

DEMANDA DE NITRÓGENO EN TOMATE DE CÁSCARA (*Physalis ixocarpa* Brot.)

R. Castro-Brindis¹; A. Galvis-Spínola²; P. Sánchez-García²; A. Peña-Lomelí¹; M. Sandoval-Villa²; G. Alcantar-González²

¹Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. km 38.5 Carretera México-Texcoco. Chapingo, Estado de México. C. P. 56320. MÉXICO. (Autor responsable).

²Área de Nutrición Vegetal. Instituto de Recursos Naturales. Colegio de Postgraduados. km 36.5 Carretera México-Texcoco. Montecillo, Texcoco Estado de México. C. P. 56320. MÉXICO.

RESUMEN

En este estudio se determinó la acumulación de materia seca y de nitrógeno en el cultivo de tomate de cáscara var. CHF1-Chapingo, con el objetivo de contar con información que permita estimar la demanda de este nutrimento. Se utilizó un sistema hidropónico abierto en invernadero y se evaluó el efecto de cinco niveles de N-NO₃ (5, 7, 9, 11 y 13 meq·litro⁻¹) en la solución nutritiva. El valor más alto de acumulación de biomasa durante el ciclo agrícola (411 g·planta⁻¹ en un rendimiento de 2.15 kg de fruto por planta) se obtuvo en la condición nutrimental de 9 meq·litro⁻¹ de N-NO₃. El mayor índice de cosecha (0.5) se obtuvo en la condición nutrimental de 13 meq·litro⁻¹ de N-NO₃ (355 g·planta⁻¹ de biomasa con un rendimiento de 2.16 kg de fruto por planta). Se observó que para obtener el rendimiento de 2.16 kg de fruto por planta, la demanda de nitrógeno es de 8.03 g en la biomasa aérea total, lo que equivale a 3.71 kg de N por tonelada de fruto fresco.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: tomatillo, hidroponía, rendimiento, materia seca, aplicación del modelo logístico.

NITROGEN DEMAND IN HUSK TOMATO (*Physalis ixocarpa* Brot.)

ABSTRACT

In this study it was determined dry matter and nitrogen accumulation in husk tomato var. CHF1-Chapingo with the objective of having information allowing the estimation of the plant's demand for this nutrient. We used a greenhouse open hydroponics system and evaluated five levels of N-NO₃ (5, 7, 9, 11, and 13 meq·liter⁻¹) in the nutrient solution. The highest value of biomass accumulation during the agricultural cycle (411 g·plant⁻¹ with a yield of 2.15 kg fruits per plant) was obtained under the nutrient condition of 9 meq·liter⁻¹ of N-NO₃. The highest harvest index (0.5) was obtained under the nutrient solution of 13 meq·liter⁻¹ of N-NO₃ (355 g·plant⁻¹ of biomass with a yield of 2.16 kg fruits per plant). We observed that, to obtain a yield of 2.16 kg of fruits per plant, nitrogen demand was 8.03 g in total aerial biomass, which is equivalent to 3.71 kg of N per fresh fruit ton.

ADDITIONAL KEY WORDS: tomatillo, hydroponics, yield, dry matter, logistic model application.

INTRODUCCIÓN

Los cultivos hortícolas, como muchos otros, requieren de una aplicación adecuada de fertilizantes para expresar un óptimo rendimiento y calidad, y dentro de éstos, la fertilización con nitrógeno es uno de los factores de crecimiento más importantes en la expresión del rendimiento y la calidad en la producción hortícola (Willcutts *et al.*, 1998). El suministro adecuado de nitrógeno está asociado con niveles adecuados de clorofila, crecimiento vegetativo vigoroso, alta actividad fotosintética y con la síntesis de carbohidratos, de lo cual depende el rendimiento.

Respecto a la calidad, en hortalizas bien abastecidas con este nutrimento y en condiciones favorables de crecimiento, se sintetizan proteínas y protoplasma a partir de la síntesis de carbohidratos, la característica altamente hidratada del protoplasma celular da como resultado plantas con tejidos más suculentos. Contrariamente, en condiciones de insuficiencia de nitrógeno se presenta depositación y acumulación de carbohidratos en las células vegetativas, lo que ocasiona engrosamiento y endurecimiento de los tejidos (Havlin *et al.*, 1999). Esto puede resultar desfavorable para la calidad, ya que afecta la turgencia que caracteriza a este tipo de cultivos.

De los nutrimentos necesarios para las plantas, el nitrógeno es el más difícil de manejar en un sistema de fertilización para asegurar el suministro óptimo en la zona de raíces, desde el momento del establecimiento del cultivo hasta que finaliza el ciclo agrícola (Sorensen, 1993), debido a que las formas iónicas (NO_3^- y NH_4^+) en que se encuentra este elemento en la solución del suelo pueden perderse con facilidad, como consecuencia de su movilidad (lixiviación de NO_3^-), o pueden reaccionar con el medio y perderse por desnitrificación (NO_3^-) o volatilización (NH_3), lo cual disminuye la cantidad de nitrógeno que el cultivo puede aprovechar.

Por lo anterior, es necesario que las recomendaciones de fertilización favorezcan el rendimiento y la calidad de los cultivos hortícolas, asegurando que la cantidad de nitrógeno que el cultivo puede aprovechar sea mayor, lo que además, minimiza el riesgo de afectar negativamente el ambiente, debido a la pérdida de nitrógeno por aplicación excesiva de fertilizantes (Kuziyacov *et al.*, 1996; Willcutts *et al.*, 1998). De esta manera, el reto en el manejo de la fertilización nitrogenada es garantizar un óptimo suministro no únicamente para la obtención de beneficios económicos, sino también para evitar riesgos de contaminación ambiental.

Una forma para establecer cuánto fertilizante nitrogenado debe aplicarse a los cultivos es mediante el cálculo de la cantidad de nitrógeno requerido por la planta para expresar un rendimiento esperado, por lo tanto, la cantidad necesaria de nitrógeno para producir una tonelada de producto debe ser un dato conocido (Amberger, 1993). Esta información no se encuentra disponible para el tomate de cáscara, por lo que la cantidad de nitrógeno que se aplica actualmente en los sistemas de producción de ese cultivo se determina de manera empírica, lo que puede afectar negativamente la expresión del potencial del rendimiento si la dosis aplicada no cubre adecuadamente la demanda de este nutrimento.

En este estudio se pretende generar información que permita dar valores al componente de demanda de un modelo para calcular dosis de fertilización, propuesto en la década de los años setentas por Stanford (1973), que posteriormente desarrolló Rodríguez (1990) en la república de Chile y que Galvis (1998) desarrolló en México para cereales. Este modelo está expresado de la siguiente manera:

$$\text{Dosis} = (\text{Dem} - \text{Sum})/\text{ERF}$$

Donde la dosis de un nutrimento, en este caso nitrógeno, puede estimarse a partir del conocimiento de la demanda del cultivo (Dem), la cual está en función del rendimiento esperado en un agroambiente específico; de la cantidad de nitrógeno que el suelo puede suministrar durante el ciclo de cultivo (Sum), y de la eficiencia con la que el cultivo puede aprovechar el nitrógeno que se aplica

al suelo como fertilizante (ERF). Esta última es afectada por las características del sistema radical de la planta y por la técnica de manejo del cultivo y la de aplicación del fertilizante. A pesar de que la expresión anterior aparentemente es sencilla, su empleo no se ha generalizado en el cálculo de dosis de fertilización, ello se debe a que no se cuenta con información que permita dar valor a sus componentes.

En trabajos realizados sobre el uso de modelos para la aplicación de fertilizante nitrogenado Kuziyacov *et al.* (1996), en apio y brócoli, mencionaron que uno de los parámetros que se puede utilizar para estimar el consumo de nitrógeno por el cultivo, es la tasa relativa de crecimiento de la planta, la cual está relacionada con las tasas de acumulación de materia seca y de nitrógeno. Señalaron además, que el empleo de modelos podría mejorar los pronósticos de la dinámica del nitrógeno en el suelo, la calidad de las recomendaciones de fertilización y disminuir el riesgo de lixiviación de nitratos. Esta última parte es especialmente importante en la producción de hortalizas debido a la gran cantidad de fertilizante nitrogenado que se aplica.

Con relación a lo anterior, Spitters (1990) mencionó que como el crecimiento y la acumulación de materia seca obedecen a principios fisiológicos y son el resultado del balance entre los procesos de fotosíntesis y respiración, su respuesta a la variación de las condiciones ambientales puede cuantificarse por cálculos simples para obtener un modelo. Estos modelos permiten predecir la velocidad de crecimiento y el rendimiento en diversas condiciones ambientales y de manejo, y pueden ser usados como una herramienta en las operaciones de programación del riego, aplicación de fertilizantes y protección de cultivos, entre otras. Willcutts *et al.* (1998) compararon diversos modelos en cultivos olerícolas, como lechuga, y encontraron que el modelo logístico es de gran utilidad para describir la respuesta de este cultivo a la aplicación de nitrógeno. Al respecto, Overman (1995), explicó las ventajas que tiene el modelo logístico para describir el comportamiento del pasto y del maíz con la aplicación de nitrógeno, por lo que se podría utilizar este modelo en el presente estudio para ajustar las características del crecimiento de la planta de tomate de cáscara.

El objetivo de este estudio fue determinar a partir de la acumulación de materia seca y de la concentración de nitrógeno en la planta, la cantidad de nitrógeno que demanda el cultivo de tomate de cáscara y obtener el valor de los parámetros del modelo logístico en este cultivo, que permitan predecir el requerimiento de nitrógeno.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló durante el segundo semestre del año 2000 y el primer semestre del año 2001. Se utilizaron plántulas de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*

Brot.) de la variedad CHF1-Chapingo de 25 días de edad, esta variedad se caracteriza por tener frutos de tamaño mediano (4 a 6 cm de diámetro), compactos y color verde claro; su hábito de crecimiento es intermedio. Se utilizó un sistema hidropónico abierto con riego por goteo bajo condiciones de invernadero con el propósito de controlar los factores de temperatura, luz, disponibilidad de humedad y nutrimentos, así como la incidencia de plagas y enfermedades. Las características del sistema hidropónico se describen en Castro-Brindis *et al.* (2000).

Para determinar el requerimiento de nitrógeno de este cultivo, inicialmente se estudió su respuesta a la disponibilidad de nutrimentos en la solución nutritiva de Steiner (Steiner, 1984), para lo cual, se evaluaron diferentes concentraciones de la solución nutritiva, desde 0.036 hasta 0.108 MPa de potencial osmótico. Se encontró que la mejor expresión del rendimiento de la planta se obtuvo con un valor de 0.54 MPa (Castro-Brindis *et al.*, 2000). A partir de esa información, en este estudio, las plantas se sometieron a diferentes niveles de disponibilidad de nitrógeno, para lo cual se evaluó el efecto de cinco concentraciones de N-NO₃ (5, 7, 9, 11 y 13 meq·litro⁻¹) en la solución nutritiva (Cuadro 1).

CUADRO 1. Características de los tratamientos usados para determinar la demanda de nitrógeno (D_N) en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.).

Tratamiento	P. O.	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	K ⁺	Mg ²⁺
	(MPa)	(meq·litro ⁻¹)					
1	0.054	5	0.75	9.25	6.75	5.25	3.0
2	0.054	7	0.75	7.25	6.75	5.25	3.0
3	0.054	9	0.75	5.25	6.75	5.25	3.0
4	0.054	11	0.75	3.25	6.75	5.25	3.0
5	0.054	13	0.75	1.25	6.75	5.25	3.0

P.O.: Potencial osmótico de la solución nutritiva.

Para mantener constante el potencial osmótico (0.054 MPa) de las soluciones nutritivas y no alterar la absorción nutrimental por efecto de este factor, se modificó la concentración del anión sulfato, debido a que en trabajos previos, se observó que la planta no mostró síntomas visuales de deficiencia de este elemento, incluso en niveles de 1.75 meq·litro⁻¹ en la solución nutritiva (Castro-Brindis, 1998). Las soluciones nutritivas se prepararon a partir de soluciones concentradas (0.5 a 2.0N) utilizando sales grado reactivo, el valor de pH de las soluciones nutritivas después de su preparación fue 5.5. La concentración de micronutrimentos (mg·litro⁻¹) fue igual en todos los tratamientos con las siguientes cantidades: B = 0.86, Cu = 0.01, Fe = 10.0, Mn = 0.16, Zn = 0.02 y Mo = 0.02. Se realizaron tres riegos al día durante todo el experimento, dos con solución nutritiva (9:00 y 16:00 h) y uno sólo con agua acidificada a un pH de 5.5 (12:00 h).

El experimento se desarrollo en 112 días. Los tratamientos se repitieron cuatro veces (cuatro bloques) y se distribuyeron mediante un diseño experimental bloques al azar, tomando como factor de variación (a bloquear) la incidencia de luz dentro del invernadero. La unidad experimental constó de dos plantas. En cada bloque se establecieron 20 plantas por tratamiento; es decir, 100 plantas. Las variables evaluadas fueron: 1) Acumulación de materia seca (biomasa) en la parte aérea (g·planta⁻¹), incluyó la parte vegetativa más los frutos y se obtuvo a partir de la deshidratación del material vegetal a una temperatura de 67 °C en una estufa de aire forzado hasta peso constante; 2) Contenido de nitrógeno de la parte aérea (g·planta⁻¹), esta variable se obtuvo de multiplicar la materia seca acumulada por la concentración de nitrógeno total en el tejido, la cual se obtuvo por el procedimiento Kjeldahl, en estas variables los muestreos se realizaron cada 14 días a partir del establecimiento del experimento; y 3) Rendimiento de fruto (kg·planta⁻¹), que fue la suma de siete cortes con intervalos de una semana.

Los datos se sometieron a procedimientos de análisis de varianza y prueba de medias. La acumulación de materia seca y de nitrógeno fueron ajustados al modelo de crecimiento logístico $Y = A/[1 + B \cdot \exp(-kt)]$ con el procedimiento de regresión no lineal (NLIN del programa SAS); donde Y es al valor de acumulación de materia seca o de nitrógeno en cualquier etapa de desarrollo del cultivo, el parámetro A corresponde al valor máximo de acumulación de materia seca o de nitrógeno en la parte aérea del cultivo, cuando la curva adquiere su forma asintótica. El parámetro B no tiene significado biológico y sólo toma valor en el tiempo inicial cuando $t = 0$, k corresponde a una tasa constante que determina la amplitud de la curva y t corresponde a los días después del trasplante (Calvo *et al.*, 1995). Para todos los análisis se utilizó el programa estadístico SAS (SAS, 1996).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La acumulación de biomasa aérea, a partir de la cual se calculó la extracción de nitrógeno, manifestó su más alta expresión en las condiciones nutrimentales del tratamiento con 9 meq·litro⁻¹ de N-NO₃ en la solución nutritiva (Cuadro 2).

En general, no se observaron diferencias estadísticas por efecto de los tratamientos en las demás variables, pero manifestaron valores altos en las condiciones nutrimentales de los tratamientos con 9, 11 y 13 meq·litro⁻¹ de N-NO₃ en la solución nutritiva (Cuadro 2).

Los valores más altos de producción de fruto se obtuvieron en los tratamientos con 9 y 13 meq·litro⁻¹ de N-NO₃ (Cuadro 2). A pesar de que el valor de producción de fruto obtenido en la concentración de 9 meq·litro⁻¹ de N-NO₃ esta asociado al valor más alto de materia seca

acumulada y mayor cantidad de N extraído por planta, se observó que la eficiencia de la biomasa en la producción de fruto disminuye, lo cual demuestra que probablemente existió consumo de lujo de este nutriente, el cual estimuló la producción de follaje y tallo, principalmente. En cambio, el valor de producción de fruto obtenido en la concentración de 13 meq·litro⁻¹ de N-NO₃, se encontró asociado a un valor más bajo de materia seca total acumulada (Figura 1) y de nitrógeno extraído por la planta (Figura 2). Es decir, que desde el punto de vista fisiotécnico se observó que en las condiciones nutrimentales del tratamiento con 13 meq·litro⁻¹ de N-NO₃ las plantas manifestaron la más alta eficiencia sobre la producción de fruto, ya que con un valor menor de materia seca total acumulada (3.55 g·planta⁻¹) se obtuvo una producción de fruto estadísticamente igual (2.16 g·planta⁻¹) a la obtenida en el tratamiento con 9 meq·litro⁻¹ de N-NO₃, lo cual, de acuerdo con Gifford *et al.* (1984) se ve reflejado en un índice de cosecha más alto (Figura 3). Es decir, que al considerar la eficiencia del cultivo para la producción de fruto como parámetro en la determinación del requerimiento de nitrógeno de este cultivo, se tomaron como referencia los datos obtenidos en las plantas del tratamiento con 13 meq·litro⁻¹ de N-NO₃, por lo que la demanda de nitrógeno por cada tonelada de fruto (Amberger, 1993), es 3.71 kg.

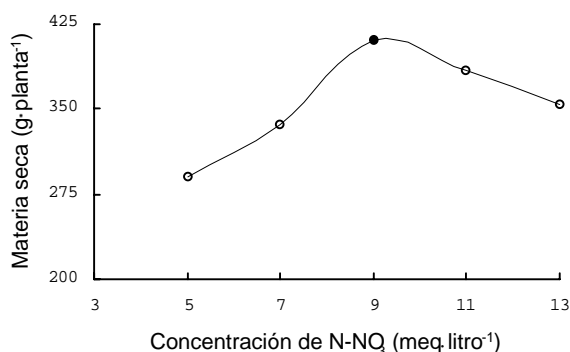


FIGURA 1. Disponibilidad de N-NO₃ en la solución nutritiva sobre la acumulación de materia seca de tomate de cáscara a los 112 días después del establecimiento del experimento.

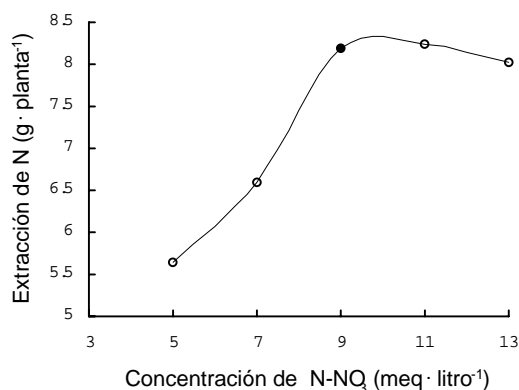


FIGURA 2. Disponibilidad de N-NO₃ en la solución nutritiva sobre la extracción de N de tomate de cáscara a los 112 días después del establecimiento del experimento.

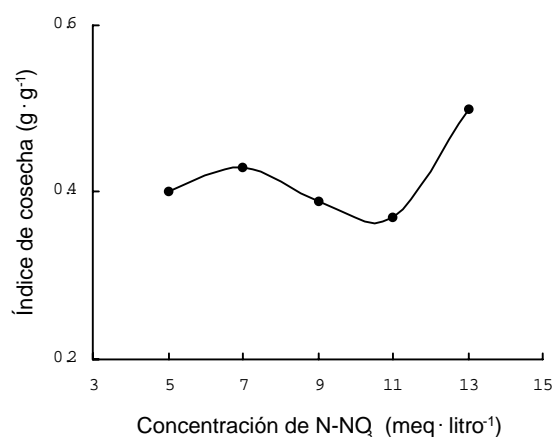


FIGURA 3. Disponibilidad de N-NO₃ en la solución nutritiva sobre el índice de cosecha de tomate de cáscara.

A partir de la información del Cuadro 2 se puede estimar la demanda total de nitrógeno de este cultivo, la cual está en función del potencial de producción de fruto. Por ejemplo, para obtener un rendimiento de aproximadamente 30 toneladas de fruto por hectárea, el cultivo requiere extraer del suelo aproximadamente 115 kg de nitrógeno, lo cual corresponderá al valor de demanda

CUADRO 2. La disponibilidad de nitrógeno en la solución nutritiva sobre la acumulación de materia seca, producción de fruto y extracción de nitrógeno por la planta de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.).

Tratamiento	N-NO ₃ (meq·litro ⁻¹)	Materia Seca (g·planta ⁻¹)	Índice de Cosecha de fruto	Producción (kg·planta ⁻¹)	Demanda de N	
					(g·planta ⁻¹)	(kg·t ⁻¹ de fruto)
1	5	290 b ^y	0.40 a	1.59 a	5.64 a	3.54 a
2	7	336 ab	0.43 a	1.77 a	6.60 a	3.73 a
3	9	411 a	0.39 a	2.15 a	8.18 a	3.86 a
4	11	385 ab	0.37 a	1.68 a	8.25 a	4.91 a
5	13	355 ab	0.50 a	2.16 a	8.03 a	3.71 a
CV (%)		12.6	19.7	15.7	19.6	24.8
DMSH		101.04	0.18	0.77	3.3	2.21

CV: Coeficiente de variación; DMSH: Diferencia mínima significativa honesta.

^yMedias con la misma letra dentro de una columna son iguales de acuerdo a la prueba de Tukey a una P≤0.05.

de nitrógeno para este rendimiento esperado (parámetro A del modelo logístico). El rendimiento esperado es variable y va a depender de las características del agroambiente y del sistema de producción; por lo tanto, la cantidad de nitrógeno que se requerirá en una hectárea también será variable.

Para garantizar un suministro óptimo de este nutrimento, no sólo basta con conocer la cantidad total de nitrógeno requerido, sino que es necesario conocer el comportamiento que tiene esta demanda durante el ciclo de crecimiento del cultivo. Para lo cual, en las Figuras 4 y 5 se presenta el valor de los parámetros del modelo logístico para estimar la acumulación de materia seca y de nitrógeno en tomate de cáscara para cualquier número de días después del establecimiento del cultivo. En este caso el parámetro $t = 112$ días; sin embargo, el periodo de cultivo puede variar en función de las condiciones de manejo y del ambiente edáfico-climático, entonces "t" adquiere el valor correspondiente.

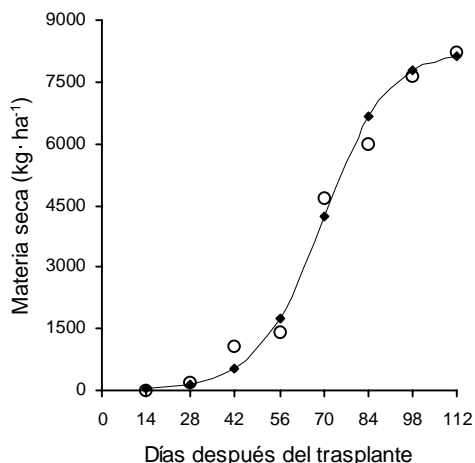


FIGURA 4. Acumulación de materia seca en la parte aérea de la planta de tomate de cáscara en un ciclo de 112 días.

Con el modelo de la Figura 5 es posible estimar la cantidad extraída y acumulada de nitrógeno en cualquier etapa de desarrollo de la planta, y si se obtienen de él los valores de la primera derivada, se tiene la tasa de acumulación de nitrógeno de la planta, cuyo comportamiento muestra la etapa del cultivo con mayor acumulación de nitrógeno; es decir, el momento en que existe mayor demanda de este nutrimento (Figura 6). Esta información de acuerdo con Kuzyacov *et al.* (1996), da la pauta para mejorar la técnica de aplicación de fertilizante, con el objetivo de sincronizar la demanda de nitrógeno de la planta con el suministro de nitrógeno del suelo, mediante la aplicación de fertilizante.

De acuerdo con Spitters (1990), esta representación gráfica proporciona información para tomar decisiones sobre el momento de realizar la aplicación de fertilizante

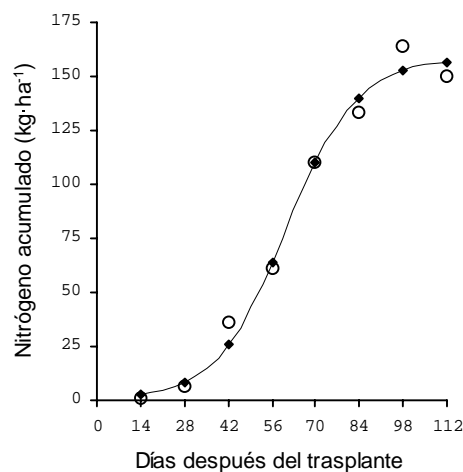


FIGURA 5. Acumulación de nitrógeno en la parte aérea de la planta de tomate de cáscara en un ciclo de 112 días.

nitrogenado, esto con el propósito de que una mayor parte de este nutrimento quede disponible para la planta durante el ciclo de producción. Esta gráfica muestra que no es recomendable aplicar cantidades considerables de nitrógeno (generalmente 50 % de la dosis) en las etapas iniciales de desarrollo de este cultivo, debido a que una proporción importante de este nutrimento quedará fuera del alcance del sistema de raíces de la planta, debido a su baja tasa de extracción. Lo anterior es más grave si el establecimiento del cultivo se realiza por siembra directa, ya que en esas condiciones el nitrógeno aplicado al inicio del ciclo está expuesto por más tiempo a los factores del ambiente antes de que la planta pueda demandar cantidades importantes de él; por lo tanto, resulta conveniente realizar la aplicación de fertilizante nitrogenado hasta que la planta se encuentre establecida y que presente un sistema de raíces capaz de absorber agua y nutrimentos.

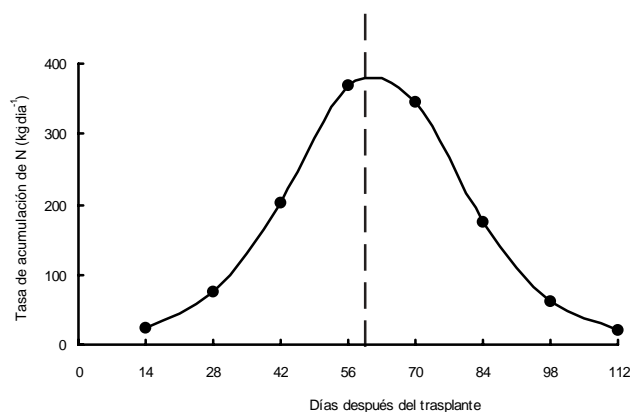


FIGURA 6. Comportamiento de la acumulación de nitrógeno en tomate de cáscara durante su ciclo de crecimiento. La línea punteada indica la etapa de desarrollo donde existe mayor demanda de este nutrimento, la cual corresponde al inicio de la cosecha.

En concordancia con Feller y Fink (1996), este modelo puede ser una herramienta útil para relacionar la demanda

de nitrógeno con algunas etapas de crecimiento de la planta, en las cuales existe mayor o menor demanda de nitrógeno, lo anterior implicaría realizar aplicaciones de cantidades considerables de la dosis de nitrógeno en etapas avanzadas de desarrollo del cultivo, cuando la demanda por este nutrimento sea el resultado de las necesidades metabólicas propias del crecimiento vegetativo, la floración y la fructificación en el cultivo, que se observan durante la etapa de inicio de cosecha.

CONCLUSIONES

El cultivo de tomate de cáscara demanda 3.71 kg de nitrógeno para producir una tonelada de fruto.

Se obtuvieron los valores de los parámetros del modelo logístico que permiten estimar la acumulación de nitrógeno de la planta de tomate de cáscara y predecir su comportamiento en cualquier etapa de desarrollo.

La etapa de desarrollo del cultivo con mayor demanda de nitrógeno fue la que corresponde al inicio cosecha del cultivo (55 días después del trasplante), ya que en ésta convergen el crecimiento vegetativo, la floración y la fructificación.

No es recomendable aplicar cantidades importantes de nitrógeno al inicio del ciclo de cultivo, ya que se incrementa el riesgo de perderlo al ambiente.

Para garantizar que la mayor parte del nitrógeno que se aplica al suelo sea aprovechada por el cultivo, es conveniente fraccionar el mayor número de veces posible la dosis de nitrógeno, cuidando no incrementar los costos de producción por un mayor número de labores.

LITERATURA CITADA

- AMBERGER, A. 1993. Efficient management of nitrogen fertilization in modern cropping systems, pp. 619-622. *In: Optimization of Plant Nutrition*. FRAGOSO, M.A.C.; VAN BEUSICHEM, M. L. (eds.). Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, Netherlands.
- CALVO H., R. M.; GONZÁLEZ A., J. L.; PÉREZ B., S. 1995. Manual de modelos no lineales en los ámbitos agronómico, ganadero y forestal. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. 110 p.
- CASTRO-BRINDIS, R. 1998. Índices nutrimentales en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Tesis de Maestro en Ciencias. Especialidad de Edafología. Instituto de Recursos Naturales. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México, México. 87 p.
- CASTRO-BRINDIS R., SÁNCHEZ-GARCÍA, P.; PEÑA-LOMELÍ, A.; ALCANTAR-GONZÁLEZ, G.; BACA-CASTILLO, G. A.; LÓPEZ-ROMERO, R. M. 2000. Nitratos en el extracto celular de pecíolos y tallo de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) y su relación con el rendimiento. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 6(1): 33-38.
- FELLER, C.; FINK, M. 1996. Nitrogen uptake of vegetable crops estimated by means of simple mathematical models. *Acta Horticulturae* 428: 243-251.
- GALVIS S., A. 1998. Diagnóstico y simulación del suministro de nitrógeno edáfico para cultivos anuales. Tesis de Doctor en Ciencias. Especialidad en Edafología. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México, México. 327 p.
- GIFFORD, R. M.; THORNE, J. M.; HITZ, W. E.; GIAQUINTA, R. T. 1984. Crop productivity and photoassimilate partitioning. *Science* 225: 801-808.
- HAVLIN, J. L.; BEATON, J. D.; TISDALE, S. L.; NELSON, W. L. 1999. Soil Fertility and Fertilizers. An Introduction to Nutrient Management. Sixth edition. Prentice Hall Inc. New Jersey, USA. 499 p.
- KUZYACOV, Y.; RÜHLMANN, J.; GUTEZEIT, B.; SÉLLER, B. 1996. Modelling on the growth and N uptake of leek and broccoli. *Acta Horticulturae* 428: 181-191.
- OVERMAN, A. R. 1995. Rational basis for the logistic function for forage grasses. *Journal of Plant Nutrition* 18(5): 995-1012.
- RODRÍGUEZ S., J. 1990. Fertilización de los Cultivos. Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. 117 p.
- SAS INSTITUTE. 1996. SAS software release 6,12. SAS institute Inc. Cary, N. C., USA. 830 p.
- SORENSEN, J. N. 1993. Use of the N-min method for optimization of vegetable nitrogen nutrition. *Acta Horticulturae* 339: 179-192.
- SPITTERS, C. J. T. 1990. Crop growth models: Their usefulness and limitations. *Acta Horticulturae* 267: 349-368.
- STANFORD, G. 1973. Rationale for optimum nitrogen fertilization in crop production. *Journal of Environmental Quality* 2(2): 159-166.
- STEINER, A. A. 1984. The universal solution. Proceedings of 6th International Congress on Soilless Culture. ISOSC. Lunteren, The Netherlands. pp. 633-649.
- WILLCUTTS, J. F.; OVERMAN, A. R.; HOCHMUTH, G. J.; CANTLIFFE, D. J.; SOUNDY, P. 1998. A comparison of three mathematical models of response to applied nitrogen: A case study using lettuce. *HortScience* 33(5): 833-836.