

## DIAGNÓSTICO RÁPIDO DE NITRATO EN AJO CV. FUEGO INTA CON RIEGO POR GOTEO

S GAVIOLA<sup>1</sup>, VM LIPINSKI<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Fac- Cs. Agrarias –U.N.Cuyo - Alte Brown 500 (5505) - Ch. de Coria - Mendoza, Argentina. E-mail: sgaviola@fca.uncu.edu.ar

<sup>2</sup> EEA La Consulta, INTA.CC:8, 5567 Mendoza, Argentina. E-mail: vlipinski@mendoza.inta.gov.ar

Recibido 13 de septiembre de 2001, aceptado 2 de mayo de 2002

### RAPID NITRATE DIAGNOSIS FOR GARLIC CV. FUEGO INTA UNDER DRIP IRRIGATION

Specific objectives of this work were: a) to determine the fresh leaf sap (JF) nitrate dynamics during the growing season in garlic cv. "Fuego INTA", b) to evaluate the relationship between nitrate concentration in JF and different N fertilizer rates, and c) to establish sufficiency concentration nitrate for fertirrigated garlic based on JF analysis associated with maximum yield. Two field studies were conducted on loamy sand soil (Typic Torrifluent) in Mendoza, Argentina with drip irrigation. During the first year urea, UAN (30N, liquid fertilizer) and ammonium nitrate at rate of 150 y 300 kg N ha<sup>-1</sup> were used. The following year, urea and UAN at rate of 150, 300 and 450 kg N ha<sup>-1</sup> were applied. Nitrate in garlic leaves was determined with a portable nitrate electrode, the Cardy Meter. Results showed that there were no differences between nitrogen fertilizers. However the total yield was adjusted to nitrate rates by a quadratic model ( $P > 0,001$ ) with  $R^2 = 0,79$  and  $0,83$  for two-year trials, respectively. Nitrate concentration in JF increased since September until October and then decreased as the crop matured. Nitrate levels were correlated with higher rates of N fertilizers. The determined thresholds of nitrate concentration in the JF to achieve maximum yields were 1,5; 1,3; 1,7 and 0,8 g L<sup>-1</sup> for 1-Set., 15-Set., 1-Oct., and 15-Oct., respectively. During the vegetative / bulbing initiation stage (178 days after emergency) the nitrate concentration sufficiency on JF associated with maximum yield was 1,7 g NO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>.

**Key words:** *Allium sativum* – nitrate - rapid methods - fertirrigation

### INTRODUCCION

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). En relación con este aspecto se están utilizando con bastante éxito, en otros países, procedimientos rápidos de determinación de nitratos y estado nitrogenado en diferentes especies hortícolas para dar recomendaciones de fertilización (Hartz *et al.* 1993, Errebhi *et al.* 1998).

Entre los métodos más utilizados están los que se basan en electrodos específicos como el Cardy Ion Meters, Horiba (Hochmuth 1994; Zhang *et al.* 1996) y Hach Meters (Vitosh, Silva 1996); métodos colorimétricos con bandas reactivas específicas como el Merckoquant Nitrate Tests Strips y HACH colorimeter, con y sin reflectómetro

(Pommerening *et al.* 1992, Bischoff *et al.* 1996) y; un método no destructivo que mide el índice de verdor que se relaciona con el contenido de clorofila y de nitrógeno de las hojas como el Minolta SPAD 502 (Martin 1995, Echeverría, Studdert 2001).

Los métodos basados en electrodos específicos y colorimétricos requieren obtener un extracto de alguna parte de la planta, generalmente pecíolos u hojas, por presión del material fresco. Este extracto es mal llamado savia y está compuesto por líquido apoplásmico, savia, citosol y líquido vacuolar. La utilización de estos métodos requieren estandarizar las condiciones de trabajo debido a que la concentración de nitratos puede estar afectada por la hora de muestreo, el órgano a analizar, el estadio fenológico y la variedad entre otros (Vitosh, Silva 1996). Según Rosen y Errebhi (1992) cuando compararon el comportamiento del Hach Meter y Cardy Meter, encontraron que éste último era de uso

más simple porque no requería diluir la savia, pero el Hach fue más estable y durable. El uso de las tiras reactivas demanda una gran experiencia del operador para interpretar las diferencias de color y el tiempo requerido para el total desarrollo del color. El uso de reflectómetros es recomendable para medir la intensidad del color de las tiras. Vitosh y Silva (1996) observan que el medidor de clorofila ha sido usado efectivamente en maíz para estimar el estado nutricional nitrogenado, pero que las variedades de papa presentan un amplio rango de colores foliares lo cual dificulta la calibración del instrumento.

Existen trabajos recientes en la región cuyana relacionados con el manejo de la fertirrigación nitrogenada de ajo colorado en cuanto a dosis y diferentes fuentes (Lipinski, Gaviola 1999), pero no hay antecedentes de monitoreo de niveles de nitratos ni umbrales de su concentración en material vegetal como método de ajuste de la fertilización relacionados con éstos aspectos.

Es importante fijar los umbrales de concentración de nitratos en el JF para lograr máximos rendimientos para las fechas de muestreo entre setiembre y mediados de octubre donde todavía es posible manejar la fertirrigación nitrogenada en ajo colorado, de modo de corregir una posible deficiencia. Según algunos autores (Ware *et al.* 1982) puede haber diferencias en el valor del umbral según el tipo de modelo de ajuste utilizado. Resultados similares fueron informados por Binford *et al.* (1992) quienes manifestaron que en maíz, el modelo tipo lineal-meseta era más recomendado para las relaciones entre el rendimiento relativo y la concentración de nitratos. Es de destacar que los valores de umbral no permiten definir la dosis de fertilización nitrogenada. El JF no refleja el flujo instantáneo de absorción de nitrato, sino que representa la integración del flujo de absorción de nitratos desde las raíces a la parte aérea durante los días previos a la medición (Echeverría *et al.* 2000). Muestreos en fechas posteriores al quince de octubre no deberían ser utilizadas para el diagnóstico del estado nutricional del cultivo de ajo considerando que no sería conveniente hacer correcciones de fertilización a partir de esa fecha.

Se plantean como objetivos: a) estable-

cer la utilidad de un método basado en un electrodo específico portátil para detectar diferencias de concentración de nitratos en el jugo foliar (JF) de las hojas de ajo del cultivar tipo colorado Fuego INTA durante su ciclo de cultivo, b) evaluar la relación entre los contenidos de nitratos en el JF y los tratamientos de fertirrigación nitrogenada y c) definir los momentos de muestreo durante el ciclo y determinar en diferentes fechas los umbrales de concentración de nitratos que se relacionen con los máximos rendimientos.

## MATERIALES Y METODOS

Se efectuaron dos ensayos durante 1997 y 1998 en el campo experimental del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), La Consulta, departamento de San Carlos, Mendoza (950 m snm; 33° S y 69° W), Argentina con ajo colorado, cultivar Fuego INTA. Los suelos de origen aluvial, profundos, de textura franco arenosa fino (Torrifluente Típico) tenían en los 30 cm superficiales, para el primer y segundo ciclo de ensayo, respectivamente: 0,99 dSm<sup>-1</sup> y 1,33 dSm<sup>-1</sup> de conductividad eléctrica en el extracto de saturación; 644 mg kg<sup>-1</sup> y 740 mg kg<sup>-1</sup> de nitrógeno total; 3,78 mg kg<sup>-1</sup> y 7,45 mg kg<sup>-1</sup> de fósforo extraíble con agua carbonicada en relación 1:10; 380 mg kg<sup>-1</sup> y 390 mg kg<sup>-1</sup> de potasio intercambiable y pH de 7,9 en los dos casos.

En ambos ensayos los ajos fueron plantados en camas de 0,80 m de fondo a fondo de surco, con cuatro hileras de plantas dispuestas en tres bolillos (0,11 m entre ellas). La densidad resultante fue de 400.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Se utilizaron cintas de riego por goteo T-Tape 508-30, colocada en el medio de la cama de siembra con tres emisores por metro lineal. El caudal de la cinta con orificios a 30 cm era de aproximadamente de 2,7 L m<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>. Las parcelas de ensayo fueron de 1,60 m de ancho por 50 m de largo. Las plantaciones se realizaron el 6 de mayo de 1997 y el 6 de abril de 1998. Los dientes semillas fueron tratados previo a la plantación para prevenir ataques de nemátodos y hongos.

En el primer ciclo los tratamientos fueron una combinación factorial de tres fuentes de nitrógeno (urea, UAN y nitrato de amonio) y dosis de nitrógeno (150 kg de N ha<sup>-1</sup> y 300 kg de N ha<sup>-1</sup>). En el segundo ciclo agrícola los tratamientos fueron una combinación factorial de dos fuentes de nitrógeno (urea y UAN) y dosis de nitrógeno (150 kg de N ha<sup>-1</sup>, 300 kg de N ha<sup>-1</sup> y 450 kg de N ha<sup>-1</sup>). El diseño fue, en ambos ensayos, en bloques completamente aleatorizados con tres repeticiones. En los dos ciclos se adicionó un tratamiento control

sin nitrógeno.

Durante el primer año de ensayo la aplicación del total de nitrógeno se realizó durante los meses de agosto y setiembre. En el segundo ciclo, durante los meses de junio y julio, se aplicó el 10% de la dosis total y en agosto y setiembre el 90% restante. El programa de fertirrigación en el año 1997 consistió en 8 aplicaciones en agosto totalizando un 47 % del N total agregado y el resto en 8 aplicaciones durante setiembre. En 1998 la primera fertirrigación se realizó a principios de junio y hasta el 31 de julio se aplicó, en 5 oportunidades, sólo el 9.3% de la dosis total de N. Durante agosto en 4 fertirrigaciones se agregó un 24% más del N y el resto en setiembre en 5 oportunidades.

Los riegos fueron calculados sobre la base de la evaporación del tanque A afectado por el coeficiente de bandeja (kp: 0,75) y los coeficientes del cultivo (kc) que variaron entre 0,40 y 1,30. Durante los años 1997 y 1998 se realizaron 88 y 82 riegos con una lámina total de 746 mm y 718 mm respectivamente. Las precipitaciones registradas fueron 265 mm y 163 mm y las evapotranspiraciones calculadas del cultivo fueron de 788 mm y 718 mm, en cada uno de los dos ciclos.

Durante el desarrollo del cultivo se realizaron muestreos de hojas para la determinación de nitratos mediante un electrodo portátil específico de nitratos (Cardy Ion Meters, Horiba), de lectura digital. Durante el primer y segundo ciclo se realizaron tres y siete muestreos. Se extrajeron al azar, diez hojas recientemente maduras (4<sup>o</sup> hoja desde

el ápice) representativas de cada parcela de ensayo y se colocaron en bolsas de polietileno. Se procedió a su molienda por presión manual con un cilindro y se dejó en reposo durante una hora y media de modo de asegurar la liberación completa del jugo celular y estandarizar las condiciones de trabajo. 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 fueron tomadas entre las 10 y 12 A.M., para minimizar las diferencias en la turgencia de las células de las plantas (Vitosh, Silva 1996). El electrodo se calibró y controló cada 5 muestras usando soluciones standard de 200 y 2000 mg L<sup>-1</sup> de nitratos.

La cosecha se realizó el 26 y el 12 de diciembre de cada año. A los 30 días después del secado, se procedió a su limpieza, descolado y pesado para expresar los resultados en rendimiento total de bulbos secos y limpios. Se efectuó el análisis de la varianza correspondiente al diseño factorial completo y balanceado (excluyendo al tratamiento testigo), para la concentración de nitratos en el jugo foliar mediante el procedimiento GLM incluido en la rutina del programa Statistical Analysis System (SAS Institute 1985). Con los datos de los dos ciclos, se analizó la relación entre el rendimiento relativo, como proporción del máximo, y la concentración de nitratos en el JF en cuatro fechas de muestreos (setiembre y octubre) mediante el ajuste no lineal del modelo lineal-meseta. Se obtuvo un modelo  $Y = a + bx$  para aquellos valores de concentración de nitratos que estuvieran por debajo del umbral determinado por la in-

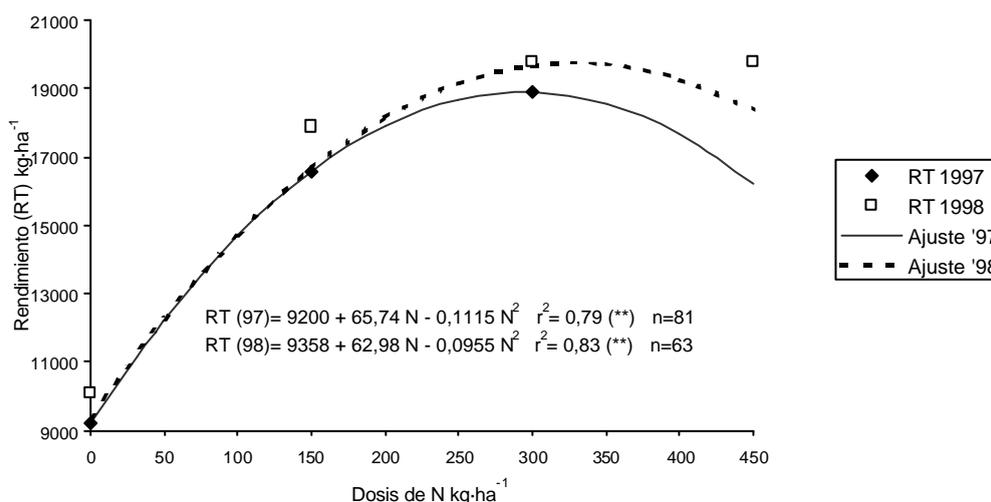


Figura 1. Efectos de diferentes dosis de nitrógeno (N) aplicados por fertirrigación sobre el rendimiento total de ajo colorado cv. Fuego INTA.

Figure 1. Total yield of garlic cv. Fuego INTA affected by different N rates fertilizers, in drip irrigation.

Tabla 1. Análisis de la varianza para la concentración de nitratos en el jugo foliar del cv. Fuego INTA en función de la dosis y fuente de nitrógeno.

Table 1. Analysis of variance of leaf sap nitrate as a function of nitrogen source and rates in the garlic cv. Fuego INTA.

Factor de tratamiento	Fechas de muestreo									
	1997			1998						
	1/9	20/10	4/12	3/9	16/9	1/10	15/10	3/11	13/11	3/12
Concentración de nitratos en el jugo foliar										
P > F										
FU	0.144	0.498	0.873	0.219	0.569	0.188	0.456	0.143	0.445	0.040
N	0.000	0.000	0.005	0.007	0.498	0.093	0.000	0.000	0.001	0.000
FU* N	0.221	0.217	0.817	0.686	0.194	0.242	0.171	0.509	0.550	0.074
CV (%)	9.31	17.23	22.62	10.14	26.68	14.09	14.97	21.00	36.47	22.52

N: dosis de nitrógeno, FU: fuentes de nitrógeno

tersección entre la recta y la meseta, donde  $Y$  representa el rendimiento relativo y  $x$  es la concentración de nitratos en el jugo foliar. Para los valores que estuvieran por encima de dicho umbral,  $Y =$  meseta. Los valores umbral de concentración de nitratos y los de las mesetas surgieron como parámetros estimados por la metodología de ajuste no lineal.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Hubo respuesta significativa del rendimiento total a las diferentes dosis de nitrógeno ajustándose a modelos cuadráticos altamente significativos ( $P > 0,001$ ) con un  $r^2$  de 0,79 y 0,83 para 1997 y 1998, respectivamente.

Por el contrario, las respuestas al agregado de diferentes fuentes de nitrógeno y a la interacción fuente por dosis no dieron significativas. Las dosis de nitrógeno que maximizaron los rendimientos (18,9 y 19,7  $\text{Mg ha}^{-1}$ ) de ajo limpio y seco fueron de 295 y 330  $\text{kg N ha}^{-1}$ , respectivamente (Figura 1). Si bien el comportamiento en los dos años fue muy similar, las ligeras diferencias encontradas en rendimientos a favor del ciclo 1998, podría deberse a la anticipación de un mes en la fecha de plantación cuya influencia positiva sobre los rendimientos en ajo ha sido demostrada en ensayos locales por Borgo *et al.*

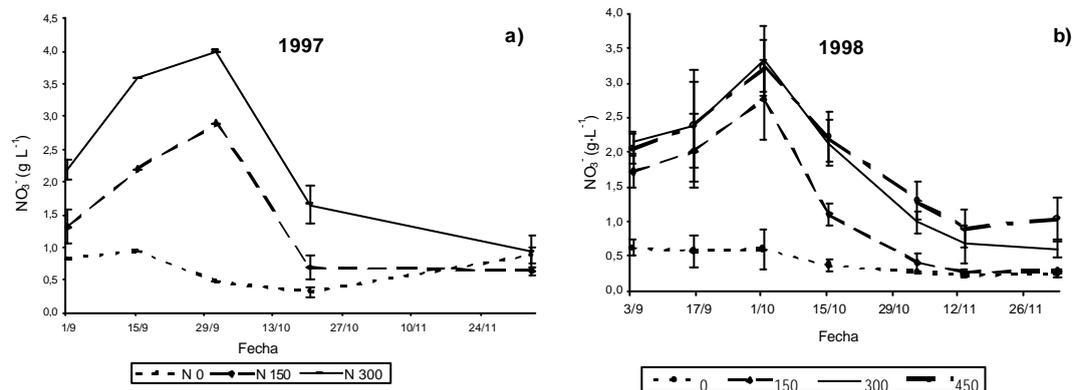


Figura 2. Evolución del contenido de nitratos en el jugo foliar (JF) de ajo Fuego INTA para las dosis de 0 (N0), 150 (N150), 300 (N300) y 450 (N 450)  $\text{kg N ha}^{-1}$  durante a) 1997 y b) 1998. Intervalos de confianza  $P < 0.05$ .

Figure 2. Evolution of nitrate leaf sap concentration (JF) on cv Fuego INTA garlic, at fertilization rates of 0 (N0), 150 (N150) and 300 (N300)  $\text{kg N ha}^{-1}$  during a) 1997 and b) 1998. Confidence limits  $P < 0.05$ .

(1991). Durante el ciclo 1998 se constató un efecto detrimental del rendimiento en la dosis de 450 kg de N ha<sup>-1</sup>.

En los dos ciclos los contenidos de nitratos en hojas no fueron influenciados por la fuente ni tampoco hubo interacción fuente por nitrógeno (Tabla 1), salvo en el caso de la última fecha de muestreo de poco valor diagnóstico. Sí hubo diferencias significativas entre los niveles de nitrógeno aplicado. La variación del contenido medio de nitratos en el jugo foliar durante el ciclo de cultivo, para los diferentes niveles de fertilidad nitrogenada y para los dos ciclos, se puede observar en la Figura 2. Los contenidos de nitratos en el JF de ajo colorado en todos los tratamientos de fertilización, comenzaron a aumentar a partir de los primeros días de setiembre alcanzando los máximos niveles a principio de octubre, en correspondencia con la iniciación de la fase de bulbificación para luego disminuir en forma significativa. Por el contrario el tratamiento testigo sin fertilizar mostró un comportamiento sin grandes variaciones a través del ciclo y con tenores de nitratos muy bajos (< a 1 g L<sup>-1</sup>) en el JF. Ensayos previos con ajo colorado han determinado que durante los meses de agosto y setiembre se produce una significativa síntesis de biomasa aérea. Si se ajusta el programa de fertirrigación en relación con este pico de demanda de nitrógeno, la planta tendrá fotoasimilados suficientes para traslocar al bulbo cuando comienza la fase de bulbificación que se produce a partir de octubre. Gaviola de Heras *et al.* (1991) determinaron que el aumento de peso del bulbo en ajo colorado alcanza entre el 63% y 67% de su peso final entre mediados de octubre y mediados de noviembre.

También se puede observar en las Figura 2 que, en general, a mayores dosis de nitrógeno agregado se detectaron mayores valores de nitratos en el JF. Para el estadio de bulbificación (mediados de octubre) y considerando los dos ciclos de ensayo, la relación entre las dosis de nitrógeno aplicada y los contenidos de nitratos en el JF en dicha fecha de muestreo, permitió ajustar una ecuación cuadrática altamente significativa cuya expresión es:  $\text{NO}_3^- = 304 + 4,83 \cdot \text{N} - 0,0007 \cdot \text{N}^2$ ,  $r^2 = 0,77$ ; (n: 42). La estrecha relación obtenida indica que la concentración de nitratos medi-

da en el JF con el método del electrodo portátil refleja la disponibilidad de nitrógeno provocada por diferentes dosis de fertilizantes nitrogenados aplicados. Vitosh y Silva (1996) encontraron en un ensayo de campo con seis cultivares de papa, una estrecha asociación entre la concentración de nitratos medidos con electrodo específico en la savia del pecíolo y las dosis de fertilizantes nitrogenados.

Numerosos trabajos en diferentes es-

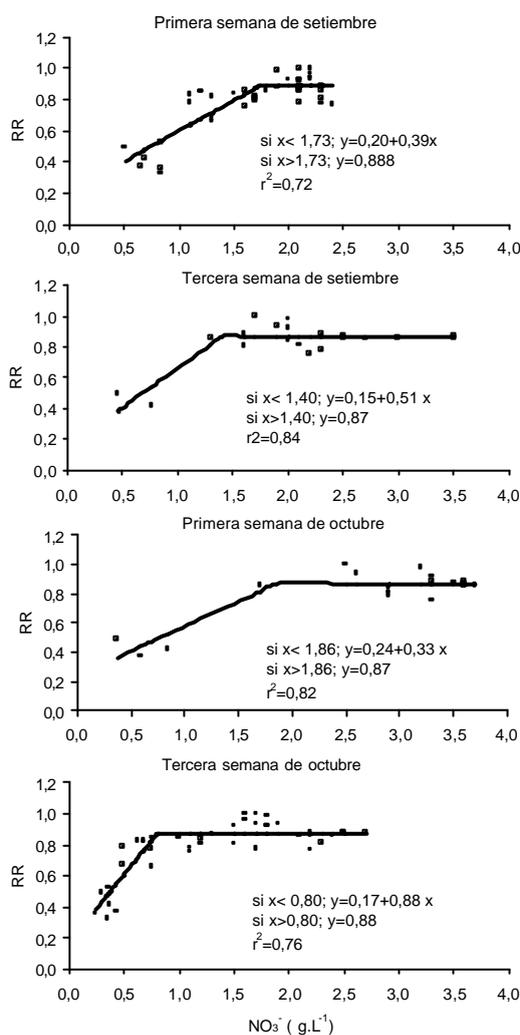


Figura 3. Relación entre el rendimiento relativo (RR, kg kg<sup>-1</sup>) y el contenido de nitratos determinado en el jugo foliar (JF, g L<sup>-1</sup>) de la cv. Fuego INTA, durante los meses de setiembre y octubre.

Figure 3. Relation between relative yield and nitrate concentration determined in leaf sap (JF, g L<sup>-1</sup>) on cv. Fuego INTA, during september and october.

pecies hortícolas, citan haber encontrado una correlación positiva altamente significativa entre los nitratos medidos en la savia con electrodo específico, tanto de hojas como en pecíolo, y el nitrógeno total en el material seco medidos con los procedimientos convencionales de laboratorio (Zhang *et al.* 1996; Kubota *et al.* 1996; Kubota *et al.* 1997). Esto sugiere que procedimientos rápidos como el de electrodos específicos para nitratos pueden ser usados en reemplazo de los métodos convencionales de determinación de N en materia seca con lo cual se reduce significativamente el tiempo y costos analíticos. Además, la concentración de nitratos en la savia de hojas y pecíolo, refleja la cantidad de nitrógeno realmente disponible en el metabolismo de las plantas y permitiría contar con un diagnóstico más rápido y preciso del estado nutricional de N en cultivos con riego por goteo.

En la Figura 3 se presentan las relaciones obtenidas entre el rendimiento relativo de ajo y los contenidos de nitratos en el JF durante los meses de setiembre y octubre, con los datos de los dos ciclos de ensayos durante la primera semana de setiembre y segunda quincena de octubre. Para la cultivar evaluada se definieron los umbrales de concentración de nitratos en el JF para maximizar los rendimientos y los momentos de muestreo cada 15 días los cuales son: 1,5 g NO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>(1-set); 1,3 g NO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup> ( 15-set); 1,7 g NO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>(1-oct.) y 0,8 g NO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup> (15-oct). Se hallaron umbrales superiores cuando se utilizó el modelo cuadrático, respecto a modelos lineales.

En síntesis, en nuestras condiciones de ensayo los contenidos de nitratos en el jugo foliar en el momento de máxima bulbificación de ajo colorado (mediados de octubre) correlacionaron positiva y significativamente con las dosis de nitrógeno aplicadas por lo que se estima que este método de diagnóstico puede ser adecuado para determinar el estado nutricional de las plantas de ajo y el manejo de la fertirrigación. Los mayores rendimientos de bulbos en ajo del cv. Fuego INTA en las condiciones del ensayo, durante los dos ciclos agrícolas, fue obtenido con el tratamiento de fertilización de 300 kg de N ha<sup>-1</sup>. Se definieron los umbrales de concentración de nitratos en el JF para maximizar los rendimien-

tos y los momentos oportunos de muestreo cada 15 días los cuales son: 1,5 g NO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>(1-set); 1,3 g NO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup> ( 15-set); 1,7 g NO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>(1-oct.) y 0,8 g NO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup> (15-oct.). Se considera, por todo lo analizado, que las fechas de muestreo del JF óptima para el control del estado nutricional nitrogenado de ajo colorado por su valor diagnóstico se encuentra entre principio de setiembre y hasta mediados de octubre.

#### REFERENCIAS

- Binford GD, Blackmer AM, Meese BG. 1992. Optimal concentration of nitrate in cornstalks at maturity. *Agron. J.* 84: 881-887.
- Bischoff M, Hiar AM, Turco RF. 1996. Evaluation of nitrate analysis using test strips: comparison with two analytical laboratory methods. *Commun Soil Sci Plant Anal.* Monticello, 27: 2765-2774.
- Borgo R, Stahlschmidt O, Cavagnaro JB, y Burba JL. 1991. Incidencia de las fechas de plantación sobre el rendimiento de ajo (*Allium sativum* L) tipo colorado. En: XIV Congreso Argentino de Horticultura, Mar del Plata, ASAHO. Resúmenes: 51.
- Echeverría HE, Strada RA, Studdert GA. 2000. Métodos rápidos de análisis de plantas para evaluar la nutrición nitrogenada del cultivo de trigo. *Ciencia del Suelo* 18: 105-114.
- Echeverría HE, Studdert GA. 2001. Predicción del contenido de proteína en grano de trigo (*Triticum aestivum* L) mediante el índice de verdor de la hoja bandera. *Ciencia del Suelo* 19: 67-74.
- Errebhi M, Rosen CJ, Birong DE. 1998. Calibration of a petiole sap nitrate test for irrigated "Russet Burbank" potato. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 29: 23-35.
- Gaviola de Heras S, Filippini M.F., y Lipinski V.M. 1991. Ritmo de crecimiento y absorción de nutrimentos en Ajo (*Allium sativum* L.). Efecto de la fertilización sobre componentes del rendimiento en los tipos blancos y colorados. En: Curso/Taller sobre Producción, Comercialización e Industrialización de Ajo (I y II, Mendoza), INTA. Centro Regional Cuyo: 105-112.
- Hartz TK, Le Strange M, May DM. 1993. Nitrogen requirements of drip-irrigated peppers. *HortScience* 28: 1097-1099.
- Hochmuth GJ. 1994. Efficiency ranges for nitrate-nitrogen and potassium for vegetable petiole sap quick tests. *HortTechnology Reviews.* 4: 218-222.
- Jones Jr. J B. 1985. Soil testing and plant analysis: Guide to the fertilization of horticultural crops.

- Hort. Rev:1- 67.
- Kubota A, Thompson TL, Doerge TA, Godin RE. 1996. A petiole sap nitrate test for cauliflower. HortScience. 31: 934-937.
- Kubota A, Thompson TL, Doerge TA, Godin RE. 1997. A petiole sap nitrate test for broccoli. J. Plant Nutr. 20: 669-682.
- Lipinski VM, Gaviola S. 1999. Fuentes y dosis de nitrógeno en fertigación de ajo cv. Fuego INTA. Horticultura Argentina 18: 28-32.
- Martin RJ. 1995. Evaluation of rapid field methods for determining the nitrogen status of potatoes crops. Proc. Ann. Conference Agron. Soc. New Zeland. 25:91-95.
- Plank CO (ed.) 1992. Plant analysis reference procedures for the southern region of the United States. Georgia Agr. Expt. Sta. Southern Coop. Ser. Bull. 368.
- Pommerening B, Palazo D, Mastrovito D, Martelli S, Vanadia S. 1992. A quick test for determining nitrate concentrations in fresh vegetables. Adv. Horticultural Sci. 6: 33-36.
- Rosen CJ, Errebhi M. 1992. A field sap test for determining petiole nitrate nitrogen. En: Proceedings Wisconsin Potato and Vegetable Growers Annual Meeting. University of Wisconsin, Madison, WI: 105-112.
- SAS Institute INC. 1985. User's guide. Statistics. Version 5. SAS Institute Inc., Cary North Carolina, USA.
- Vitosh, ML, Silva GH.1996. Factors affecting potato sap nitrate tests. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 27: 1137-1152.
- Ware GO, Ohki K, Moon LC. 1982. The Mitscherlich plant grown model for determining the critical nutrient deficiency levels. Agron. J. 74:88-91
- Zhang H, Smeal D, Arnold RN, Gregory EJ. 1996. Potato nitrogen management by monitoring petiole nitrate level. J. Plant Nutr. 19: 1405-1412.