

NITRATOS EN EL EXTRACTO CELULAR DE PECÍOLOS Y TALLO DE TOMATE DE CÁSCARA (*Physalis ixocarpa* Brot.) Y SU RELACIÓN CON EL RENDIMIENTO

R. Castro-Brindis¹; P. Sánchez-García²; A. Peña-Lomeli¹; G. Alcantar-González²; G. A. Baca-Castillo²; R. Ma. López-Romero².

¹ Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. C.P. 56230.

² Especialidad de Edafología. IRENAT. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de México. C.P. 56230.

RESUMEN

En el presente estudio se obtuvo información acerca de los niveles de concentración de N-NO₃ en el extracto celular de pecíolos y tallo de la planta de tomate de cáscara y se determinó la relación entre este índice nutrimental y el rendimiento del cultivo. Se evaluaron seis diferentes concentraciones de la solución nutritiva de Steiner en un sistema hidropónico abierto para determinar su efecto sobre el estado nutrimental de la planta y en su potencial de rendimiento en cuatro fases fenológicas. Los resultados obtenidos mostraron que el grado de correlación ($P \leq 0.05$) entre el rendimiento del cultivo y la concentración de N-NO₃ en el extracto celular de pecíolos y tallo, permite conocer el estado nutrimental del cultivo en una etapa fenológica determinada y su relación con el rendimiento.

PALABRAS CLAVE: Nitrógeno, hidroponía, diagnóstico, fenología, nutrimental.

NITRATES IN THE CELULAR EXTRACT OF PETIOLES AND STEM OF HUSK TOMATO (*Physalis ixocarpa* Brot.) AND THEIR RELATIONSHIP WITH YIELD

SUMMARY

This work was made with the objective to have information about the concentration of N-NO₃ in the cellular extract of petioles and stem of husk tomato in four phenological phases, for determining the relationship between this nutrimental index and yield. Six different concentrations were evaluated using the Steiner's nutritive solution at a hydroponic open system. The results showed a significant ($P \leq 0.05$) correlation between crop yield and the concentrations of the N-NO₃ in the cellular extract of petioles and stem, which permitted to know the nutrimental status of the plant at certain phenological phase and its relationship with yield.

KEY WORDS: Nitrogen, hydroponic system, diagnostic, yield, nutrition.

INTRODUCCIÓN

La expresión del potencial de rendimiento de los cultivos depende de varios factores, los que están determinados por su constitución genética, los de tipo externos como el clima, las características del suelo, las condiciones nutrimentales, la técnica de producción y los factores biológicos. De éstos, algunos como los factores climáticos en los cultivos que se manejan a campo abierto salen de manera directa del control del hombre; otros, como las plagas, las enfermedades así como los factores que influyen en las condiciones nutrimentales donde se desarrollan los cultivos pueden ser controlados (Malavolta y Da Cruz, 1971; López y Chueca, 1985; Martín-Prevel *et al.*, 1987).

El control de las condiciones nutrimentales en las que se desarrollan los cultivos es posible mediante el diagnóstico nutrimental. En varios trabajos sobre diagnóstico nu-

trimental, se ha cuantificado el contenido de N-NO₃, y de otros elementos ya sea en la savia o en tejido seco de hoja o pecíolos, para conocer el estado nutrimental del cultivo en diferentes etapas de desarrollo y determinar la relación de este índice con el rendimiento (Fox *et al.*, 1994; Westcott y Knox, 1994; Huett y White, 1992, 1992). Esta herramienta permite revisar el estado nutrimental del cultivo en diferentes etapas de su ciclo de desarrollo para poder identificar intervalos de concentración de iones asociados con deficiencia, toxicidad o desbalance nutrimental que afecten el potencial de rendimiento de los cultivos (Cary, 1971; Malavolta y Da Cruz, 1971; Fageria *et al.*, 1991). Sin embargo, uno de los principales problemas para poder realizar el diagnóstico nutrimental en la savia es el cómo obtenerla de forma pura, ya que requiere de medios que permitan extraerla directamente del xilema de la planta. Para el caso del diagnóstico nutrimental en tejido foliar, aunque es más sencillo, el inconveniente principal

es que se requiere de mayor tiempo para obtener los resultados del laboratorio debido a que implica todo un proceso de preparación y análisis de la muestra; además, los datos obtenidos pueden enmascarar algún problema nutricional, debido a que puede medirse la cantidad acumulada de ese nutrimento y no la cantidad que está fluyendo a través de los sistemas de conducción. Actualmente se están evaluando otras alternativas para realizar el diagnóstico nutricional de los cultivos, alternativas que sean de manejo práctico y que proporcionen resultados del estado nutricional de la planta en el menor tiempo posible. Una de estas alternativas es el diagnóstico nutricional en el extracto celular de los pecíolos y tallos de los cultivos, que es donde se encuentran los sistemas de conducción por donde fluye el agua y minerales que la planta absorbe del medio de crecimiento.

De esta manera el análisis del extracto celular de pecíolos y tallo permite identificar desde las primeras etapas de cultivo alguna manifestación de alteración nutricional que afecte el rendimiento; por lo tanto, si se conoce mediante esta herramienta la presencia de un estado nutricional anormal en la planta, se puede entonces buscar la causa que está produciendo esa anomalía y realizar de manera oportuna las prácticas agronómicas correspondientes, partiendo de la base de que existe cierta relación entre la aplicación de fertilizantes, el nivel de concentración de iones (NO_3^-) en el extracto celular de la planta y el rendimiento del cultivo.

A pesar de que el cultivo de tomate de cáscara es una de las cinco hortalizas más importantes en México por su superficie cultivada (Anónimo, 1996), no existe información relacionada con el estudio y control de las condiciones nutrimentales de la planta y su relación con el rendimiento, a partir del conocimiento de su estado nutricional. Por lo que es necesario tratar de generar información que en el corto y mediano plazo permita determinar índices nutrimentales confiables que se relacionen favorablemente con el potencial de rendimiento de este cultivo. Esto es de utilidad debido a que, en la medida que se cuente con este tipo de información será posible realizar ajustes en las prácticas de fertilización que favorezcan su expresión de rendimiento y hacer más eficiente el uso de los recursos suelo, planta y ambiente de que se dispone.

En el presente trabajo se determinó la concentración de N-NO_3 en el extracto celular de pecíolos y tallos durante cuatro fases fenológicas, en plantas que se desarrollaron en diferentes condiciones de disponibilidad de nutrimentos, para encontrar la relación que tienen los resultados de esta determinación con el potencial de rendimiento del cultivo, partiendo de la hipótesis de que el estado nutricional de la planta en una fase fenológica determinada está relacionado con el rendimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en invernadero durante los meses de agosto a diciembre de 1997 en Chapingo, estado de

México. La temperatura promedio mensual en la que se desarrolló el experimento fue: agosto 22.7°C, septiembre 23.6°C, octubre 25.0°C, noviembre, 21.4°C y diciembre 20.5°C. Se establecieron seis tratamientos (Cuadro 1), que consistieron en seis concentraciones de nutrimentos en la solución nutritiva para simular diferentes grados de disponibilidad en el medio de crecimiento de la raíz y observar su efecto sobre el estado nutricional de la planta a través de la concentración de N-NO_3 en su extracto celular durante cuatro fases fenológicas (Cuadro 2).

CUADRO 1. Concentración, composición iónica y potencial osmótico de los tratamientos evaluados en el experimento sobre concentración de N-NO_3 en el extracto celular de la planta de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.).

Conc. ^z (%)	Contenidos ionicos						P. O. ^y (MPa)
	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	
	(meq·litro ⁻¹)						
25	3.00	0.25	1.75	1.75	2.25	1.00	-0.018
50	6.00	0.50	3.50	3.50	4.50	2.00	-0.036
75	9.00	0.75	5.25	5.25	6.75	3.00	-0.054
100	12.00	1.00	7.00	7.00	9.00	4.00	-0.072
125	15.00	1.25	8.75	8.75	11.25	5.00	-0.090
150	18.00	1.50	10.50	10.50	13.50	6.00	-0.108

^z Nivel de concentración de la solución nutritiva (macronutrimentos).

^y Potencial osmótico de la solución nutritiva.

Cada tratamiento se repitió cuatro veces y se utilizó un diseño experimental completamente al azar, a los datos sobre concentración de nitratos (N-NO_3) y de producción de fruto por planta se les realizó análisis de varianza, de comparación de medias (Tukey, $P \leq 0.05$) y de correlación, la unidad experimental fue una maceta (contenedor) con una planta.

CUADRO 2. Características de la planta de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) que fueron consideradas para identificar las cuatro fases fenológicas en el experimento sobre concentración de N-NO_3 en el extracto celular.

Fase fenológica	Características de la planta				dde ^z
	Hojas	Nivel de bif. ^x	N. B. T. ^y	Flores	
1	27 – 30	2	3	2	20
2	70 – 100	3 – 4	7 – 15	6 – 10	27
3	120 – 200	6 – 7	63 – 127	12 – 17	34
4 ^o	400 – 800	10 – 16	N. C.	100 – 150	54

^z Días después del establecimiento; ^y Número de bifurcaciones en el tallo; ^x Bifurcación en el tallo; ^o La fase fenológica cuatro corresponde al inicio de cosecha.

N. C. Valor no cuantificado.

Se colocaron en el invernadero seis módulos hidropónicos, cada uno con un depósito de 200 litros de capacidad para la solución nutritiva, la tubería y las válvulas fueron de PVC para evitar reacciones químicas de la solución nutritiva con piezas metálicas. Para aplicar la solución nutritiva se utilizó sistema de riego por goteo, con líneas regantes de material plástico de 12 mm de diámetro, los emisores (goteros) estuvieron colocados a una distancia de 50 cm sobre la línea regante. En cada módulo se colocaron ocho líneas regantes para aplicar la solución nutritiva a cuatro hileras de plantas, y tener dos emisores en cada planta. Como contenedores (macetas) del sistema hidropónico se utilizaron botes de plástico de 18 litros de capacidad en los cuales se colocó como sustrato arena de tezontle con una granulometría de 4 a 6 mm de diámetro, los contenedores con las plantas se colocaron en línea a una separación de 50 cm; es decir, a la misma distancia que los emisores, y se perforaron en la parte inferior para permitir el drenaje de excedentes de la solución nutritiva. Se colocó una planta por contenedor.

Las soluciones nutritivas de los tratamientos se prepararon a partir de soluciones concentradas (0.5 a 2.0 N) utilizando sales grado reactivo (marca Monterrey), se utilizó agua de pozo profundo, con la cual, de acuerdo con los resultados físico-químicos de laboratorio no existió necesidad de hacer ajustes significativos en la preparación de las soluciones nutritivas. El valor de pH de las soluciones nutritivas fue de 5.0 después de su preparación. La concentración de micronutrientes fue igual para todos los tratamientos y fue la siguiente ($\text{mg}\cdot\text{litro}^{-1}$): B = 0.86, Cu = 0.01, Fe = 10.0, Mn = 0.16 y Zn = 0.02. Para no alterar las características de la solución nutritiva (tratamientos) se utilizó un sistema hidropónico abierto (Asher y Edwards, 1983).

Se utilizó material vegetal derivado a partir de la variedad CHF1-Chapingo de la Universidad Autónoma Chapingo. Durante la etapa de producción de las plántulas; es decir, de la emergencia hasta los 25 días de edad, éstas se regaron con la solución nutritiva del tratamiento cuatro (100%), pero diluida al 20%. Al final de este periodo, las plántulas se establecieron en el experimento.

La aplicación de la solución nutritiva en los tratamientos se realizó de manera progresiva, es decir, se fue incrementando paulatinamente su concentración, debido a que en investigaciones previas (R. Castro-Brindis *et al.*, 1997; datos no publicados) se detectó que en las etapas iniciales de desarrollo de esta planta su sistema de raíces es muy sensible a las altas concentraciones de nutrientes en la solución nutritiva. Por lo tanto, durante la primera semana a partir de que se inició el experimento se aplicó a todas las plantas solución nutritiva diluida al 25% (tratamiento 1), a partir de la segunda semana se incrementó la concentración de la solución nutritiva a 50% (tratamiento 2); excepto en las plantas que permanecerían en el tratamiento 1, en la tercera semana se incrementó la concentración de la solución a 75% (tratamiento 3); excepto en las plantas de los tratamientos 1 y 2; finalmente, a

partir de la cuarta semana todas las plantas quedaron establecidas en su tratamiento correspondiente con su respectivo nivel de concentración. Los riegos se realizaron tres veces durante el día (8:00, 12:00 y 16:00 horas), dos de ellos con solución nutritiva y uno con agua acidificada ($\text{pH} = 5.0$) con el propósito de evitar la acumulación de sales en el sustrato y no afectar los procesos de absorción-transpiración de las plantas. La cantidad de solución nutritiva o agua acidificada que se aplicó a cada planta en cada riego fue variable y estuvo determinada principalmente por la edad de la planta; es decir, durante las primeras dos semanas se aplicó 0.25 litros, 0.50 litros en las siguientes dos semanas, 0.75 litros en las siguientes cuatro semanas y a partir de la semana nueve hasta el final del experimento se aplicó un litro por riego. Para mantener la posición vertical de las plantas se colocó un sistema de tutoreo por cada hilera de éstas.

Para obtener el extracto celular se utilizaron los pecíolos de las hojas 3, 4 y 5 numeradas a partir del ápice del tallo, así como la sección de tallo en la que se encuentran insertos esos pecíolos. Las muestras de pecíolo y tallo se tomaron entre las 9:00 y las 10:00 horas, se colocaron en bolsas de polietileno oscuro y se trasladaron inmediatamente al laboratorio en un recipiente con hielo. Después de limpiar rápidamente la muestra con agua destilada, se obtuvo el extracto celular por maceración en un mortero de porcelana hasta obtener de 3 a 4 ml. La determinación de la concentración de N-NO_3 se realizó por espectrofotometría, siguiendo la metodología propuesta por Cataldo *et al.* (1975), la cual consistió en tomar de la muestra 1 ml de extracto celular que se colocó en un matraz volumétrico de 25 ml para aforar con agua destilada, de este volumen se tomó una alícuota de 0.2 ml que se colocó en un matraz de 50 ml, se agregó 0.8 ml de una mezcla de ácido sulfúrico-ácido salicílico (5:1) y se dejó reaccionar por 20 minutos, posteriormente se agregaron 19 ml de NaOH 2 N y se dejó reaccionar aproximadamente otros 30 minutos, posteriormente se realizó la lectura de absorbancia en el espectrofotómetro (Spectronic 20) a una longitud de onda de 410 nm. La concentración de N-NO_3 en el extracto se determinó con la siguiente fórmula: Concentración de N-NO_3 ($\text{mg}\cdot\text{litro}^{-1}$) = $(L/M) (25/1) (20/0.2)$. Donde: L = Lectura de absorbancia, M = Pendiente de la curva de calibración, $(25/1)$ = Volumen de extracción y $(20/0.2)$ = Volumen de dilución.

La producción de fruto por planta es la suma de cinco cortes que se realizaron cada 14 días durante el periodo de cosecha, el cual se inició a los 54 días y concluyó a los 110 días después del establecimiento del experimento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observó que en general la concentración de N-NO_3 en el extracto celular de la planta se incrementó en función de los diferentes grados de disponibilidad de nutrientes en el medio de crecimiento en el que se desarrolló la planta, así como a través de sus diferentes fases de

desarrollo (Cuadro 3 y Figura 1). La producción de fruto por planta aumentó cuando se incrementó la disponibilidad de nutrimentos; alcanzó un valor máximo en las plantas establecidas en las condiciones nutrimentales de la solución nutritiva al 75% (tratamiento 3), y a partir de ese punto la producción de fruto por planta disminuyó.

CUADRO 3. Efecto de la disponibilidad nutrimental en la concentración de N-NO₃ en el extracto celular de la planta de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) en cuatro fases fenológicas y su relación con la producción de fruto por planta.

Conc ^y (%)	Fase fenológica hojas				Producción de fruto (kg-planta ⁻¹)
	27-30	70-100	120-130	400-800	
	(mg-litro ⁻¹)				
25	600 b ^z	497 b	633 d	1087 b	1.187 d
50	833 b	552 b	934 cd	1173 b	2.161 c
75	1103 a	1247 a	1195 bc	1250 b	3.000 a
100	1103 a	1439 a	1576 ab	1579 ab	2.877 ab
125	1103 a	1753 a	1696 a	1402 b	2.528 b
150	1103 a	1482 a	1847 a	2012 a	2.945 a
DMS	243	497	420	557	0.367

^z Medias con la misma letra dentro de la columna no son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

^x Nivel de concentración de la solución nutritiva (macronutrimentos); DMS = diferencia mínima significativa.

El comportamiento en la concentración de N-NO₃ del extracto celular (Figura 1) indica que los resultados de esta determinación pueden utilizarse como un índice nutrimental y pueden proporcionar información acerca de la respuesta de la planta a las condiciones de disponibilidad de nutrimentos en que se está desarrollando; sin embargo, es necesario obtener mas información para poder determinar con mayor precisión la utilidad de este índice.

Esta información permite determinar desde etapas tempranas de desarrollo del cultivo cual será su posibilidad de producción como consecuencia de las condiciones de disponibilidad de nutrimentos en las que se encuentra y permite además, establecer las medidas prácticas necesarias de corrección nutrimental mediante el ajuste de la cantidad y/o tipo de fertilizante que deberá aplicarse (Nielsen, 1971).

Los resultados obtenidos permitieron establecer que existen intervalos de concentración de N-NO₃ durante el desarrollo del cultivo que se relacionan con las condiciones de disponibilidad de nutrimentos que permiten expresar al cultivo altos o bajos rendimientos, ya que los coeficientes de determinación del análisis de correlación entre la concentración de N-NO₃ y la producción de fruto por

planta, obtenidos en cada fase fenológica de desarrollo, fueron los siguientes: En la fase fenológica 1, se obtuvo un valor de $R^2 = 0.83$; durante la fase fenológica 2, se obtuvo un valor de $R^2 = 0.74$; en la fase fenológica 3, el valor de R^2 fue de 0.75 y en la fase fenológica 4, se obtuvo un valor de $R^2 = 0.53$; todos los valores a una $P \leq 0.05$.

Con base en esto, la concentración de N-NO₃ en el extracto celular de las plantas que fueron establecidas en las condiciones nutrimentales de las soluciones nutritivas al 75 y 100% (tratamientos 3 y 4) fueron las que estuvieron asociadas con la producción promedio de fruto por planta más elevado (2.93 kg-planta⁻¹), cuando existió menor disponibilidad de nutrimentos como en los tratamientos 1 y 2, la concentración de N-NO₃ en el extracto celular de la planta disminuyó y la producción promedio de fruto por planta se redujo en promedio un 40%, con respecto al promedio de los tratamientos 3 y 4, y cuando las condiciones de disponibilidad de nutrimentos fueron más altas que las requeridas por la planta, como en los tratamientos 5 y 6, la concentración de N-NO₃ en el extracto celular se incrementó pero la producción promedio de fruto por planta disminuyó en promedio un 10%, con respecto al promedio de los tratamientos 3 y 4 (Figura 2).

A partir de estos resultados, los intervalos de concentración de N-NO₃ de los tratamientos 3 y 4 se tomaron como aquellos que se relacionan con el mayor rendimiento potencial del cultivo; es decir, pueden proponerse como intervalos que indican que el cultivo se está desarrollando en condiciones de disponibilidad de nutrimentos que permitirán expresar una alta producción de fruto, para este caso corresponde un valor promedio de 2.93 kg-planta⁻¹ (Figura 2).

Aunque la concentración de N-NO₃ en el extracto celular de la planta se incrementó como resultado de que las plantas se desarrollaron en condiciones de alta disponibilidad de nutrimentos como en los tratamientos 5 y 6, la disminución en la producción de fruto por planta es de 10% aproximadamente; es decir, no es tan drástico. Sin embargo, es conveniente tomar en consideración que si la concentración de N-NO₃ en el extracto celular se encuentra entre intervalos que indican condiciones de exceso de nutrimentos (Cuadro 4), se estará incurriendo en el empleo de altas cantidades de fertilizantes, lo cual implicaría incrementos innecesarios en los costos de producción del cultivo. Además, si se toman en cuenta otros aspectos como la eficiencia con la cual se recuperan los fertilizantes que se aplican, existiría la posibilidad de ocasionar problemas de contaminación al ambiente (Rodríguez, 1994; Olsen *et al.*, 1993).

Como resultado de este trabajo, los intervalos de concentración de N-NO₃ obtenidos pueden proponerse como un indicador preliminar del estado nutrimental del cultivo en diferentes fases fenológicas, ya que se relacionan con la producción potencial del cultivo y quedaron establecidos como se muestra en el Cuadro 4.

CUADRO 4. Intervalos de concentración de N-NO₃ en el extracto celular de la planta de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) en cuatro fases fenológicas y la producción promedio de fruto por planta.

Fase fenológica* hojas	Deficiente	Óptimo	Exceso
		(mg-litro ⁻¹)	
27-30	600 – 800	Aprox. 1000	> 1100
70-100	400 – 600	1200 – 1400	1500 – 1700
120-200	600 – 900	1100 – 1500	1600 – 1800
400-800	1000 - 1200	1200 – 1500	1500 – 2000
Producción de fruto (kg-planta ⁻¹)	1.67	2.93	2.73

De esta manera, la determinación de la concentración de N-NO₃ en el extracto celular de la planta de tomate de cáscara es un parámetro que reflejó el estado nutrimental del cultivo en respuesta a las condiciones de disponibilidad de nutrimentos en que se desarrolló y permitió conocer el potencial de producción cuando se realizó en las diferentes fases fenológicas de desarrollo que se plantearon en este trabajo. Por lo tanto, la concentración de N-NO₃ en el extracto celular puede proponerse como un índice del estado nutrimental de este cultivo; sin embargo, para incrementar la confiabilidad de este índice es necesario continuar con más evaluaciones que permitan explorar durante más tiempo su comportamiento.

CONCLUSIONES

La concentración de N-NO₃ en el extracto celular de los pecíolos y tallo de la planta de tomate de cáscara, es un índice que permite conocer su estado nutrimental en diferentes fases fenológicas de desarrollo.

La concentración de N-NO₃ en el extracto celular de pecíolos y tallos tiene un grado de correlación aceptable con el rendimiento del cultivo, por lo cual puede proponerse como un posible índice nutrimental que proporcione información acerca del potencial de producción desde etapas tempranas de desarrollo.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto de nutrición de cultivos CONACYT G0009. Área de Nutrición vegetal. IRENAT. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México.

Proyecto de Producción y Mejoramiento Genético de Tomate de Cáscara. PRONAINO. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México.

LITERATURA CITADA

- ANÓNIMO. 1996. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Centro de Estadística Agropecuaria. México. Tomos I y II.
- ASHER, C. J.; EDWARDS, D. G. 1983. Modern solution culture techniques, pp. 94-119. *In*: Encyclopedia of Plant Physiology. Vol. 15 A. Pirson, Gottingen and M. Zimmermann, Harvard (eds.). Ed. Springer-Verlag. Germany.
- CARY, R. P. 1971. The irrationality of using leaf analysis as a unique reference to citrus fertilizer requirement, pp. 15-27. *In*: Recent Advances in Plant Nutrition. Vol. 1. Samish, R. M. (ed.). Ed. Gordon and Breach Science Publishers. New York, USA.
- CATALDO, D. F.; HAROON, L. E.; SCHRADER, L. E.; YOUNGS, V. L. 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Commun. in Soil Science and Plant Analysis* 6(1): 71-80.
- FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; JONES, C.A. 1991. Growth and Mineral Nutrition of Field Crops. Ed. Marcel Dekker Inc. New York, USA. 475 p.
- FOX, R. H.; PIEKIELEK, W. P.; MCNEAL, K. E.; SHENK, J. S.; TOTH, J.D. 1994. Quick test for assessing nitrogen fertilizer need of maize in humid regions. *Memorias del 15º Congreso Mundial de la Ciencia del Suelo*. 5B: 113-114. Acapulco, Gro., México.
- HUETT, D. O.; WHITE, E. 1991. Determination of critical nitrogen concentrations of zucchini squash (*Cucurbita pepo* L.), cv. Blackjack grown in sand culture. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 31(6): 835-842.
- HUETT, D. O.; WHITE, E. 1992. Determination of critical nitrogen concentrations of lettuce (*Lactuca sativa* L.), cv. Montello, grown in sand culture. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 32(6): 759-764.
- LOPEZ G., J.; CHUECA S., A. 1985. Papel biológico de los nutrientes en la planta, pp. 1-43. *In*: Nutrición Vegetal, Algunos Aspectos Químicos y Biológicos. Lachica G., M. y C. González O. (eds.). Estación Experimental de Zaidin-Granada, España. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Santiago, Chile.
- MALAVOLTA, E.; DA CRUZ V. 1971. A meaning for foliar diagnosis, pp. 1-14. *In*: Recent Advances in Plant Nutrition. Vol. 1. Samish, R. M. (ed.). Ed. Gordon and Breach Science Publisher. New York, USA.
- MARTIN-PREVEL, P.; GAGNARD, J.; GAUTIER, P.; BENTON J. Jr., J. 1987. Plant Analysis, as a Guide to the Nutrient Requirements of Temperate and Tropical Crops. Ed. Lavoisier Publishing Inc. New York, USA. 701 p.
- NIELSEN, J. M. 1971. Diagnosis and control of nutritional disorders in cereals based on inorganic tissue analysis, pp. 63-73. *In*: Recent Advances in Plant Nutrition. Vol. 1. Samish, R. M. (ed.). Ed. Gordon and Breach Science Publisher. New York, USA.
- OLSEN, J. P.; LYONS, P. J.; KELLY, M. M. 1993. Nitrogen uptake and utilization by bell pepper in subtropical Australia. *Journal of Plant Nutrition* 16(1): 177-193.
- RODRÍGUEZ S., J. 1994. La fertilización de los cultivos. Un método racional. Facultad de Agronomía. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.
- WESTCOTT, M. P.; KNOX, M. I. 1994. Kinetics of soil-plant nitrate relations in potato and peppermint: a model for derivative diagnosis. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 25(5-6): 469-478.

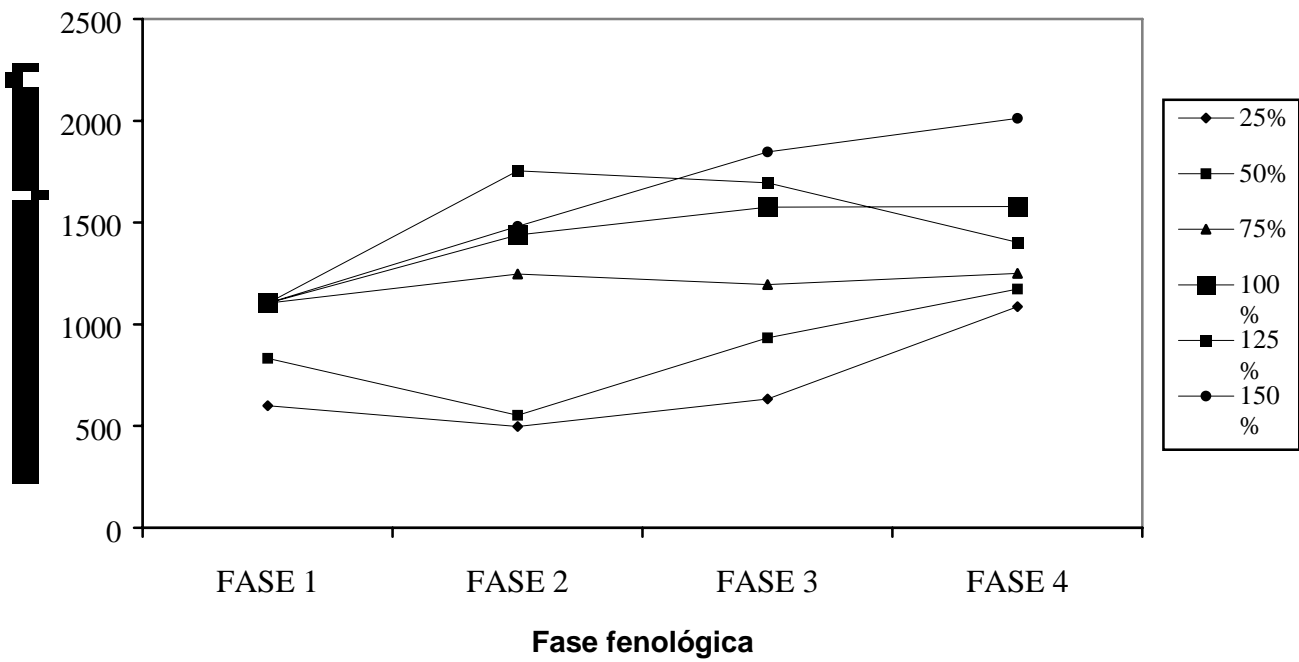


Figura 1. Comportamiento de la concentración de N-NO₃ en el extracto celular de la planta de tomate de cáscara en función de la disponibilidad de nutrimentos en la solución nutritiva (nivel de concentración) y de la fase fenológica.

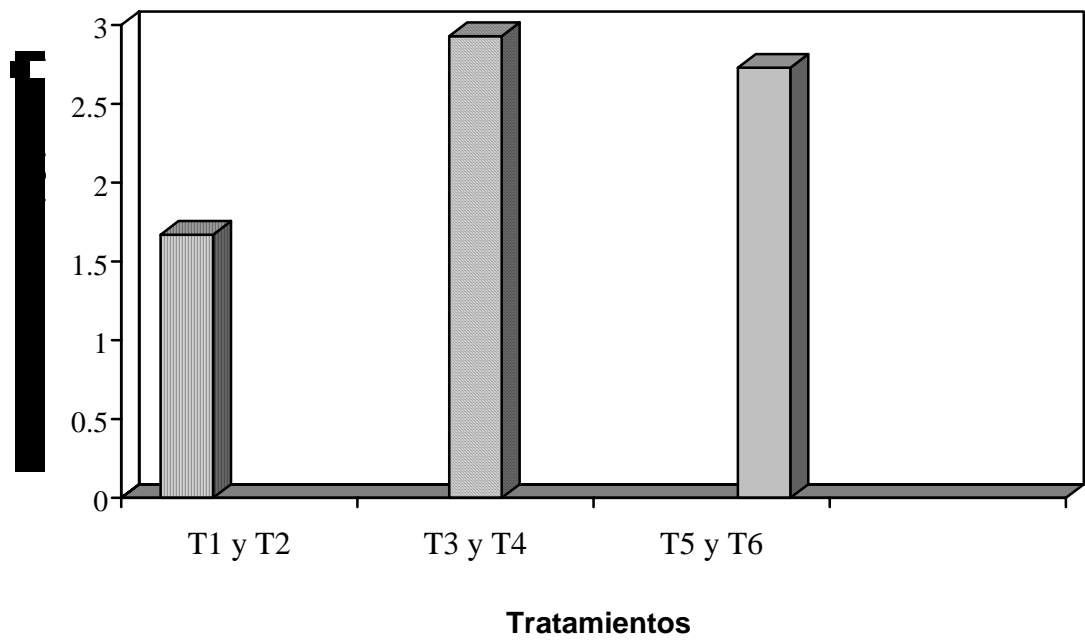


Figura 2. Producción promedio de fruto por planta en condiciones deficientes de disponibilidad de nutrimentos, tratamientos 1 y 2; en condiciones óptimas de disponibilidad de nutrimentos, tratamientos 3 y 4; y en condiciones de exceso de disponibilidad de nutrimentos, tratamientos 5 y 6.