



Revista Fitotecnia Mexicana

ISSN: 0187-7380

revfitotecniamex@gmail.com

Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C.

México

Leyva Ruelas, Gabriel; Sánchez García, Prometeo; Alcántar González, Gabriel; Valenzuela Ureta, José Guadalupe; Gavi Reyes, Francisco; Martínez Garza, Ángel

Contenido de nitratos en extractos celulares de pecíolos y frutos de tomate

Revista Fitotecnia Mexicana, vol. 28, núm. 2, abril-junio, 2005, pp. 145-150

Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C.

Chapingo, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61028208>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

## CONTENIDO DE NITRATOS EN EXTRACTOS CELULARES DE PECÍOLOS Y FRUTOS DE TOMATE

### NITRATES CONTENT IN CELLULAR EXTRACTS OF TOMATO PETIOLES AND FRUITS

Gabriel Leyva Ruelas<sup>1, 2</sup>, Prometeo Sánchez García<sup>1</sup>, Gabriel Alcántar González<sup>1</sup>, José Guadalupe Valenzuela Ureta<sup>2</sup>, Francisco Gavi Reyes<sup>1</sup> y Ángel Martínez Garza<sup>3</sup>

<sup>2</sup> Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Autónoma Chapingo. Km 38.5 Carr. México-Texcoco. C. P. 56230 Chapingo, Edo. de México. Tel. y Fax: 01 (595) 952-1629. Correo electrónico: gleyva\_ruelas@hotmail.com <sup>1</sup> Programa de Edafología, Instituto de Recursos Naturales, Colegio de Postgraduados. Km 36.5, Carr. México-Texcoco. C. P. 56230, Montecillo, Edo. de México. Tel. y Fax 01 (595) 952-0200. <sup>2</sup> Campo Experimental del Valle de Culiacán, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km 17 Carr. Culiacán-El Dorado, Culiacán, Sinaloa. Tel. y Fax: 01 (667) 760-5423. <sup>3</sup> Instituto de Estadística, Colegio de Postgraduados. Km 36.5 Carr. México-Texcoco, C.P. 56230, Montecillo, Edo. de México. Tel: 01 (595) 952-0200.

\* Autor para correspondencia

#### RESUMEN

En esta investigación se analizó el contenido de nitratos en el extracto celular de peciolo y frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) de la variedad Sierra Madre, de crecimiento indeterminado. Las semillas se sembraron en sustrato "terra-lite" y después de 30 d las plántulas se transplantaron al campo. Se utilizaron dos formas de riego (gravedad y fertirriego) y dos niveles de fertilización (0 y 454 kg ha<sup>-1</sup> de N). El diseño experimental consistió en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Los fertilizantes con N se aplicaron en dosis variables de acuerdo con las etapas de desarrollo de las plantas, hasta completar 454 kg de N ha<sup>-1</sup>. El contenido de nitratos en el extracto celular de los peciolo y de los frutos de tomate se midió cada dos semanas, desde el inicio de la fructificación hasta la última cosecha. Los resultados mostraron altas concentraciones de nitratos en los peciolo y en los frutos en las fases de fructificación y maduración, relacionados con aplicaciones excesivas de nitratos al suelo. La cantidad de nitratos en los peciolo fueron el doble que los valores reportados en trabajos similares, y en los frutos los niveles de nitratos superaron ampliamente los límites máximos permitidos para tomate fresco (60 mg kg<sup>-1</sup>), de acuerdo con las normas de Rusia y de Europa.

**Palabras clave:** *Lycopersicon esculentum* Mill, fertilización nitrogenada, nitratos, peciolo, frutos.

#### SUMMARY

In this work we analyzed the nitrate contents in cellular extracts of petioles (ECP) and fruits of tomato (*Lycopersicon esculentum*, Mill) cv Sierra Madre an indeterminate growth variety. Tomato seeds were germinated in "terra-lite" as growing medium and after 30 d the plants were transplanted to field conditions. Two irrigation systems were utilized (fertigation and furrow irrigation) and two fertilization levels (0 and 454 kg ha<sup>-1</sup> NO<sub>3</sub>-N). The experiment was arranged in a complete block design with four replications. The nitrogen was applied in variable dosages, according to the plant physiological stage (total N= 454 kg ha<sup>-1</sup>). Nitrate concentration in petioles and fruits

were determined every two weeks, from fruit set to the last harvest. High levels of nitrate in petioles and fruits were found mainly at the developing and ripening stages, in association with excessive a nitrate application to soil. Nitrate contents in petioles were 100 % higher than in similar reports and in fruits nitrate exceeded the permissible limit (60 mg kg<sup>-1</sup>) of Europe and Russia.

**Index words:** *Lycopersicon esculentum* Mill, nitrogen fertilization, nitrates, petioles, fruits.

#### INTRODUCCIÓN

Las hortalizas retienen en sus tejidos mayor cantidad de nitratos que otras plantas (Veronina, 1997; Ministry of Agriculture, U.K. 1998). En tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) Halbrooks y Wilcox (1980) encontraron que la acumulación de N, P y K en frutos fue superior que en las hojas, a los 70 d del transplante, lo que demuestra que estas plantas demandan altas concentraciones de N durante la fructificación. Algunas especies cuya maduración de fruto es temprana acumulan mayor cantidad de nitratos que las de maduración tardía (Kowal y Barker, 1981).

La concentración de nitratos en el tejido de las plantas es un indicador del nivel de suficiencia de nitrógeno en la planta (Geraldson y Tyler, 1990). Al respecto, Bres *et al.* (1991) encontraron que 96 % de las hortalizas de hoja, 73 % de las plantas de tubérculo y 29 % de las hortalizas de fruto, contenían elevadas concentraciones de nitratos debido principalmente a malas prácticas de fertilización. En Polonia, Rostkowski *et al.* (1994), al medir el contenido de nitratos y nitritos de hortalizas en el mercado [lechuga

(*Lactuca sativa* L.), tomate, zanahoria (*Daucus carota* L.), calabaza (*Cucúrbita pepo* L.), y papa (*Solanum tuberosum* L.)], reportaron valores de 15 a 3924 mg por  $\text{kg}$  de producto fresco, donde los valores más altos se registraron en eneldo (*Anethum graveolens* L) y los más bajos en tomate. Según Lakidov *et al.* (1994), la concentración de nitratos en papa ( $192 \text{ mg kg}^{-1}$ ) y calabaza ( $666\text{--}918 \text{ mg kg}^{-1}$ ), superó a la de tomate ( $27\text{--}33 \text{ mg kg}^{-1}$ ) y pepino ( $286\text{--}324 \text{ mg kg}^{-1}$ ).

Los productores de tomate para exportación en el Valle de Culiacán en el noroeste de México, para incrementar el rendimiento por unidad de superficie aplican hasta el doble de la dosis recomendada de N, que es del orden de  $280 \text{ kg de N ha}^{-1}$  (Mascareño)<sup>1</sup>. Un nivel alto de nitratos en el peciolo es  $1300 \text{ mg L}^{-1}$  con el que las plantas presentan desarrollo óptimo; el nivel óptimo es de  $1000 \text{ mg L}^{-1}$  que corresponde a plantas que desarrollan normalmente durante todo el ciclo de producción; y un nivel bajo de nitratos en peciolo corresponde a concentraciones menores de  $850 \text{ mg L}^{-1}$ , el cual indica carencia de nitrógeno (Hartz y Hochmuth, 1996). De la cantidad de N que se aplica al suelo una fracción es aprovechada por la planta, otra es inmovilizada por organismos del suelo y el resto se pierde en el ambiente. No existen datos de la cantidad de nitratos que se acumulan en los tejidos y frutos de tomate en estas condiciones.

Algunos informes en Alemania establecen que el consumo diario de nitratos que no produce daño a la salud de las personas es de  $3.65 \text{ mg}$  por  $\text{kg}$  de peso corporal, lo que corresponde a  $255.5 \text{ mg}$  de nitratos para un individuo de  $70 \text{ kg}$  de peso (Galler, 1997). Los límites máximos de concentración de nitratos en plantas establecidos en algunos países europeos, varían entre  $150$  a  $1000 \text{ mg}$  de  $\text{KNO}_3$  por  $\text{kg}$  de producto fresco, según la clase de hortaliza.

En Rusia, el Ministerio de Salud Pública estableció los siguientes límites máximos de concentración de nitratos: en tomate fresco  $60 \text{ mg kg}^{-1}$ , en papa  $80 \text{ mg kg}^{-1}$ , en col y pepino (*Cucumis sativus* L)  $150 \text{ mg kg}^{-1}$ , en melón (*Cucumis melo* L.) y sandía (*Citrullus lanatus* L.)  $45 \text{ mg kg}^{-1}$  de nitratos (Yagodin, 1986).

Los países miembros del Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) al que pertenece México, no cuentan con información precisa sobre el contenido de nitratos en los tomates que se consumen; tampoco se han definido normas o límites máximos sobre la presencia de ni-

tratos en ésta y otras hortalizas; de existir, se hubieran incluido en la iniciativa de ley anunciada en Estados Unidos en 1997, sobre el aseguramiento de inocuidad de las frutas y hortalizas que importa ese país. Sin embargo, en el futuro los niveles de nitratos pueden convertirse en una barrera para la comercialización de las hortalizas mexicanas. En la presente investigación el objetivo fue determinar el contenido de nitratos en peciolo y frutos de tomate producidos en campo, obtenidos de plantas cultivadas con las dosis de N y técnicas de producción de los horticultores de Sinaloa. La meta es contribuir al uso apropiado de las dosis de nitratos y advertir sobre la acumulación de este ion en plantas y frutos de tomate, así como contribuir a generar información que permita normar la concentración de nitratos en hortalizas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el del Campo Experimental del Valle de Culiacán, del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Forestales y Pecuarias (CEVACU-INIFAP) en Culiacán, Sinaloa, en el ciclo agrícola otoño-invierno de 1999. El suelo del lote experimental, de acuerdo con la clasificación FAO (Brady y Weil, 1999), es un vertisol crómico, de textura arcillosa, con pH de 7.6, densidad aparente de  $1.3 \text{ g cm}^{-3}$ , capacidad de campo de  $43.9 \%$  y velocidad de infiltración de  $0.8 \text{ cm h}^{-1}$ . Para conocer estas propiedades, antes y después del establecimiento del experimento se tomaron muestras de suelo a dos profundidades ( $0\text{--}30$  y  $30\text{--}60 \text{ cm}$ ), para su análisis químico y físico en laboratorio. La concentración de nitratos en el suelo, para ambas profundidades, antes del establecimiento del experimento fue de  $15 \text{ mg kg}^{-1}$ .

Las semillas de tomate de la variedad Sierra Madre se colocaron en charolas de poliestireno con 338 cavidades, con sustrato "terra-lite". Las plántulas permanecieron 30 d en invernadero. En los primeros 8 d se regaron solamente con agua; del día 9 al 13 se aplicó la fórmula  $10\text{N-}52\text{P-}10\text{K}$  y del día 14 al 19 se aplicó la dosis  $15\text{N-}30\text{P-}15\text{K}$ , por lo que la concentración de N varió entre  $50$  y  $100 \text{ mg kg}^{-1}$ . En los últimos días se incrementó la dosis a  $20\text{N-}10\text{P-}20\text{K}$ , con una concentración de nitrógeno entre  $100$  y  $150 \text{ mg kg}^{-1}$ , formulada con  $\text{KNO}_3$  y  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ .

El transplante de campo se hizo a los 30 d con una distancia de  $0.45 \text{ m}$  entre plantas. Se incluyeron dos métodos de riego (gravidad y fertirriego), que comúnmente utilizan los productores de tomate en el Valle de Culiacán, con dos niveles de fertilización ( $0$  y  $454 \text{ kg ha}^{-1}$  de N). Cada unidad experimental midió  $3.6 \times 6.0 \text{ m}$ , con tres surcos por parcela a una distancia entre surcos de  $1.8 \text{ m}$ . Para efectos de muestreo y análisis, y para evitar el efecto de

<sup>1</sup> M. C. Felizardo Mascareño Castro, Experto en Fertilidad, del Grupo de Hortalizas. Campo Experimental del Valle de Culiacán, Centro de Investigación Regional del Noroeste, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

orilla, se seleccionaron las plantas del surco intermedio de las parcelas. El ensayo se condujo bajo un diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones.

Para los tratamientos de fertirriego sin N (T<sub>3</sub>) y con N (T<sub>4</sub>), la aplicación de fertilizantes se hizo en el agua de riego, cada 2 d, con un tiempo de aplicación de 2 h (4 L por planta por hora). Como fuente de N se utilizó una mezcla de NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, KNO<sub>3</sub> y Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> (15 %, 50 % y 35 %, respectivamente), que se aplicó a lo largo del desarrollo del cultivo hasta completar 454 kg de N ha<sup>-1</sup> (Hartz, 1994). La fuente de P fue H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, que se aplicó en su totalidad antes del transplante en todos los tratamientos, para una dosis de 190 kg ha<sup>-1</sup>. Para K las fuentes fueron KNO<sub>3</sub> y K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, para una dosis total de 460 kg ha<sup>-1</sup>. Se suministraron también micronutrientes en el agua de riego, cuyas cantidades totales fueron: Cu (3.8 kg ha<sup>-1</sup>), Zn (1.04 kg ha<sup>-1</sup>), Mn (7.8 kg ha<sup>-1</sup>) y Fe (7.3 kg ha<sup>-1</sup>). En el tratamiento sin N se aplicaron las mismas dosis de P, K, Ca, S y micronutrientes. El potencial mátrico del suelo se determinó mediante tensiómetros colocados a diferentes profundidades (30 y 60 cm) y la humedad se mantuvo entre 10 a 15 cbar.

Los mismos fertilizantes y dosis se utilizaron para el tratamiento de riego por gravedad con N (T<sub>2</sub>), con la diferencia que se aplicaron manualmente al suelo (en banda), en las siguientes etapas de desarrollo: del transplante a inicio de floración se aplicaron 50 kg de N ha<sup>-1</sup>; en floración 58 kg de N ha<sup>-1</sup>; en formación de fruto 140 kg de N ha<sup>-1</sup>, y en producción 206 kg de N ha<sup>-1</sup>, en total se aplicaron 454 kg N ha<sup>-1</sup>, en forma de nitratos; todo el P y los micronutrientes se aplicaron al suelo previo al transplante (Hartz, 1994). En el tratamiento de riego por gravedad sin N (T<sub>1</sub>), se suministraron todos los nutrientes antes descritos, excepto los nitratos. Las plantas de tomate fueron tutoradas mediante hilos y se hicieron podas a dos tallos cada semana.

El contenido de nitratos en el extracto celular de peciolo (ECP) se determinó cada 15 d desde que aparecieron los primeros frutos, hasta finalizar la cosecha (de la semana 6 a la 24, después del transplante). Los peciolo muestreados fueron de la tercera y cuarta hojas ubicadas abajo del punto de crecimiento. Los nitratos en los frutos también se analizaron cada 15 d a partir de la primera cosecha (13 semanas después del transplante) y hasta que la producción comenzó a disminuir (semana 21). Tanto en peciolo como en fruto, las muestras se tomaron cuando los frutos tenían 10 % de madurez. Las mediciones se hicieron con un ionómetro portátil marca Horiba, previamente calibrado con una solución estándar. Las lecturas en el peciolo se hicieron por la mañana (11:00 a.m.) y los valores reportados resultaron de un promedio de cinco determinaciones.

Los resultados se analizaron mediante un análisis de varianza con el procedimiento GLM y para establecer diferencias entre tratamientos se empleó la prueba de Tukey, con un nivel de significancia de 5 % (SAS, 1997).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Contenido de N-NO<sub>3</sub> en el extracto celular de peciolo de tomate

Durante las etapas vegetativa e inicio de la formación de frutos, las plantas de todos los tratamientos presentaron altas concentraciones de nitratos en el peciolo, superiores a 1300 mg L<sup>-1</sup> (Figura 1). Este comportamiento coincide con los resultados de He *et al.* (1994) quienes reportaron altos niveles de nitratos en el peciolo en las primeras etapas de desarrollo del tomate, en respuesta a la aplicación de nitratos en la solución nutritiva; pero son el doble de los reportados por Hartz (1994) en peciolo de tomate cultivado en California, donde señala que el contenido de suficiencia de nitratos en el peciolo de plantas cultivadas con fertirriego y en la etapa de inicio de la fructificación debe estar entre 600 y 800 mg L<sup>-1</sup> de nitratos, y para la fase de desarrollo de frutos el rango debe estar entre 500 y 700 mg L<sup>-1</sup>. Se ha encontrado que cuando el nitrato es la única fuente de N en la solución del suelo, las raíces de la mayoría de las plantas muestran preferencia por cationes como K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup> y Mg<sup>2+</sup>; además, se incrementa la actividad de la enzima nitrato reductasa en la raíz y si hay consumo excesivo de nitratos la enzima alcanza su máxima actividad de reducción de nitratos a nitritos hasta llegar a un estado de concentración estable; a partir de ese momento los nitratos en exceso se acumulan en las plantas (Pilbeam y Kirkby, 1990).

Durante el desarrollo y maduración de frutos, correspondientes a las semanas 13 y 17 después del transplante, las plantas de los tratamientos riego por gravedad (T<sub>2</sub>) y fertirriego (T<sub>4</sub>), ambos con N, mantuvieron altas concentraciones de nitratos en el peciolo, con valores superiores a 1500 mg L<sup>-1</sup>. Destaca un incremento en la cantidad de nitratos en el peciolo de las plantas del T<sub>4</sub>, entre las semanas 10 a 16 después del transplante, que llegó a 2090 mg L<sup>-1</sup> durante la cosecha de frutos. En este mismo periodo la concentración de nitratos de la solución del suelo fue alta en los tratamientos con N y baja en los tratamientos sin N, como se muestra en las Figuras 3 y 4; se observó una relación directa entre la asimilación de nitratos por las plantas y la cantidad de nitratos presentes en la solución del suelo, lo que indica exceso de aplicación de N para el tomate, tanto en el cultivado con fertirriego como con riego por gravedad. Resultados similares fueron reportados por Locascio *et al.* (1997), quienes observaron la misma

respuesta a la aplicación de N en plantas de tomate. En la última cosecha de frutos la concentración de nitratos en el peciolo del tomate de los tratamientos sin N, disminuyó significativamente a valores cercanos a  $0 \text{ mg L}^{-1}$ .

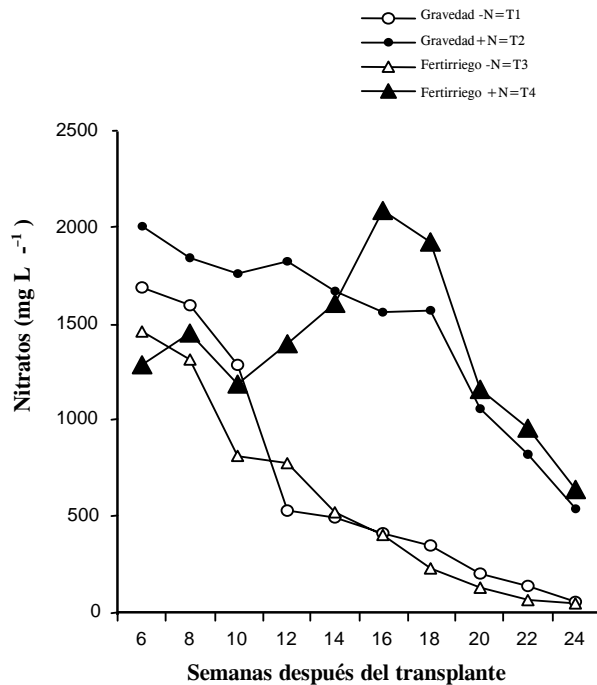


Figura 1. Cambios de la concentración de nitratos en el extracto celular de peciolo (ECP) de tomate, para los cuatro tratamientos desde el inicio de la fructificación hasta la última cosecha.

Algunas condiciones ecológicas como la intensidad y la duración de la luminosidad, son factores que modifican la composición química del extracto celular de peciolo, al activar o reducir el metabolismo. El tomate en el Valle de Culiacán se produce en el ciclo otoño-invierno con días de fotoperiodo más corto y de intensidad luminosa más baja que en los meses del verano. Estas condiciones disminuyen la síntesis de carboxilatos y carbohidratos solubles que funcionan como osmorreguladores en la planta; para compensar esta disminución las plantas absorben mayor cantidad de  $\text{NO}_3^-$  porque éste cumple también funciones de osmorregulación en las células vegetales (Jones y Sheard, 1977). Esto explicaría, en parte, la alta acumulación de nitratos en el peciolo del tomate observada en este experimento.

#### Contenido de nitratos en frutos de tomate

El nivel de nitratos en los frutos de plantas que no fueron fertilizadas con nitratos disminuyó rápidamente después de la primera maduración de los frutos (9 semanas

después del transplante), como se muestra en la Figura 2. En cambio, la concentración de nitratos en los frutos de plantas fertilizadas con N aumentó en el periodo comprendido entre 11 y 15 semanas después del transplante, correspondientes a la etapa de plena maduración de fruto y a la de mayor volumen de cosecha. Después de esta fase el contenido de nitratos en el fruto descendió considerablemente. Estos resultados son similares a los de Rostkowski *et al.* (1994), quienes observaron que el nivel de nitratos en el fruto fue alto en los primeros días después de la maduración y disminuyó en las siguientes semanas.

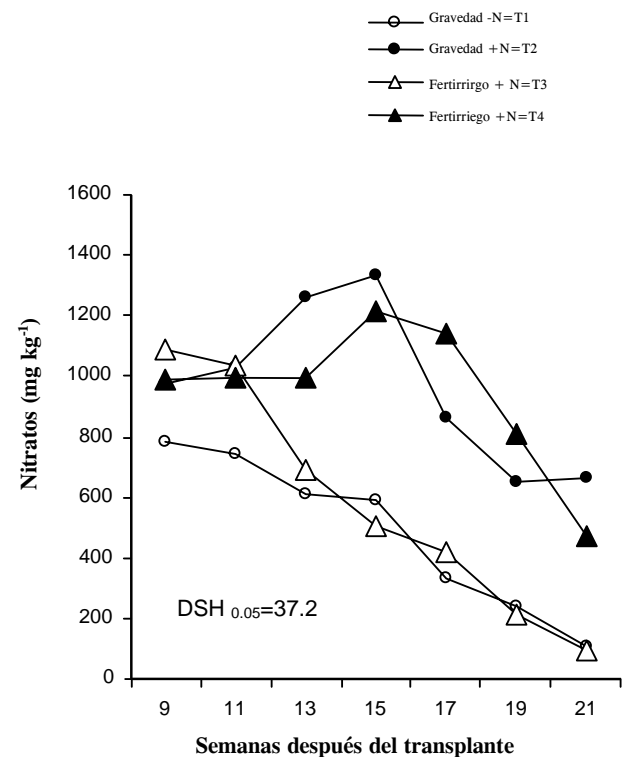


Figura 2. Cambios de la concentración de nitratos en frutos de tomate para los cuatro tratamientos, desde el inicio de la maduración hasta la última cosecha.

No fue posible comparar niveles de nitratos de los frutos encontrados en el presente experimento con valores límites o normas oficiales de los países socios de México en el Tratado de Libre Comercio, Estados Unidos y Canadá, porque hasta hoy no existen. Sin embargo, se consideran altos (Figura 2) con respecto a las normas rusas que señalan valores máximos para nitratos del orden de  $60 \text{ mg kg}^{-1}$  en tomate fresco (Yagodin, 1986). En investigaciones similares, con manejo adecuado de las dosis de fertilización, en frutos se han detectado concentraciones de 27.2 a  $33.3 \text{ mg kg}^{-1}$  de nitratos (Lakidov *et al.* 1994) y de 13 a  $45 \text{ mg kg}^{-1}$  de nitratos (Zolenin, 1990) en el fruto, valores

significativamente menores a los registrados en los frutos de esta investigación.

Las mayores concentraciones de nitratos en los frutos de tomate para los tratamientos con N, se registraron a las 15 semanas después del trasplante (cinco semanas de iniciada la maduración de frutos, en plena cosecha), cuando la concentración de nitratos en el suelo para el caso de fertirriego estaba entre 550 y 850 mg kg<sup>-1</sup> y en riego por gravedad había entre 400 y 650 mg kg<sup>-1</sup> (Figuras 3 y 4). De manera similar, Halbrooks y Wilcox (1980) reportaron una alta asimilación de N por plantas de tomate en las etapas de fructificación y maduración de frutos, específicamente de 9 a 10 semanas después del trasplante.

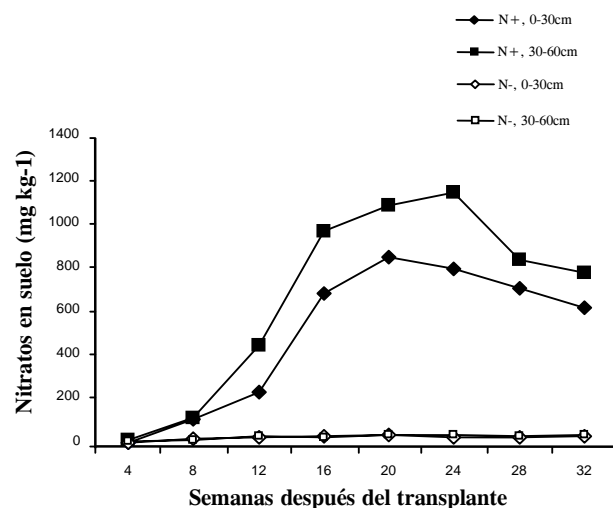


Figura 3. Concentración de nitratos en la solución del suelo, durante todo el ciclo del cultivo de tomate, a dos profundidades (0-30 y 30-60 cm), para el experimento de fertirriego, sin y con aplicación de N al suelo, de los tratamientos 3 y 4, respectivamente.

### CONCLUSIONES

Se registraron altas concentraciones de nitratos en los peciols de las plantas de tomate fertilizadas con N, en respuesta a las dosis crecientes de nitratos aplicadas al suelo. Este efecto fue más evidente en las etapas de fructificación y maduración de frutos. En estas etapas fenológicas la cantidad de nitratos en el extracto celular de peciols de los tratamientos con N fueron el doble (1300 mg L<sup>-1</sup>) que las concentraciones consideradas como óptimas para tomate. El tratamiento de fertirriego con N presentó la mayor concentración de nitratos en el extracto celular de peciols (2090 mg L<sup>-1</sup>), 15 semanas después del trasplante.

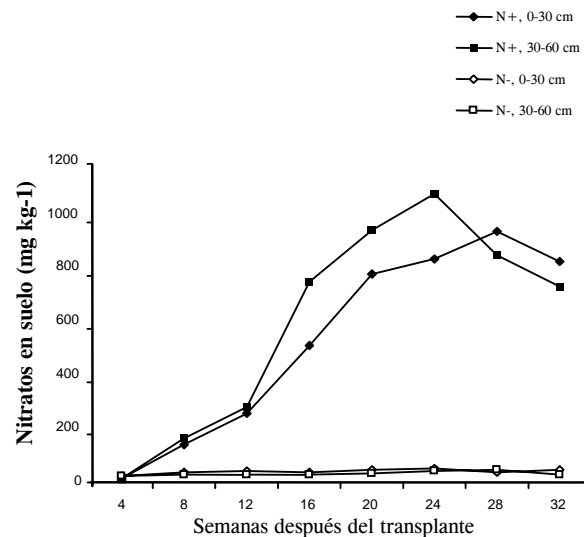


Figura 4. Concentración de nitratos en la solución del suelo durante todo el ciclo del cultivo de tomate, a dos profundidades (0-30 y 30-60 cm) en el experimento de riego por gravedad, sin y con aplicación de N al suelo, tratamientos 1 y 2, respectivamente

Los niveles de nitratos en los frutos frescos de tomate de plantas fertilizadas con N fueron altos a lo largo de todo el experimento, con respecto a las normas de Rusia que establecen valores máximos para nitratos del orden de 60 mg kg<sup>-1</sup> en fruto fresco. En los países miembros del Tratado de Libre Comercio de América del Norte no existen normas al respecto, hasta esta fecha.

### BIBLIOGRAFÍA

- Brady N C, R R Weil (1999) The Nature and Properties of Soils. Prentice Hall. New Jersey. 881 p.
- Bres W A, Komosa A Golcz, E Kozik, J Roszyk, Tyksinski-W (1991) Nitrate and nitrite contents in vegetables from markets in Poznan. Prace-z-Zakresu-Nauk-Rolniczych. 71:3-9.
- Galler J (1997) Nitrates in foodstuffs and their effects on the human organism. Forderungsdienst 45:53-566.
- Geraldson C M, K B Tyler (1990) Plant analysis as an aid in fertilizing vegetable crops. In: Soil Testing and Plant Analysis. R L Westerman (ed). Soil Sci. Soc. America. Madison, Wis. pp:544-562.
- Halbrooks M C, G E Wilcox (1980) Tomato plant development and elemental accumulation. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 105:826-828.
- Hartz T K (1994) Drip irrigation and fertigation management of vegetable crops. California Dept. of Food and Agriculture, Fertilizer Res. and Education Program. 21 p.
- Hartz T K, G J Hochmuth (1996) Fertility management of drip-irrigated vegetables. HortTechnology 6(3):186-172.
- He Y Q, S Terabayashi, T Namiki, Y Q He (1994) Fundamental study for diagnosis on nutrient status of tomatoes cultured in hydroponics—concentration of elements in leaves as influenced by nitrate feeding. Scientific Rep. Kyoto Prefectural University, Agriculture 46:7-14.
- Jones R, R W Sheard (1977) Differential effect of irradiance and nutrient nitrate on the relationship of *in vivo* and *in vitro* nitrate reductase assay in chloropillous tissues. Plant Physiol. 59:535-539.

- Kowal J J, A V Barker (1981)** Growth and composition of cabbage as affected by nitrogen nutrition. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 12:979-995.
- Lakidov-AI, Bolgova-OV, Sakharova-E V, Sovrasova-R A (1994)** Nitrate content of various cultivars of agricultural crops. Zemledelie 3:41-42.
- Locascio S J, G I Hochmuth, F M Rhoads, S M Olson, A G Sma-jstrla, E A Hanlon (1997)** Nitrogen and potassium application scheduling effects on drip-irrigated tomato yield and leaf tissue analysis. HortScience 32 (2):330-335.
- Ministry of Agriculture, U K (1998)** Nitrates in Vegetables. Food- Surveillance-Information Sheet. 158, 23 p.
- Pilbeam D J, E A Kirkby (1990)** The Physiology of Nitrate Uptake. *In*: Nitrogen in Higher Plants. Y P Abrol (ed). John Wiley and Sons. N.Y. pp:39-61.
- Rostkowski J, M Borawska, N Omieljaniuk, K Otlog (1 994)** Occurrence of nitrates and nitrites in early vegetables and potatoes on sale in shops in Białegostoku in 1992. Roczniki-Panstwowego-Załadu-Higieny 45(1-2): 81-87.
- SAS (1997)** The Statistical Analysis System. Introductory Guide. S.A.S Instute Inc. N.C. USA.
- Veronina L P (1997)** Nitrate in vegetable produce. Kartofel -y-Ovoshchi 5:28-29.
- Yagodin B A (1986)** Agroquímica. Tomos I y II. Editorial Mir. Moscú. 445 p.
- Zolenin V M (1990)** Effect of species and variety characteristics on accumulation of nitrates in vegetables in the Perm Region. Vo-prosy-Pitaniya 4:67-68.