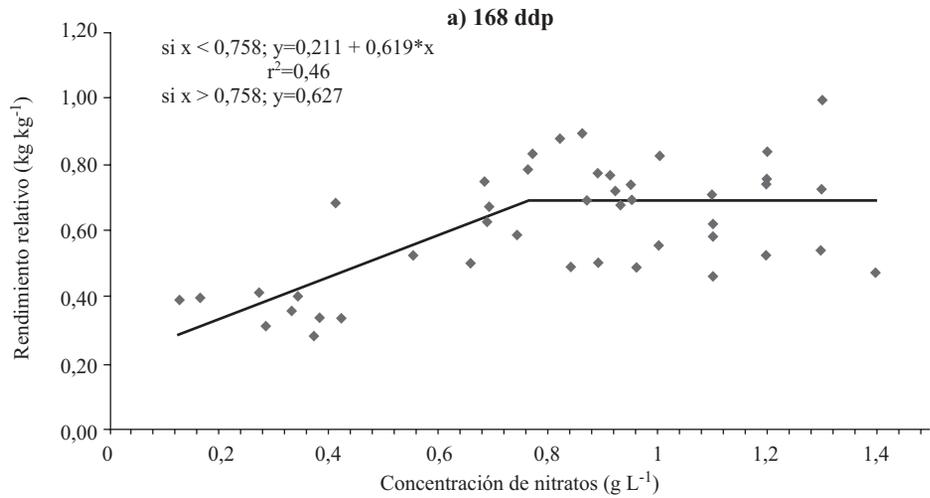
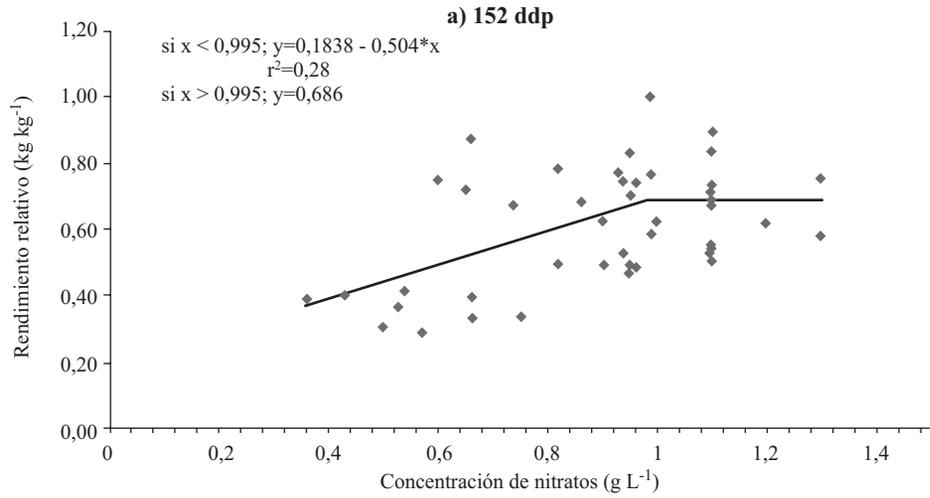
En la Figura 3 se presentan las relaciones obtenidas entre el rendimiento relativo de ajo y la concentración de nitratos en el JF entre agosto y octubre. Los umbrales de concentración de nitratos para maximizar los rendimientos, en las distintas fechas de muestreo, fueron: 0,99; 0,76; 0,87; 1,2 y 0,5 g L<sup>-1</sup> para 152, 168, 182, 197 y 212 ddp, respectivamente. En general, se hallaron umbrales inferiores a los obtenidos con el biotipo colorado cv. Fuego INTA (Gaviola y Lipinski, 2002). Considerando que los cultivares de ajo difundidos en Mendoza poseen una base genética relativamente amplia (Burba *et al.*, 2001), es posible que difieran en su capacidad para captar y reducir nitratos, y por eso es conveniente definir los umbrales de nitratos para alcanzar rendimientos máximos en cada caso.

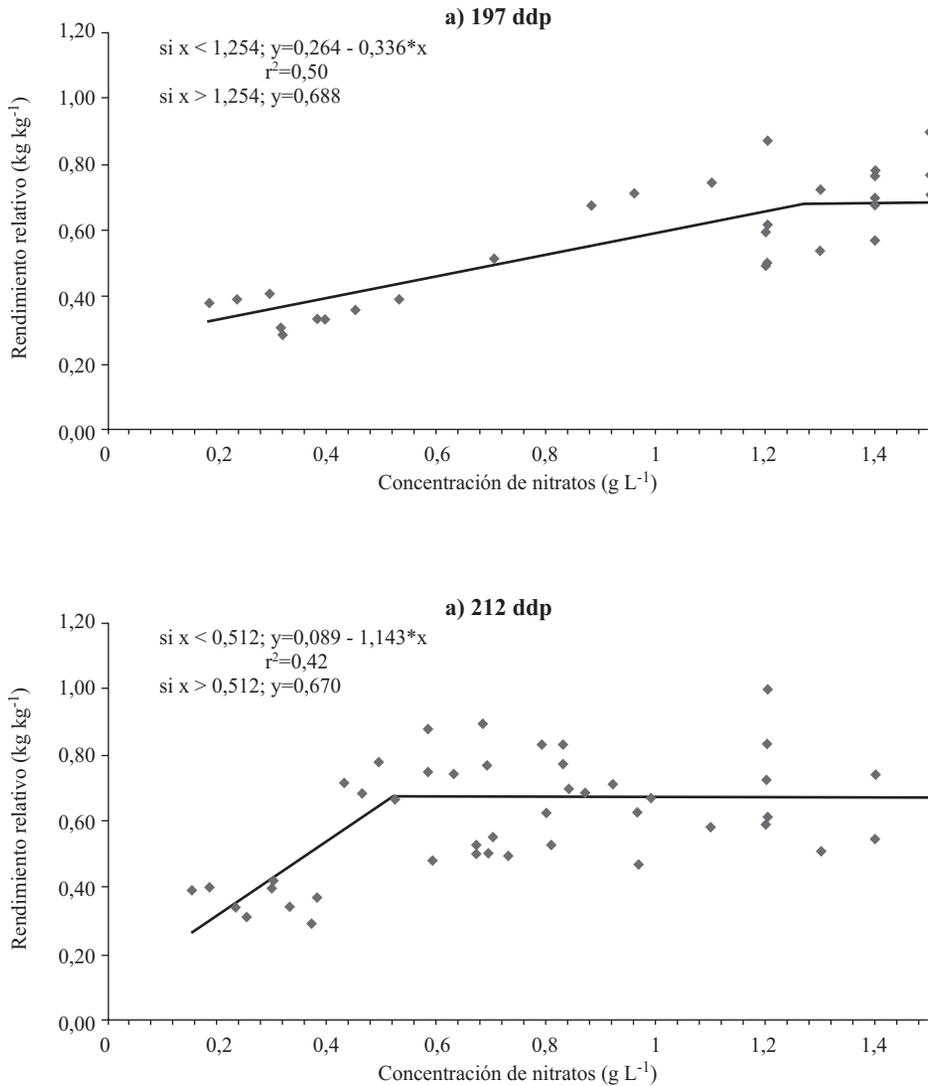
La correlación lineal entre el contenido de nitratos de la solución de suelo, obtenidos con las TR y los determinados por microkjeldahl fue altamente

significativa. La ecuación obtenida fue la siguiente: NO<sub>3</sub> mg L<sup>-1</sup> (MK) = 12,3 + 0,69 NO<sub>3</sub> mg L<sup>-1</sup> (TR); r<sup>2</sup> = 0,64, P < 0,01; n = 30. Estos resultados indicaron que las TR son un medio rápido y medianamente preciso para determinar la concentración de nitratos en la solución extraída del suelo por medio de cápsulas de porcelana.

En el Cuadro 3 se observan los contenidos de nitrato en la solución del suelo (MK) y la CE de la misma según los tratamientos de fertilización. En la última fecha de muestreo la CE aumentó en todos los tratamientos aunque en forma más marcada en los tratamientos de fertilización.

En las fechas del 18/9 y 19/10, coincidentes con una significativa tasa de crecimiento del cultivo, en los tratamientos N<sub>150</sub> y N<sub>225</sub>, los extractos de suelo presentaron niveles muy bajos de nitratos, lo que indica una fuerte capacidad de absorción de las plantas en estos dos tratamientos que fueron los de mejor desarrollo vegetativo. Estos resultados inducen a considerar la conveniencia de prolongar la fertilización hasta mediados de octubre, de modo de tener una buena provisión de N en un momento de gran exigencia por parte de la planta. En cambio en el tratamiento N<sub>75</sub>, el agotamiento del N se produjo más tarde, a partir del 19/10. En el riego por goteo, si el manejo no





**Figura 3. Relación entre el rendimiento relativo ( $\text{kg kg}^{-1}$ ) de ajo y la concentración de nitratos ( $\text{g L}^{-1}$ ) en el jugo foliar del cv. Nieve INTA, durante cinco fechas de muestreo.**

**Figure 3. Relation between relative garlic yield ( $\text{kg kg}^{-1}$ ) and nitrate concentration ( $\text{g L}^{-1}$ ) in leaf sap on cv. Nieve INTA, at five sampling dates.**

es practicado convenientemente, la fertirrigación puede contribuir a ocasionar problemas de salinidad y en algunos casos las sales pueden ser lixiviadas bajo la zona de las raíces y contaminar los acuíferos (Mmolawa y Dani, 2000). De acuerdo a Bar-Yosef (1999), la distribución de la

concentración de las raíces en el suelo y la distribución de la concentración de nutrientes en la solución del suelo son dos funciones importantes que deben ser ajustadas, de modo que la absorción de nutrientes sea óptima.

**Cuadro 3. Variación del nivel de nitratos ( $\text{NO}_3$ ,  $\text{mg L}^{-1}$ ) determinado por microkjeldahl y conductividad eléctrica (CE,  $\text{dS m}^{-1}$ ) en la solución del suelo según fechas y tratamientos.**

**Table 3. Variation of nitrate levels ( $\text{NO}_3$ ,  $\text{mg L}^{-1}$ ) measured by microkjeldahl and electrical conductivity (CE,  $\text{dS m}^{-1}$ ) in a soil solution according to date and treatments.**

Fecha de muestreo		Tratamientos				
		$\text{N}_0$	$\text{N}_{75}$	$\text{N}_{150}$	$\text{N}_{225}$	$\text{N}_{300}$
12 mayo	$\text{NO}_3$	28	298	338	263	257
	CE	1,54	1,64	3,99	4,03	2,39
08 agosto	$\text{NO}_3$	4,65	25	146	74	120
	CE	1,08	1,14	3,25	3,14	1,39
31 agosto	$\text{NO}_3$	0	22	173	87	136
	CE	106	1,07	2,53	2,96	1,37
18 septiembre	$\text{NO}_3$	0	85	4,65	4,65	271
	CE	1,26	1,51	2,4	3	2,14
19 octubre	$\text{NO}_3$	0	0	9	0	787
	CE	1,68	1,85	3,54	3,33	3,02
22 noviembre	$\text{NO}_3$	0	0	107	21,7	124
	CE	2,51	4,06	6,09	5,9	4,93

$\text{N}_0$ ,  $\text{N}_{75}$ ,  $\text{N}_{150}$ ,  $\text{N}_{225}$ ,  $\text{N}_{300}$ : 0, 75, 150, 225 y 300  $\text{kg N ha}^{-1}$ .

### CONCLUSIONES

La metodología de detección de la concentración de nitratos en el JF mediante el electrodo específico portátil sería de suma utilidad para determinar el estado nutricional de las plantas de ajo cv. Nieve INTA y el manejo de la fertirrigación.

Los contenidos de nitratos en el JF en el momento de la bulbificación correlacionaron positiva y significativamente con las dosis de N aplicadas. Los niveles máximos de nitratos en el JF se

alcanzaron a principio de octubre (197 ddp), en correspondencia con el inicio de la fase de bulbificación.

El momento oportuno de muestreo para determinar los umbrales de concentración de nitratos en el JF se establecen entre principio de septiembre y hasta mediados de octubre.

Se detectó un aumento de la salinidad del suelo en todos los tratamientos al final de la temporada del cultivo respecto al inicio del ciclo.

### LITERATURA CITADA

- Bar-Yosef, B. 1999. Advances in fertigation. Adv. Agron. 65:1-77.
- Binford, G.D., A.M. Blackmer, and B.G. Meese. 1992. Optimal concentration of nitrate in cornstalk at maturity. Agron. J. 84:881-887.
- Bischoff, M., A.M. Hiar, and R.F. Turco. 1996. Evaluation of nitrate analysis using test strips: comparison with two analytical laboratory methods. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 27:2765-2774.
- Brink, P.P., N.J. Combrink, and F. Knight. 2002. Evaluation of petiole nitrate measurement as an aid for N fertilization of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) on sandy soils. S. Afr. J. Plant Soil 19:1-7.
- Burba, J.L., R. Ocañas, y S. Lanzavechia. 2001. Evaluación y caracterización de la colección activa de ajo en el banco de germoplasma del INTA La Consulta. Grupo II: "morado"; Grupo III: "blancos"; Grupo IV: "colorados". p. 49-54. VII Curso/Taller Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo. 27 al 30 Junio 2001. INTA, Centro Regional de Cuyo, Mendoza, Argentina.
- Errebhi, M., C.J. Rosen, and D.E. Birong. 1998. Calibration of a petiole sap nitrate test for irrigated "Russet Burbank" potato. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 29:23-35.

- Gaviola, S., M.F. Filippini, y V.M. Lipinski. 1991. Ritmo de crecimiento y absorción de nutrientes en ajo (*Allium sativum* L.). Efecto de la fertilización sobre componentes del rendimiento en los tipos blancos y colorado. p. 105-112. I y II Curso Taller Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo. 24 al 29 Junio 1991. INTA, Centro Regional de Cuyo, Mendoza, Argentina.
- Gaviola, S., y V.M. Lipinski. 2002. Diagnóstico rápido de nitratos en ajo cv. Fuego INTA con riego por goteo. *Ciencia del Suelo* 20 (1):43-49.
- Hartz, T.K., R.F. Smith, M. Le Strange, and K.F. Schulbach. 1993. On-farm monitoring of soil and crop nitrogen status by nitrate-selective electrode. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 24:2607-2615.
- Hartz, T.K., R.F. Smith, K.F. Schulbach, and M. LeStrange. 1994. On-farm nitrogen test improve fertilizer efficiency, protect groundwater. *Calif. Agric.* 48:29-32.
- Hochmuth, G. 1994. Efficiency ranges for nitrate-nitrogen and potassium for vegetable petiole sap quick test. *Hortic. Technol.* July/Sept. p. 218-222.
- Jauregui, M.A., y A.A. Llop. 1984. Respuesta a los fertilizantes: divergencias entre los modelos Cate-Nelson y RLM. *Ciencia del Suelo* 2:187-192.
- Jauregui, M.A., and Q. Paris. 1985. Spline response functions for direct and carry-over effects involving a single nutrient. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49:140-145.
- Jemison, J.M., and R.H. Fox. 1988. A quick-test, nitrate test strips, reflectometer soil nitrate, stalk nitrate. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 19:1569-1582.
- Jones Jr., J.B. 1985. Soil testing and plant analysis: Guide to the fertilization of horticultural crops. *Hortic. Rev.* 7:61-67.
- Keeney, D.R., and D.W. Nelson. 1982. Nitrogen - inorganic forms. p. 643-698. *In* Black *et al.* (eds.) *Methods of soil analysis. Part 2.* Agron. 9. Am. Soc. Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Kubota, A., T.L. Thompson, T.A. Doerge, and R.E. Godin. 1996. A petiole sap nitrate test for cauliflower. *HortScience* 31:934-937.
- Lipinski, V.M., y S. Gaviola. 1999. Fuentes y dosis de nitrógeno en fertigación de ajo cv. Fuego INTA. *Horticultura Argentina* 18:28-32.
- Mmolawa, K., and O. Dani. 2000. Root zone solute dynamics under drip irrigation: a review. *Plant Soil* 222:163-190.
- Plank, C.O. (ed.) 1992. Plant analysis reference procedures for the southern region of the United States. 24 p. Ser. Bul. 368. Georgia Agric. Expt. Sta. Southern Coop., Georgia, USA.
- Sainz Rozas, H., H.E. Echeverria, G.A. Studdert, and G. Dominguez. 2000. Evaluation of the pre-sidedress soil nitrogen test for no-tillage maize fertilized at planting. *Agron. J.* 92:1176-1183.
- SAS Institute. 1985. User's guide. Statistics Version 5. SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA.
- Scaife, A., and M.K. Turner. 1987. Field measurements of sap and soil nitrogen top-dressing requirements of brussels sprouts. *J. Plant Nutr.* 10:1705-1712.
- Vitosh, M.L., and G.H. Silva. 1996. Factors affecting potato sap nitrate tests. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 27 (5-8):1137-1152.
- Zhang, H., D. Smeal, R.N. Arnold, and E.J. Gregory. 1996. Potato nitrogen management by monitoring petiole nitrate level. *J. Plant Nutr.* 19:1405-1412.