



Bioagro

ISSN: 1316-3361

bioagro@ucla.edu.ve

Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado
Venezuela

Betancourt, Pedro; Pierre, Francis
Extracción de macronutrientes por el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill. var. Alba) en
casas de cultivo en Quíbor, estado Lara
Bioagro, vol. 25, núm. 3, septiembre-diciembre, 2013, pp. 181-188
Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado
Barquisimeto, Venezuela

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85730395005>

- 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

EXTRACCIÓN DE MACRONUTRIENTES POR EL CULTIVO DE TOMATE (*Solanum lycopersicum* Mill. var. Alba) EN CASAS DE CULTIVO EN QUÍBOR, ESTADO LARA

Pedro Betancourt¹ y Francis Pierre¹

RESUMEN

El suministro de nutrientes a la planta en cantidades óptimas es un objetivo primordial de los programas de fertilización. El objetivo de la presente investigación fue determinar los niveles de extracción de los macroelementos N, P, K, Ca y Mg que realiza la planta de tomate durante su ciclo de vida bajo condiciones de una “casa de cultivo”. El ensayo se desarrolló en el campo experimental de Quíbor, estado Lara adscrito al INIA-Lara. Se seleccionó la variedad Alba plantada a 30 cm entre plantas y 80 cm entre hileras. Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. Cada parcela estuvo constituida por 6 hileras de 10 metros de largo cada una y se suministró fertiriego al cultivo diariamente. Se realizaron muestreos a los 20, 40, 60, 75 y 125 días después del trasplante (ddt). Se encontró que en las primeras etapas de crecimiento de la planta las hojas y el tallo son los órganos que más materia seca acumulan, y en las etapas finales del cultivo los mayores aportes corresponden a las hojas y al fruto. La hoja fue el órgano que presentó mayor acumulación de calcio mientras que en el fruto la mayor acumulación fue de potasio. El nitrógeno ocupó el tercer lugar presentando un moderado nivel de extracción. La mayor extracción de N, P y K correspondió a los frutos, mientras que los elementos Ca y Mg fueron extraídos principalmente por las hojas. La extracción total de macroelementos por la planta de tomate fue de 970, 358, 147, 2603 y 405 mg por planta de N, P, K, Ca y Mg, respectivamente.

Palabras clave adicionales: Nutrición mineral, fertilización, macroelementos, cobertizo

ABSTRACT

Macronutrient uptake for tomato crop (*Solanum lycopersicum* Mill var. Alba) under greenhouse conditions, at Quíbor, Lara State, Venezuela

The supply of plant nutrients in optimal amounts is a primary goal of fertilization programs. The objective of this research was to determine uptake levels of the macroelements N, P, K, Ca and Mg by tomato plant during its life cycle under glasshouse conditions. The research was carried out at Quíbor experimental field of the INIA, Lara State, Venezuela. The tomato variety Alba was selected and planted at 30 cm between plants in the row and 80 cm between rows. A completely randomized design with four replications was used. Each plot consisted of 6 rows of 10 meters long each. Fertirrigation was supplied daily. Samples of plants were taken at 20, 40, 60, 75 and 125 days after transplanting (dat). It was found that in the early stages of the plant growth, the stem and leaves are the organs that accumulate more dry matter, and at the final stages the leaves and fruits have the greatest contributions. The leaf was the organ which showed the highest accumulation of calcium, while the fruit showed the highest potassium accumulation. Nitrogen was the third nutrient which presented a moderate level of extraction. The greater extraction of N, P and K corresponded to the fruit, while Ca and Mg were stored primarily by the leaves. The total removal of macronutrients for the tomato plants was 970, 358, 147, 2603 and 405 mg per plant for N, P, K, Ca, and Mg, respectively.

Additional key words: Mineral nutrition, fertilization, macro element uptake, glasshouse

INTRODUCCIÓN

El tomate es una de las hortalizas más consumidas en Venezuela como producto fresco y procesado. Según datos del VII Censo Agrícola (MAT, 2008), la producción nacional se ubicó en más de 200 mil Mg, siendo los principales estados productores Lara (20,11%),

Guárico (14,96%) y Trujillo (9,61%). Actualmente el costo y la disponibilidad de fertilizantes químicos, así como la necesidad de conservar el ambiente, demandan una utilización de estos insumos cada vez más racional y ajustada a los requerimientos del cultivo. Si se considera que tanto el rendimiento como la calidad de determinado rubro hortícola son

Recibido: Noviembre 19, 2012

Aceptado: Agosto 5, 2013

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. INIA-Lara. Apdo. 592. Barquisimeto, Venezuela.

e-mail: pbetancourt@inia.gob.ve; fpierre@inia.gob.ve

afectados negativamente por cualquier desviación de este óptimo, resulta esencial en todo momento evitar el exceso o la falta de nutrientes. La cantidad de nutrientes absorbidos por la planta de tomate durante su ciclo, depende de factores bióticos y abióticos como la temperatura del aire y del suelo, luminosidad, humedad relativa y concentración de nutrientes en el suelo. También hay otros factores como la fertirrigación, la conducción vertical de las plantas y la cobertura plástica que influyen en los niveles de extracción de nutrientes por la planta de tomate, al comparar producción en campo y en invernadero (Fayad et al., 2002). En los últimos años, un volumen considerable de investigación en horticultura se ha dedicado al tema de la nutrición de tomate y se han propuesto niveles estándares de concentración para el suministro de nutrientes (Passam et al., 2007). No obstante, por estar el crecimiento de los cultivos estrechamente vinculado a una adecuada nutrición mineral, el conocimiento de la extracción que realiza la planta de estos elementos en el suelo se convierte en una información básica para el diseño y planificación de programas de fertilización (Escalona y Pire, 2008).

Por otro lado, a nivel mundial la tecnología de cultivar plantas mediante las estructuras protegidas conocidas como “casas de cultivo” se reconoce como una alternativa eficiente de manejo en la producción de hortalizas durante todo el año. La importancia del mismo se ha incrementado en la medida que los productores han dominado la tecnología, y los resultados a nivel nacional hacen de los cultivos protegidos un sistema interesante por la protección que brinda a las plantas contra el exceso de precipitaciones, la radiación solar, plagas y enfermedades, así como las ventajas que ofrece en el orden agronómico, económico y social.

El suministro de nutrientes en cantidades óptimas es un objetivo primordial de los programas de fertilización, y en las casas de cultivo la fertilización se realiza mediante un sistema de fertirriego que permite aplicar los nutrientes en forma exacta y uniforme, ajustado a la etapa fenológica de las plantas (Casanova et al., 2007).

Dado que en la actualidad en Venezuela hay pocas experiencias de investigación sobre

extracción de nutrientes por el tomate en ambientes protegidos, el objetivo de la presente investigación fue determinar los niveles de extracción de macroelementos que realiza la planta de tomate durante su ciclo de vida bajo condiciones de una casa de cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se desarrolló en el campo experimental de Quíbor, municipio Jiménez, estado Lara (9° 53' N, 69° 39' W, 680 msnm) adscrito al INIA-Lara. Los registros climatológicos (1979-2010) de la estación ubicada en el sitio del ensayo revelan promedios anuales de 513,7 mm de precipitación, 1992,8 mm de evaporación y temperaturas entre 30,8 y 17,9 °C. Los análisis con fines de fertilidad de las muestras colectadas de 0 a 20 cm de profundidad en el suelo donde se realizó el ensayo fueron realizados en el Laboratorio de Suelos del INIA-Yaracuy, y los resultados se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Resultados del análisis de suelo

Característica	Método de análisis	Valor
Arena (%)		17,6
Limo (%)		46,0
Arcilla (%)		36,4
Textura	Bouyoucos	FAL
Fósforo (mg·kg ⁻¹)	Olsen	297,0
Potasio (mg·kg ⁻¹)	Olsen	615,0
Calcio (mg·kg ⁻¹)	Morgan modificado	>1999
Materia orgánica (%)	Walkley & Black	3,42
pH	Suelo-agua 1: 2,5	7,40
Conductividad eléctrica	Suelo-agua 1:5	1,87

Se preparó el suelo en forma de canteros de 1,20 m de ancho y 0,15 m de altura, con un metro de separación entre ellos, y sobre cada cantero se transplantaron plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* var. Alba) colocadas a 30 cm entre plantas y 80 cm. entre hileras, con dos hileras por cantero. Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. Cada parcela estuvo constituida por tres canteros de tomate de 10 m de largo cada uno. Se aplicó un litro de agua diario por planta mediante fertirriego. Para ello se utilizó 0,15 g por planta de la fórmula 10-52-10 NPK en la primera y

segunda fase; 0,29 g por planta de 20-20-20 en la tercera fase, 0,39 y 0,19 g por planta de 10-10-40 en la cuarta y quinta fase, respectivamente. Simultáneamente, se procedió a realizar muestreos destructivos de plantas, considerando sólo las hileras centrales de cada parcela, es decir, el cantero central. Se realizaron cinco muestreos correspondientes a las siguientes fases de desarrollo del cultivo: fase 1, 20 días después del trasplante (ddt); fase 2, 40 ddt; fase 3, 60 ddt; fase 4, 75 ddt y fase 5, 125 ddt.

En cada muestreo se extrajeron tres plantas completas junto a un bloque de suelo de 30 x 30 x 30 cm. Este bloque fue sometido a lavado con agua a presión lo que permitió recuperar una cantidad significativa de las raíces de la planta. Estas plantas fueron colocadas en bolsas de papel y llevadas al laboratorio. Cada muestra fue separada por sus hojas, tallo y raíz, así como por los frutos en las épocas de cosecha. A cada órgano se le determinó la masa seca (materia seca) y las concentraciones de nutrientes N, P, K, Ca y Mg. La materia seca se determinó luego de secar las muestras en estufa a 70 °C hasta peso constante (Rengel et al., 2011). El N se determinó por Kjeldahl, el P por fotocolorimetría, y el K, Ca y Mg por absorción atómica empleando óxido de lantano para eliminar interferencias. Luego, con las concentraciones de los nutrientes por órgano de la planta en cada fase y la materia seca de cada uno, se procedió a determinar la extracción de nutrientes (ENut) mediante la siguiente ecuación (Pire y Colmenárez, 1996):

$$\text{ENut (mg)} = \text{Nut (\%)} \times \text{MS (mg)} / 100$$

donde ENut es la extracción del nutriente considerado, Nut la concentración del nutriente y MS la masa seca del órgano de la planta.

La extracción total de la planta se determinó sumando las extracciones de cada uno de los órganos. Para la elaboración de los gráficos y las curvas de regresión se utilizó el programa estadístico Infostat V.1.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Acumulación de materia seca (AMS): La tasa diaria de AMS del tomate durante su ciclo productivo reflejó un incremento inicial, el cual decreció paulatinamente con el tiempo siguiendo una tendencia parabólica en función del

crecimiento y desarrollo de sus órganos (Figura 1). La hoja fue el único órgano que mantuvo una tasa ascendente como resultado del continuo crecimiento del follaje que se prolongó hasta finales del ciclo, mientras que la cosecha de los frutos disminuyó hacia el final tal como se observa en la Figura 1. A mediados del ciclo el crecimiento y desarrollo de las hojas, tallo y frutos contribuyeron mayoritariamente en la AMS, mientras que al final, el crecimiento del follaje destacó mayoritariamente en la AMS de la planta.

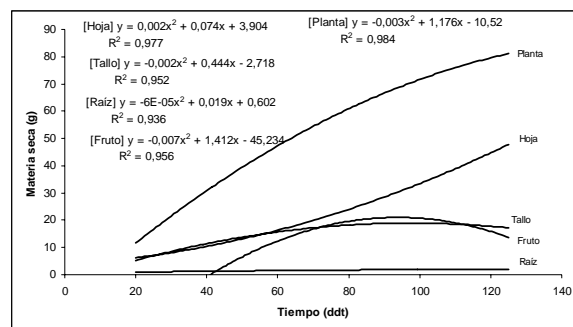


Figura 1. Cantidad de materia seca en los distintos órganos y en la planta entera de tomate al momento de los muestreos

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Hernández et al. (2009), quienes señalan que la acumulación de biomasa por órgano en plantas de tomate hasta mediados del ciclo fue en el siguiente orden: hojas>tallo>frutos>raíz. Luego, al entrar la planta en plena producción, los frutos tuvieron un aporte importante al valor de la materia seca total, consecuencia de la alta demanda metabólica que ejercen los frutos sobre la planta durante su crecimiento y llenado. El comportamiento diferencial entre los distintos órganos de la planta con relación a la AMS está relacionado con la capacidad de sumidero de cada uno de ellos. En este sentido, Casierra et al. (2007) señalan que la distribución de materia seca durante el desarrollo de un cultivo puede cambiar debido a la capacidad de sumidero de un órgano individual así como a las alteraciones en el número de sumideros que crecen en la planta. Asimismo, el crecimiento potencial de un órgano sumidero podría ser determinado durante el periodo de división celular, en la fase inicial de desarrollo de este órgano.

Extracción de nutrientes:

- **Nitrógeno:** Al totalizar los valores de todas las cosechas se obtuvo que los frutos fueron los principales extractores de N al final del ciclo del cultivo (Figura 2). El segundo lugar lo ocuparon las hojas dada la gran cantidad de follaje producido por la planta; esto a pesar de que la concentración de N foliar decreció paulatinamente durante el ciclo (datos no mostrados). El tallo también mostró alta AMS, lo cual ratifica su función como órgano de reserva de nutrientes (Greenwood et al., 1990). La raíz resultó ser el órgano que acumuló la menor cantidad del nutriente, atribuible en parte a la dificultad que existe para extraer del suelo la totalidad del sistema radical durante los muestreos. El orden final de extracción fue de fruto>hoja>tallo>raíz, con valores de 441, 265, 238 y 24 miligramos por planta, respectivamente.

Gastal y Lemaire (2002) indican que con una adecuada suplencia de N, la absorción de N es determinada en gran medida por la tasa de crecimiento del cultivo. Señalan, sin embargo, que el incremento del contenido de N con la masa del cultivo no es lineal, observándose una disminución en la absorción de N por unidad adicional de biomasa a medida que la planta crece, lo cual parece ser un fenómeno general de los cultivos vegetales.

Hernández et al. (2009) señalan que la mayor extracción por parte de los frutos coincide con la alta demanda metabólica que ejercen en la planta durante su etapa de rápido crecimiento. Por otra parte, Bugarín et al. (2011) reportan en tomate una disminución en la concentración foliar de N durante su ciclo de crecimiento, lo cual se atribuye, en parte, al rápido incremento en la AMS a medida que se acerca la cosecha, presentándose un fenómeno de dilución. Greenwood et al. (1990) indican que la biomasa de la planta puede dividirse en un componente funcional (CF) con alta concentración de N que incluye tejidos estrechamente relacionados con actividad fotosintética (principalmente hojas), y en otro estructural (CE) con baja concentración de N, asociada a la arquitectura y al almacenamiento de reservas en la planta (básicamente el tallo). En atención a esto Yuan et al. (2007) señalan que la tendencia de la concentración de N a disminuir con el tiempo es

principalmente el resultado de un aumento en la biomasa vegetal con una creciente proporción de los materiales estructurales y de almacenamiento que contienen poco N.

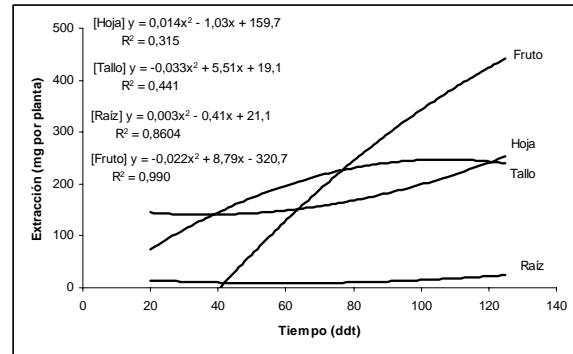


Figura 2. Extracción de N por los diferentes órganos durante el ciclo de la planta de tomate

- **Fósforo:** De forma similar a lo ocurrido con el nitrógeno, se obtuvo que los frutos fueron los principales extractores de P al final del ciclo del cultivo (Figura 3). El orden final de extracción fue de fruto>hoja>tallo>raíz, con valores de 214, 106, 33 y 4,5 miligramos por planta, respectivamente.

Estos resultados son similares a los obtenidos por Fayad et al. (2002) quienes reportaron una mayor extracción por parte de los frutos y señalan que la acumulación de P en la parte vegetativa de la planta ocurre como consecuencia de la movilización de nutrientes y asimilados por efecto del aumento de la actividad metabólica asociada a actividad hormonal, crecimiento y división celular. Sainju et al. (2003) señalan que la absorción diferencial de nutrientes que realizan las plantas del tomate afecta su concentración, e indican que en este cultivo la absorción de P es más baja que la absorción de N y K, por lo que la extracción final de este elemento por los distintos órganos será más baja también.

- **Potasio:** Al final del ciclo de la planta, la extracción de K fue de fruto>hoja>tallo>raíz, con valores de 1207, 483, 418, y 37 miligramos por planta, respectivamente (Figura 4). Resultados coincidentes han sido registrados por Bugarín et al. (2002), quienes estudiaron la acumulación de K en la biomasa aérea del tomate y señalan que después del establecimiento del

cultivo se observa un incremento acelerado en la acumulación de K, dependiendo del hábito de crecimiento y ciclo del cultivo. Este incremento se atribuye, al igual que en el caso de la acumulación de materia seca, al crecimiento de frutos los cuales demandan altas cantidades de K. Una tendencia similar en el tejido foliar del tomate es reportada por Ruiz et al. (2006), quienes indican que si se considera que el fruto acumula cerca del 60 % del K absorbido y que además constituye alrededor del 90 % de los cationes presentes en el fruto, la disminución en la concentración de K en las hojas podría estar relacionada a la alta demanda de K del fruto necesario en su etapa de maduración. En el caso del tallo, se observó que la mayor acumulación de K ocurrió hacia mediados del ciclo para luego decrecer en la etapa final del cultivo, lo cual se atribuye a la paulatina disminución en la concentración de K en este órgano de la planta.

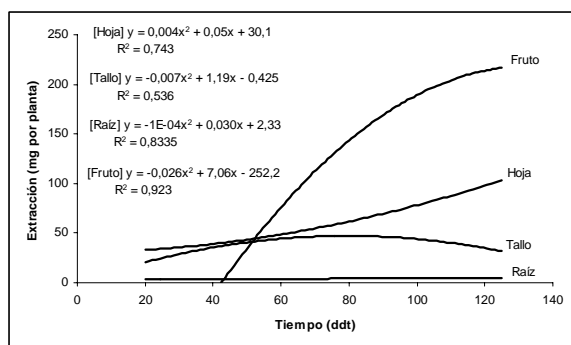


Figura 3. Extracción de P por los diferentes órganos durante el ciclo de la planta de tomate

- **Calcio:** La hoja fue el órgano que registró la mayor extracción de Ca (Figura 5) atribuido a que este elemento se acumula en los tejidos dada su baja movilidad dentro de la planta. El fruto presentó una concentración baja y estable en el tiempo (datos no mostrados), y al final del ciclo la extracción fue de hoja>tallo>fruto>raíz, con valores de 2016, 425, 104 y 57 miligramos por planta, respectivamente. Malone et al. (2002) indican que el Ca tiene muy poca movilidad en el floema, transportándose en la planta básicamente a través del xilema. Esto permite a los órganos de rápida transpiración como las hojas maduras que acumulen altas cantidades de Ca, y contrariamente, que los órganos de baja transpiración como el fruto acumulen poco

(Passam et al., 2007). Sin embargo, bajo tales condiciones el transporte de agua al fruto se reduce debido a la competencia con las hojas, restringiéndose por lo tanto la translocación del elemento al fruto; por tal razón, los tejidos de baja transpiración del fruto tienden a presentar una baja concentración y se hacen propensos a enfermedades por deficiencia de Ca como son la pudrición terminal y la necrosis de la región distal del fruto (Malone et al., 2002; Passam et al., 2007).

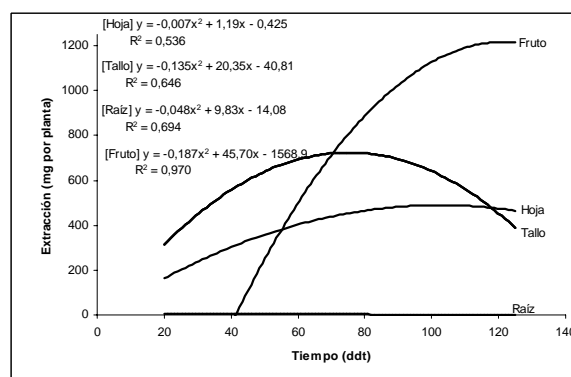


Figura 4. Extracción de K por los diferentes órganos durante el ciclo de la planta de tomate

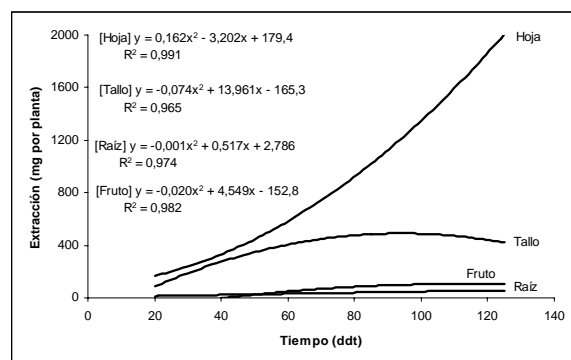


Figura 5. Extracción de Ca por los diferentes órganos durante el ciclo de la planta de tomate

- **Magnesio:** Al final del ciclo se encontró que las hojas y el tallo fueron los órganos más extractores de Mg, a la vez que el fruto ocupó el tercer lugar (Figura 6). El orden de extracción fue de hoja>tallo>fruto>raíz, con valores de 164, 158, 77 y 4,7 miligramos por planta, respectivamente. Fayad et al. (2002) reportan una mayor acumulación de Mg en la parte vegetativa del tomate (79 %) con relación al

fruto (21 %), resultados que coinciden con los datos de esta investigación. Adicionalmente, Hao y Papadopoulos (2003) indican que la capacidad de absorción de Mg en tomate declina con la edad de la planta, siendo necesario incrementar la suplencia de Mg al final de la fase de crecimiento. En este sentido, Sacramento et al. (1999) señalan que la raíz tiende a concentrar más Mg, disminuyendo su capacidad de translocarlo a las hojas; no obstante, existen diferencias en la eficiencia de utilización del Mg por las raíces de tomate según el cultivar. Nzanza (2006) complementa señalando que generalmente la concentración de Mg en la solución del suelo es mayor a la concentración de K, pero la absorción de Mg por las raíces es inferior a la absorción de K. Adicionalmente Sainju et al. (2003) indican que altos niveles de K en el suelo difícilmente tienen un efecto negativo en tomate, pero reducen la disponibilidad de Mg. Es probable que tal situación se haya presentado en la presente investigación ya que, como se observa en el Cuadro 1, los niveles iniciales de K en el suelo eran altos ($615 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$).

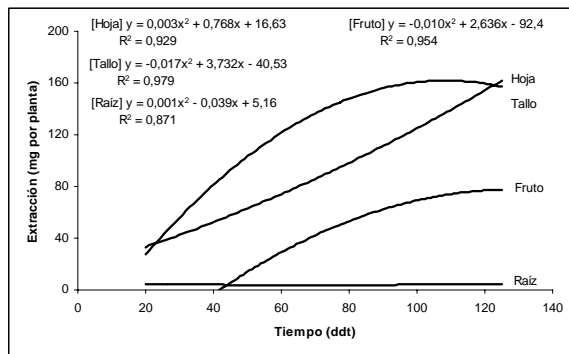


Figura 6. Extracción de Mg por los diferentes órganos durante el ciclo de la planta de tomate

Extracción final de nutrientes: En la Figura 7 se observa que, en términos relativos, casi todo el calcio se acumuló en las hojas y muy poco en el fruto. En el tallo y la raíz sus valores fueron muy similares a los de potasio. Es decir, los mayores contenidos de potasio se encontraron en el fruto, con valores bajos e iguales en hojas y tallo. Ruiz et al. (2008), al evaluar la fertilización con una sal soluble de calcio en plantas de tomate encontraron en las hojas valores de Ca superiores a los de K, y sugirieron que los

factores que favorecen la absorción de Ca restringen la absorción de K y Mg. En la presente investigación, existieron valores iniciales de calcio en el suelo superiores a $1999 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (Cuadro 1), lo que pudo contribuir a que el Ca resultase el elemento más absorbido. Contrario a estos resultados, Fayad et al. (2002), al evaluar la absorción de nutrientes en tomate en un ambiente protegido, detectaron que el nutriente más absorbido fue el K, seguido de N, Ca, Mg y P, y observaron que la parte vegetativa sólo extrajo más Ca y Mg, mientras que el fruto extrajo más N, P, y K. En nuestra investigación la extracción de N, Ca y Mg fue superior en la parte vegetativa de la planta (hojas, tallo y raíz), mientras que los elementos P y K se acumularon principalmente en los frutos. En resumen, la extracción total por la planta de tomate fue de 970, 358, 2147, 2603 y 405 mg por planta de N, P, K, Ca y Mg, respectivamente.

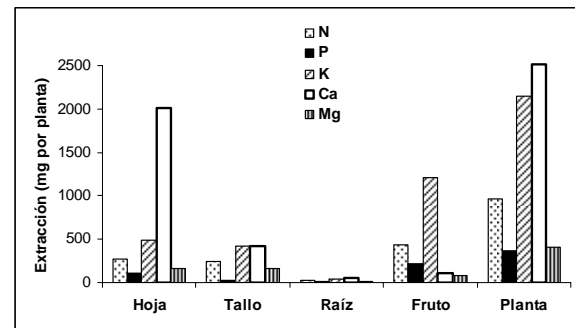


Figura 7. Extracción de los macronutrientes al final del ciclo en tomate

CONCLUSIONES

En las primeras etapas de crecimiento de la planta de tomate, las hojas y el tallo son los órganos que más materia seca acumulan en la planta, y en las etapas finales del cultivo los mayores aportes corresponden a las hojas y al fruto.

La hoja fue el órgano que presentó mayor acumulación de Ca mientras que en el fruto la mayor acumulación fue de K. En consecuencia, el calcio y el potasio, en ese orden, fueron los elementos mayormente extraídos seguidos en el tercer puesto por una extracción moderada de nitrógeno. La extracción total por la planta de tomate fue de 970, 358, 147, 2603 y 405 mg por planta de N, P, K, Ca y Mg, respectivamente.

La mayor extracción de N, P y K correspondió a los frutos, mientras que los elementos Ca y Mg fueron extraídos principalmente por las hojas.

LITERATURA CITADA

- Bugarín, R., A. Galvis, P. Sánchez y D. García. 2002. Acumulación diaria de materia seca y de potasio en la biomasa aérea total de tomate. *Terra Latinoamericana* 20(4): 401-409.
- Bugarín, R., M. Virgen, A. Galvis, D. García, T. Hernández., I. Bojorquez y A. Madueño. 2011. Extracción de nitrógeno en seis especies olerícolas durante su ciclo de crecimiento. *Bioagro* 23(2): 93-98.
- Casanova, A., O. Gómez, F. Pupo y M. Hernández. 2007. Manual para la Producción Protegida de Hortalizas. Editorial Liliana. La Habana. 138 p.
- Casierra, F., M. Cardozo y J. Cárdenas. 2007. Análisis del crecimiento en frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivados bajo invernadero. *Agronomía Colombiana* 25(2): 299-305.
- Escalona, A. y R. Pire. 2008. Crecimiento y extracción de N-P-K por plantas de pimentón (*Capsicum annuum* L.) abonadas con estiércol de pollo en Quíbor, estado Lara. *Rev. Fac. Agron. LUZ* 25: 243-260.
- Fayad, J., P. Fontes, A. Cardoso, F. Finger y F. Ferreira. 2002. Absorção de nutrientes pelo tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, Brasília 20(1): 90-94.
- Gastal, F. y G. Lemaire. 2002. N Uptake and distribution in crops: An agronomical and ecophysiological perspective. *Journal of Experimental Botany* 53(370): 789-799.
- Greenwood, D., G. Lemaire, G. Gosse, P. Cruz, A. Draycott y J. Neeteson. 1990. Decline in percentage N of C₃ and C₄ crops with increasing plant mass. *Annals of Botany* 66: 425-436.
- Hao, X. y A. Papadopoulos. 2003. Effects of calcium and magnesium on growth, fruit yield and quality in a fall greenhouse tomato crop grown on rockwool. *Canadian Journal of Plant Science* 83: 903-912.
- Hernández, M., M. Chailloux, V. Moreno, M. Mojena y J. Salgado. 2009. Relaciones nitrógeno-potasio en fertirriego para el cultivo protegido del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) y su efecto en la acumulación de biomasa y extracción de nutrientes. *Cultivos Tropicales* 30(4): 71-78.
- Malone, M., P. White y M. Morales. 2002. Mobilization of calcium in glasshouse tomato plants by localized scorching. *Journal of Experimental Botany* 53(366): 83-88.
- MAT (Ministerio de Agricultura y Tierras). 2008. VII Censo Agrícola. <http://200.47.151.243/redatam/> (consulta del 27/07/2013).
- Nzanza, B. 2006. Yield and quality of tomato as influenced by differential Ca, Mg and K nutrition. Department of Plant Production and Soil Sciences. University of Pretoria. <http://upetd.up.ac.za/thesis>. (consulta del 26/07/2013).
- Passam, H., I. Karapanos, P. Bebeli y D. Savvas. 2007. A Review of recent research on tomato nutrition, breeding and post-harvest technology with reference to fruit quality. *The European Journal of Plant Science and Biotechnology* 1(1): 1-21.
- Pire, R. y O. Colmenárez. 1996. Extracción y eficiencia de recuperación de nitrógeno por plantas de pimentón sometidas a diferentes dosis y fraccionamiento del elemento. *Agronomía Tropical* 46(4): 353-370.
- Rengel, M., F. Gil y J. Montaña 2011. Crecimiento y dinámica de acumulación de nutrientes en caña de azúcar. I. Macronutrientes. *Bioagro* 23(1): 43-50.
- Ruiz, C, A. Sánchez, y D. Túa. 2006. Efecto de la dosis y forma de colocación del potasio sobre la concentración foliar de macronutrientes en el tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Rev. Fac. Agron. LUZ* 23(2): 161-171.
- Ruiz, C., T. Russián y D. Túa. 2008. Efecto del momento del riego y el nitrato de calcio en plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum*.). *Rev. Fac. Agron. LUZ* 25: 421-439.
- Sacramento, L., H. Martínez, P. Monnerat y L. M. de Oliveira. 1999. Absorção de

magnésio por raízes destacadas de cultivares de tomateiro. *Sci. Agric.* 56(3): 509-515.

20. Sainju, U.M., R. Dris y B. Singh. 2003. Mineral nutrition of tomato. *Food, Agriculture & Environment* 1(2): 176-184.

21. Yuan, Z., X. Liu., S. Niu y S. Wan. 2007. Plant nitrogen dynamics and nitrogen-use strategies under altered nitrogen seasonality and competition. *Annals of Botany* 100: 821-830.