

Influencia del nitrógeno en la producción del tomate (*Lycopersicum esculentum* L) sembrado en sustrato en Sutamarchán (Boyacá)

Nitrogen Influence in the Production of Tomato (*Lycopersicum esculentum* L.) Seeded in Substrate in Sutamarchán (Boyacá)

Fecha recepción: 23 de octubre de 2013
Fecha Aprobación: 8 de enero de 2014

Leidy Natalia Cuadrado-García¹, Elvia Nhasly López-Roa²,
Carlos Ricardo Bojacá-Aldana³, Pedro José Almanza-Merchan⁴

RESUMEN

El nitrógeno es necesario para las plantas, pero debido a la ineficacia de estas para absorberlo, tan solo un bajo porcentaje es asimilado, y el restante es liberado al ambiente. El trabajo que aquí se presenta se enfocó en determinar la dinámica del nitrógeno en la producción de tomate hidropónico con sistema de drenaje abierto y bajo condiciones de invernadero en la finca Hortifresh S.A., ubicada en el municipio de Sutamarchán (Boyacá). Para el desarrollo de este trabajo se realizaron semanalmente muestreos de la solución nutritiva, del sustrato utilizado, del agua de drenaje y del material vegetal (tallos, hojas y frutos), con el fin de determinar la concentración de nitrógeno aprovechable por la planta en el cultivo de tomate hidropónico. Los contenidos de N aplicados a la planta, expresados en relación con la acumulación total, fueron de 37,93 g, que equivalen al 100% del

ABSTRACT

Nitrogen is needed in the plantations, but due to their ineffectiveness to absorb it, only a small percentage is assimilated by the plant and the remainder is released in the environment. The work presented here is focused in the assessment of the environmental pollution impact by the fertilizer nitrogen, in the hydroponic tomato production. For this study weekly samples of the nutrient solution were taken, from the substrate used, the drained water, and from the plant material, like stem, leaves and fruits, in order to determine the useful nitrogen concentration in the hydroponic tomato growing plant, in Sutamarchán (Boyacá) township. The contents of nitrogen applied to the plant, expressed in relation to the total accumulation, were of 37.93 g. equivalent to 100 % of the N applied. From this 100 % applied only 36% is absorbed by the plant and the rest, is

¹ Profesional Independiente. Correo electrónico: nenakugar@hotmail.com

² Profesional Independiente. Correo electrónico: nhazly_13@hotmail.com

³ Ph.D. Universidad Jorge Tadeo Lozano (Bogotá D. C., Cundinamarca-Colombia). Correo electrónico: carlos.bojaca@utadeo.edu.co

⁴ Ph.D. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (Tunja, Boyacá-Colombia). Correo electrónico: pedro.almanza@uptc.edu.co

N aplicado. Del N total aplicado, el 0,6% (0,22051 g) es drenado, el 36% (13,665 g) es absorbido por la planta y el restante 63,4% (24,049 g) se acumula en el sustrato. Que solo el 36% del N aplicado sea asimilado por la planta, según la investigación, indica que se debe reducir la aplicación de fertilizantes nitrogenados y hacer uso racional del suministro de nutrientes que el cultivo de tomate necesita, con el propósito de reducir el impacto ambiental y optimizar el aprovechamiento de los recursos; en este sentido, la investigación sobre el mejor manejo de la fertirrigación en sistemas hidropónicos con recirculación contribuirá a un desarrollo más sostenible de estos.

Palabras clave: Nitrógeno, Drenaje, hidroponico, Impacto ambiental.

discharged. Of the total N application the 0.22051 g (0.6%) is drained, 13,665 (36%) g is absorbed by the plant and the remaining 24.049 g (63.4%) accumulates in the substrate. The investigation determined that there are significant deficiencies in the N application as from 100% applied, only 36% is assimilated by the plant. This indicates that a reduction should be made in the application of nitrogen fertilizers, by rationalizing the nutrients supply to the tomato crop, in order to reduce the environmental impacts and optimize the use of resources. In this sense, the research direction on the best fertirrigation management in recirculating hydroponic systems, will contribute to a more sustainable development.

Key Words: Nitrogen, Drainage, Hidroponic, Environmental Impact.

INTRODUCCIÓN

El nitrógeno se produce de forma natural, en el medioambiente, y constituye el 78% de la atmósfera terrestre; en su estado inerte no es perjudicial, sin embargo, las enormes cantidades de nitrógeno y sus compuestos, que se utilizan en la producción en masa de fertilizantes y en el uso de combustibles fósiles, son altamente reactivas (1).

El nitrógeno es necesario en las plantaciones, pero debido a la ineficacia de estas y de los animales para absorberlo, tan solo un diez o un quince por ciento del nitrógeno entra en el cuerpo humano en forma de comida; el resto es liberado al ambiente y se introduce en la atmósfera por combustión. Un solo átomo de nitrógeno podría crear una reacción en cascada que afectase el equilibrio natural de los ecosistemas y, por lo tanto, a la salud humana (2). La contaminación por fertilizantes se produce cuando estos se utilizan en mayor cantidad de la que pueden absorber los cultivos, o cuando se eliminan de la superficie del suelo, por acción del agua o del viento, antes de que puedan ser absorbidos. Los excesos de nitrógeno y fosfatos pueden infiltrarse en las aguas subterráneas o ser arrastrados a cuerpos de agua. La sobrecarga de nutrientes provoca la eutrofización de lagos, embalses y estanques, dando lugar a explosiones de algas que suprimen otras plantas y animales acuáticos. Los actuales métodos de producción agrícolas, forestales y pesqueros son una de las principales causas de la pérdida de biodiversidad del mundo (2).

En conjunto, la producción agropecuaria tiene unos profundos efectos en el ambiente; este sector es una de las principales fuentes de contaminación del agua por nitratos, fosfatos y plaguicidas; también es la mayor fuente antropogénica de gases responsables del efecto invernadero, metano y óxido nítrico, y contribuye en gran medida a otros tipos de contaminación del aire y del agua. La agricultura afecta también la base de su propio futuro a través de la degradación de la tierra, de la salinización, del exceso de extracción de agua y de la reducción de la diversidad genética agropecuaria; sin embargo, las consecuencias a largo plazo de estos procesos son difíciles de cuantificar (3).

En el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum*) bajo invernadero, las dosis de fertilizantes se aplican, por lo general, por encima de los requerimientos del cultivo, como es el caso del nitrógeno, que fluctúa entre 350 y 400 kg·ha⁻¹ (1); dichas aplicaciones de nutrientes pueden, en determinadas circunstancias, no ser perjudiciales para el rendimiento y la calidad de los frutos, pero inciden en los costos de producción, y además, son un desperdicio de fertilizante y una fuente de contaminación del suelo y los mantos acuíferos subterráneos (2).

En la práctica de fertirrigación bajo riego por goteo de cultivos es importante el uso adecuado de las fuentes de fertilizante nitrogenado, pero el nitrógeno absorbido por la planta es mínimo, perdiéndose en gran cantidad dicho fertilizante, que es volatilizado, desnitrificado y lixiviado, ocasionando grandes daños al medioambiente (3). El sistema de sustrato con drenaje abierto es ampliamente utilizado en sistema de producción de hortalizas en invernadero, y está asociado con pérdidas apreciables de NO₃⁻ por lixiviación y pérdidas de drenaje.

Los modelos de simulación de absorción de nitrógeno, nitrógeno lixiviado, absorción de agua y drenaje en los cultivos son de mucha utilidad para el manejo del agua y el análisis ambiental, pues son herramientas ampliamente utilizadas para estudiar el drenaje y la lixiviación de NO₃⁻ para los sistemas de cultivos. Considerando diferentes ciclos de cultivo, fechas de siembra y prácticas de manejo de cultivos, los sistemas de producción nos permiten hacer un análisis regional del drenaje, de la concentración de NO₃⁻ que entraría a los acuíferos y del posible escenario de diferentes prácticas de cultivos.

Para los cultivos en sustrato, la recirculación del drenaje es una práctica que reduce significativamente las pérdidas por lixiviación de NO₃⁻ y reduce los volúmenes de drenaje; sin embargo, la adopción de esta práctica en algunas zonas ha sido despreciable, debido al alto costo, a la complejidad técnica y a la relativa baja calidad del agua disponible (3). Optimizar el uso de N y el manejo de los sistemas de irrigación podría resultar en un interesante enfoque para reducir la contaminación con NO₃⁻ de los acuíferos

subyacentes. El objetivo del presente trabajo es evaluar el impacto ambiental en un cultivo de tomate en un sistema de drenaje abierto para condiciones de invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y características geoclimáticas. El trabajo se llevó a cabo en el invernadero de la finca Hortifresh, localizado en la vereda Aposentos, del municipio de Sutamarchán (Boyacá), cuya cabecera está localizada a 5° 37' 53" de latitud norte y 73° 37' 23" longitud oeste; el municipio se encuentra a una altura de 2095 msnm y presenta temperaturas que oscilan entre los 10 °C y los 27 °C (un promedio mensual de 18 °C), una precipitación tipo bimodal, con promedios anuales de 772.7 mm, y una humedad relativa promedio de 89.8%.

Material vegetal. Se utilizó material de siembra tomate 2214, proveniente de Eurosemillas S.A., el cual es de clima cálido, pero se adapta bien a climas templados, por lo que se puede sembrar en alturas entre los 100 y 1500 msnm. Este cultivo se puede sembrar todo el año, pero los problemas cambian según la época. Los materiales utilizados para la preparación de los sustratos fueron cascarilla de arroz y fibra de coco. Se establecieron 12500 plantas de tomate; la distancia entre plantas fue de 20 cm, y entre hileras, de 1 m. El manejo técnico de la plantación lo aportó el propio productor. Se realizaron aplicaciones diarias de fertilizantes por goteo, para garantizar una condición nutricional que no impusiera límites a la absorción.

Trabajo de campo. Seleccionado el lote, se tomaron muestras del sustrato, compuesto por cascarilla de arroz y fibra de coco, antes de ser trasplantada la plántula de tomate en el sitio definitivo; así como una muestra del agua de riego y de la solución nutritiva que se le aplica diariamente como fertilizante en el cultivo. Se muestreó cada 8 días, para un total de 15 muestreos, a partir del momento del trasplante y hasta la mitad de producción del cultivo; en cada muestreo se tomaron tres plantas representativas, a las cuales se les tomó la altura de nudo a nudo (iniciando desde la primera hoja hasta el meristemo de la planta), el largo y el ancho de cada hoja. Semanalmente se tomaron muestras de

300 ml de agua de drenaje, que fue recolectada de los tanques de almacenamiento ubicados debajo de las camas, en tres puntos del invernadero, para determinar el porcentaje de nitrógeno que se pierde por lixiviación. Posteriormente se calculó el peso seco acumulado (kg ha^{-1}) por tejido (hojas, tallo, fruto), considerando el área real ocupada por el cultivo.

Métodos de laboratorio. Se realizó un análisis físico-químico en el Laboratorio de Suelos y Aguas de la Universidad Jorge Tadeo Lozano, ubicado en el Centro de Bio-Sistemas (Chía-Cundinamarca), con el fin de determinar la concentración de elementos presentes en el sustrato, en el agua de riego y en el fertilizante que se aplicará para determinar cuánto nitrógeno se aporta, cuánto toma la planta y cuánto se pierde por lixiviación y volatilización.

Para determinar el área foliar específica se llevaron a laboratorio la hoja anterior a racimo y los frutos de cada racimo; a estas muestras se les tomó el peso fresco en campo, y, luego, el peso seco en laboratorio, para con ello determinar el porcentaje de nitrógeno que asimila la planta.

El material del deshoje se secó en estufa, a 70 °C, durante 72 horas, para determinar el peso seco; de igual manera se procedió con frutos y tallos, para determinar el peso seco. Mediante la técnica de microkjeldahl (3) se analizó el N total del material seco de cada una de las porciones de la planta (hoja, tallo y fruto).

Análisis estadístico. Con los resultados de materia seca y contenido nutrimental se calculó la cantidad de N acumulado en las plantas; los resultados se presentan en forma gráfica, indicando los valores medios y su dispersión. Todos los datos fueron analizados mediante el programa estadístico R.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido de nitrógeno en la planta

- **Concentración de N en la biomasa total.** El contenido de N en la biomasa total de tomate aumentó durante su ciclo de crecimiento (Figura 1), con valores finales de hojas ($7,82 \text{ g N. ha}^{-1}$), tallo ($1,26 \text{ g N. ha}^{-1}$) y fruto ($4,58 \text{ g N. ha}^{-1}$), para un total de $379,58 \text{ kg ha}^{-1}$; solo la tercera parte

de esta cantidad de N podría ser recuperada en la planta y el sustrato. La concentración más alta de N se llevó a cabo durante el desarrollo de tallos y frutos. La disminución de la concentración de N

en la materia seca a través del tiempo se debe al rápido incremento de la cantidad de materia seca acumulada a medida que se acerca la cosecha, por lo que se presenta un efecto de dilución (4, 5).

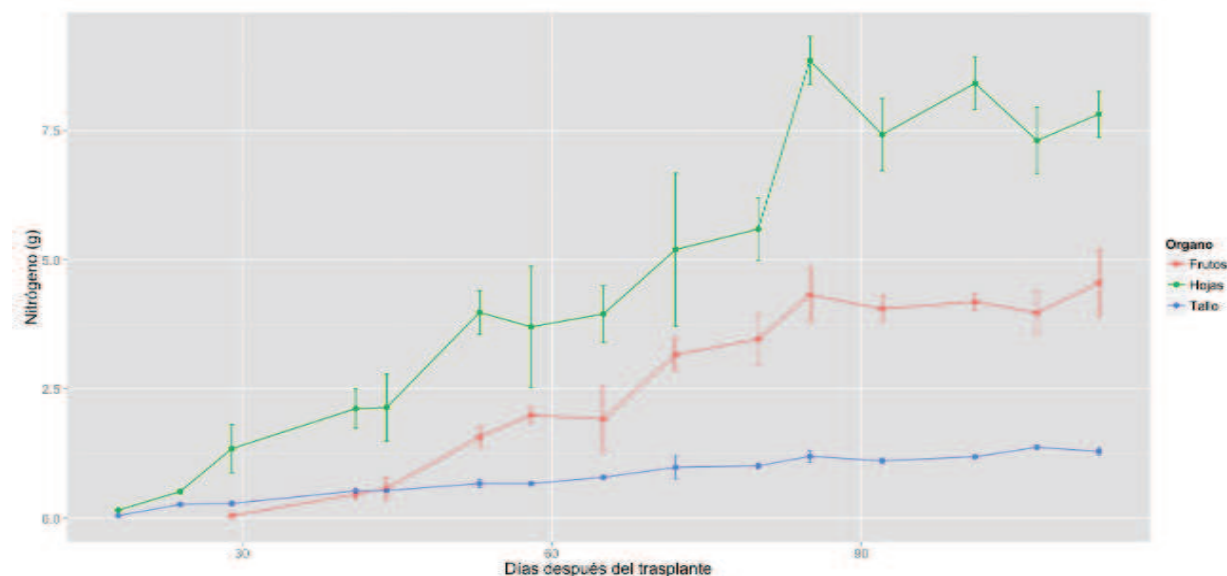


Figura 1. Comportamiento de la concentración de N en frutos, tallos y hojas, a través del ciclo de crecimiento de tomate.

La concentración de N en frutos, tallos y hojas, se mantuvo en un incremento constante hasta el inicio de la producción, y luego inicia un leve descenso, ya que en este periodo la fertilización está enfocada al llenado de fruto, por lo que se maximiza la aplicación de productos que contengan fuentes de potácicas y se disminuyen las nitrogenadas. Tisdale *et al.* (6) estudiaron la concentración de N en la biomasa total de las plantas C3 y C4, cultivadas con suficiente nitrógeno para permitir la máxima tasa de crecimiento, y encontraron que la concentración de N en todos los cultivos disminuyó al incrementarse la biomasa producida, pero en las especies C4 los valores fueron menores que en las C3, lo cual se puede atribuir a que las plantas C4, por ser más eficientes en su ruta fotosintética, pudieran acumular menos N. En este trabajo la especie estudiada corresponde a plantas C3, lo que demuestra que aun dentro de especies con la misma ruta fotosintética existen diferencias notables en las concentraciones de N en la biomasa total.

La acumulación de N en la biomasa total en el tiempo siguió una curva sigmoïdal, en todos

los casos, y las diferencias encontradas están en relación con la duración del ciclo del cultivo y la cantidad de N acumulado. La acumulación al momento de la cosecha estuvo influenciada de manera determinante por la biomasa total producida, lo cual concuerda con los resultados obtenidos por Bugarin-Montoya *et al.* (7). En el cultivo de tomate la tasa de absorción de N se incrementó paulatinamente hasta el máximo, a partir del cual ocurrió un descenso constante hasta el periodo de cosecha.

Contenido de nitrógeno en el agua

- **Nitrógeno acumulado aplicado.** Según los resultados de la presente investigación, el N aplicado a 118 días de cultivo es de 474,175 kg, lo que indica una elevada fertilización. En Colombia se aplican 499,4 kg de fertilizantes de síntesis química por ha⁻¹ cultivada, cifra muy superior al promedio en América Latina, que es de 106 kg; el resultado de este exceso podría incrementar una mayor erosión de los suelos, y como consecuencia una menor productividad (8).

- **Drenaje.** En cultivo de tomate hidropónico con drenaje libre el riego es semejante al del cultivo en suelo, donde una bomba realiza la distribución de la solución nutritiva. Los fertilizantes aplicados se distribuyen de la siguiente manera: el agua aplicada por planta al día es de 2 litros, distribuidos en 20 pulsos, cada uno de 4 minutos; esto referente a que en el desarrollo de la investigación se presentaron días soleados. La tasa de inyección varió según los requerimientos del cultivo, con base en el manejo dado por el productor; para este caso de estudio, del día 0 al día 41 la tasa de inyección fue de 5,5; suministrándole a la planta 0,346 g de N, y desde el día 42 al día 118 la tasa de inyección fue de 0,558 g de N, omitiendo los días domingos, cuando no se fertilizaba. Para la investigación realizada, cada planta drena al día 12,8 ml, que contienen un N total acumulado de 0,22051 g a los 118 DDT.

El cálculo de la fracción de N que se pierde por lixiviación resulta muy complejo, pues son numerosos los factores que intervienen (época del año, gestión de riego, tipo de sustrato, etc.), como lo explican estudios que cuantifican la pérdida de lixivados en diferentes cultivos hortícolas (9, 10, 11); en estos trabajos se presentan valores que oscilan entre el 2% y el 63%, en función del cultivo. Para el caso de estudio, el valor total de N es de 0,22051, equivalente al 0,6% de N aplicado que se pierde por lixiviación.

Balance total de nitrógeno en la planta. Cuando el rendimiento de un cultivo se incrementa, las cantidades de nutrientes que demanda también aumentan; sin embargo, no todos los nutrientes son demandados en forma proporcional al aumento de su rendimiento (7). Los contenidos de N aplicado a la planta, expresados en relación con la acumulación total, fueron del 37,93451g, que equivalen al 100% del N aplicado. De este porcentaje aplicado, solo el 36% (13,665 g) es aprovechado por la planta para sus diferentes procesos metabólicos, el restante (63,4%) que corresponde a 24,049 g, la planta lo desecha y se acumula en el sustrato, en tanto que 0,22051 g, que corresponden al 0,6%, es drenado.

CONCLUSIONES

Existen deficiencias apreciables en la aplicación de nitrógeno, ya que del 100% aplicado solo el 36% lo asimila la planta; esto indica que se debería

reducir la aplicación de fertilizantes nitrogenados y suministrar racionalmente los nutrientes que el cultivo de tomate necesita, con el propósito de disminuir el impacto ambiental y optimizar el aprovechamiento de los recursos; en este sentido, la investigación en pos del manejo de la fertirrigación en sistemas hidropónicos con recirculación contribuirá a un desarrollo más sostenible de estos.

REFERENCIAS

- (1) Greenwood D, Lemaire G, Gosse G, Cruz P, Draycott A. Decline in porcentaje N of C₃ and C₄ crops with increasing plant mass 2009; 13 (2): 23-31.
- (2) Bruzón S. La producción de tomate bajo invernadero. Revista Asiava 2000; 56: 21-22.
- (3) Hauck RD. Nitrogen fertilizer effects in nitrogen cycle processes. In F.E. Clark and T. Roswall (ed.). Terrestrial Nitrogen Cycles. Ecol. Bull 2010; 33: 551-562.
- (4) Binford G, Blackmer A. Visually rating the nitrogen status of corn, J. Production Agriculture 2009; 6: 41-46.
- (5) Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. CATIE. Proyecto regional Manejo Integrado de Plagas. Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo de tomate. Turrialba, Costa Rica. 73 p. 1990.
- (6) Tisdale S.L, Nelson W.L, Beaton J.D, Havlin J.L. Soil Fertility and Fertilizers. Quinta edición. 1993.
- (7) Bugarin-Montoya R, Galvis-Espinosa A, Sánchez-García P, García-Paredes D. Acumulación diaria de materia seca y de potasio en la biomasa total del tomate. 2011.
- (8) Sharpley F, Smith S. Weath tillage and water quality in the Shouthern Plains. Soil & Tillage Research 2005; 30: 33-48.
- (9) Barreto JD. Manual del cultivo de tomate tipo milano, pimentón, maíz dulce y frijol en el sistema de siembra en camas plastificadas, bajo las condiciones agroecológicas de la meseta de Ibagué. Colciencias, Cooperativa Serviarroz, Corpoica, Sena. Ibagué. p 3-42. 2002
- (10) Dodson J. Enfermedades del tomate. Seminis Vegetable Seeds. California, USA. 61 p. 2007.
- (11) Videla C. La volatilización de amoniaco: una vía de pérdida de nitrógeno en sistemas agropecuarios. Boletín Técnico 131. EEA INTA Balcarce. 2005.