

OBTENCIÓN DE LA CURVA DE EXTRACCIÓN NUTRIMENTAL DEL HÍBRIDO DE TOMATE FB-17

Obtaining of the Absorption Curve for the FB-17 Tomato Hybrid

Gustavo Quesada-Roldán^{1‡} y Floria Bertsch-Hernández²

RESUMEN

En una plantación comercial en la zona de San Isidro de Heredia, Costa Rica, se obtuvo la curva de extracción nutrimental del híbrido de tomate FB-17 durante un ciclo de cultivo. A lo largo de 13 muestreos, se determinó el contenido de N, P, K, Ca, Mg y S en tres secciones de la planta: raíz, parte aérea y fruto. Con base en la concentración de estos nutrimentos y el peso seco en las secciones de la planta se trazó la curva de absorción para este híbrido. Adicionalmente se calculó la extracción de estos mismos nutrimentos considerando una densidad de 19 230 plantas ha⁻¹ y un rendimiento aproximado de 162 Mg ha⁻¹. El elemento extraído en mayor cantidad fue el K (762 kg ha⁻¹), seguido del N (522 kg ha⁻¹), Ca (364 kg ha⁻¹), Mg (93 kg ha⁻¹), S (79 kg ha⁻¹) y P (39 kg ha⁻¹). El momento de mayor demanda para todos los elementos fue a los 130 días después de la siembra (dds), periodo significativo en la formación y llenado de frutos. Hacia el final del ciclo de producción se observó una acumulación de N, P y K principalmente en el fruto, mientras que la mayoría de Ca, Mg y S permaneció en la parte aérea de la planta. Los altos requerimientos nutrimentales del híbrido FB-17 responden a una expectativa de rendimiento superior a 100 Mg ha⁻¹, estos requerimientos constituyen el mínimo que se le debe suministrar a la planta vía fertilización para garantizar una producción óptima.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum L., requerimiento, nutrimentos, curva.*

¹ Estación Experimental Fabio Baudrit, Universidad de Costa Rica. Apdo. Postal 183-4050. Alajuela, Costa Rica, A. C.

[‡] Autor responsable (gustavo.quesada@ucr.ac.cr)

² Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica. Cd. de la Investigación Finca 2 UCR. De la UNED carretera a Sabanilla, 175 m este y 75 m sur. Costa Rica.

Recibido: enero de 2012. Aceptado: marzo de 2013.
Publicado en Terra Latinoamericana 31: 1-7.

SUMMARY

A nutrient accumulation or uptake curve of the FB-17 tomato hybrid was obtained during a crop cycle in a commercial plantation in San Isidro de Heredia, Costa Rica. The content of N, P, K, Ca, Mg and S was determined in 13 samples of three sections of the plant: root, aerial part and fruit. The nutrient accumulation curve for this hybrid was based on concentrations of these nutriments and dry weight of the plant sections. Nutriment extraction was calculated considering a density of 19 230 plants ha⁻¹ and an approximate yield of 162 Mg ha⁻¹. The element extracted in the largest quantity was K with 762 kg ha⁻¹, followed by N with 522, Ca (364), Mg (93), S (79) and P (39 kg ha⁻¹). The greatest demand for all the elements was at 130 days, period significant in fruit set and fill; fruiting alone further explains the variations in demand by nutriments. Towards the end of the production cycle an accumulation of N, P and K was observed mainly in fruit, while most of Ca, Mg and S remained in the aerial part of the plant. The high nutriment requirements of the FB-17 hybrid respond to a yield expectation of 100 Mg ha⁻¹, and constitute the minimum that must be supplied to the plant by fertilization to ensure optimum production.

Index words: *Solanum lycopersicum L., requirement, nutriments, curve.*

INTRODUCCIÓN

El tomate es una de las hortalizas que se siembran con mayor frecuencia debido a su alta demanda en los mercados y a su elevado valor comercial. Esto promueve una fuerte competencia entre las casas productoras de semillas, lo que trae como consecuencia una constante aparición de nuevos materiales, principalmente híbridos, con particularidades muy propias respecto a su manejo técnico (Bautista y Alvarado, 2005). Pocas veces se sigue un adecuado plan de fertilización que sea acorde

a las necesidades reales de consumo de nutrientes del cultivo a lo largo de su ciclo de producción.

Para propiciar la máxima expresión del potencial productivo de los genotipos de tomate, es importante generar y aplicar prácticas de manejo del cultivo tendientes a aprovechar al máximo los insumos proporcionados. En este contexto el manejo de la nutrición de las plantas es un aspecto crucial desde el punto de vista fisiológico y económico (Villalobos, 2001), pues en producción agrícola bajo condiciones protegidas aprovechar al máximo toda la expresión del potencial genético de la plantas es mandatorio. La fertilización, como parte de la nutrición vegetal, tiene como fin lograr que el aporte de nutrimentos a la planta satisfaga las expectativas del cultivo. Por su relevancia, a la nutrición se le considera como el factor de producción más importante después de la disponibilidad de agua. La fertilización es un rubro de alto valor económico y no es aceptable desde este punto de vista desbalances nutricionales en la industria de producción en invernaderos tecnificados (Sonneveld y Voogt, 2009).

Los estudios de demanda nutrimental contabilizan los requisitos de cosecha, la extracción total o el consumo de nutrimentos que efectúa un cultivo en particular para completar su ciclo de producción. Las curvas de extracción son parte de estos estudios y permiten el conocimiento de la demanda de nutrimentos de acuerdo con la etapa fenológica de un cultivo; son muy útiles para establecer programas de fertilización ya que permiten un ajuste más preciso con el fin de maximizar la eficiencia de la fertilización en el ciclo del cultivo (Bertsch, 2003), especialmente si se acompaña de la técnica del fertirriego (Sandoval *et al.*, 2007). Con base en las curvas de absorción, se han sugerido numerosos programas de fertilización confiables en cultivos de alto valor económico como tomate, melón, sandía y chile dulce entre otros (Bertsch, 2003; Azofeifa y Moreira, 2005).

La construcción de las curvas de extracción se lleva a cabo mediante muestreos secuenciales de la biomasa total desglosada por tejidos. Cada muestreo debe ser representativo de una etapa particular en el desarrollo fenológico del cultivo, de manera que se pueda definir la cantidad de nutrimentos que la planta requiere diariamente durante su ciclo de crecimiento; teóricamente esta es la cantidad mínima de nutrimentos que deben suministrarse al cultivo (Bertsch, 2003).

La absorción de nutrientes en el cultivo del tomate oscila entre rangos muy amplios, ya que depende de las condiciones agroecológicas del sistema de

producción, del manejo de la plantación y de las características propias de la variedad seleccionada; para los diferentes nutrimentos la demanda es: N entre 100 y 600 kg ha⁻¹; P₂O₅ entre 100 y 200 kg ha⁻¹; K₂O entre 160 y 900 kg ha⁻¹; Mg entre 40 y 290 kg ha⁻¹ y Ca entre 45 y 195 kg ha⁻¹ (Papadopoulos, 1991; Domínguez, 1993; Gómez *et al.*, 2000; Fayad *et al.*, 2002).

El objetivo de este trabajo fue desarrollar la curva de extracción para los nutrimentos N, P, K, Ca, Mg y S en plantas de tomate del híbrido FB-17, en un ciclo de cultivo en una finca comercial.

MATERIALES Y MÉTODOS

De febrero a agosto de 2007, se desarrolló un cultivo de tomate en una plantación comercial localizada en San Isidro de Heredia, Costa Rica (10° 01' 90" N, 84° 01' 40" O, 1390 m de altitud). Se utilizó como material de siembra el híbrido FB-17 desarrollado por el grupo de mejoramiento genético del Programa de Hortalizas de la Estación Experimental Agrícola Fabio Baudrit Moreno (EEAFBM) de la Universidad de Costa Rica. Este híbrido es de hábito de crecimiento semi-indeterminado, porte vigoroso y elevado potencial de rendimiento.

Dentro de la plantación se seleccionó una sección del lote con buenas condiciones físicas (textura franco arcillosa) y químicas del suelo (Cuadro 1), en donde se establecieron 400 plantas de tomate. La distancia entre plantas fue de 0.45 m y entre hileras 1.15 m. Se utilizó plástico gris-plata como cobertura en el suelo y plástico tomatero para protección contra la lluvia. Este plástico fue sostenido con el empleo de una "T" curva metálica sujeta a los postes de tutorado del tomate. El manejo técnico de la plantación lo aportó el propio productor. Se realizaron aplicaciones quincenales de fertilizantes al suelo que proporcionaron N, P, K, Mg y Ca, además de aplicaciones foliares mensuales con B, Zn, Fe, Mo, S, Mg y Ca para garantizar una condición nutricional que no impusiera límites a la absorción.

Se muestreó cada 15 días, siendo un total de 13 muestreos, a partir del momento del trasplante y hasta finalizar el ciclo del cultivo; en cada muestreo se tomaron tres plantas representativas, las cuales se llevaron al laboratorio de la EEAFBM y se seccionaron en raíz, parte aérea (tallos, hojas y flores) y fruto. Posteriormente se secaron en una estufa a 70 °C por 72 h para la determinación del peso seco. Una vez secas las muestras se enviaron al Laboratorio de Suelos

Cuadro 1. Características químicas del suelo en la plantación de tomate. San Isidro de Heredia, 2007.

	H ₂ O	Acidez	Ca	Mg	K	CICE ¹	SA ²	P	Zn	Cu	Fe	Mn
	pH	----- cmol(+) L ⁻¹ -----					%	----- mg L ⁻¹ -----				
NC ³	< 5.5	> 0.5	< 4	< 1	< 0.2	< 5	> 10	< 10	< 3	< 1	< 10	< 5
Valor	5	0.39	8.67	1.57	0.81	11.44	3	28	3.6	23	237	18

¹CICE = capacidad de intercambio catiónico efectiva; ²SA = saturación de acidez; ³NC = nivel crítico (acidez, Ca y Mg en KCl, resto en solución extractora Olsen Modificada).

y Foliar (LSF) del Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA) de la Universidad de Costa Rica en donde se realizó la determinación de la concentración y extracción de nutrientes. En el LSF se siguieron los procedimientos de rutina que consisten en la digestión con ácido nítrico y determinación con el Espectrómetro de Emisión Atómica con Plasma y análisis de N por combustión total en un autoanalizador.

Posteriormente se calculó el peso seco (PS) acumulado (kg ha⁻¹) por tejido (raíz, fruto, parte aérea y total) para cada etapa fenológica, considerando el área útil real ocupada por el cultivo. Con los datos brindados de concentración porcentual de nutrientes [NUT %] reportado por el laboratorio, se procedió al cálculo de la cantidad de nutrientes extraídos según la fórmula:

$$\text{kg NUT por tejido ha}^{-1} = \text{PS (kg ha}^{-1}\text{) del tejido} \times [\text{NUT \%}]/100 \quad (1)$$

Con esta información se estimó el consumo por la planta de los elementos N, P, K, Ca, Mg y S; además se calculó la extracción de los nutrientes considerando una densidad de siembra de 19 230 plantas ha⁻¹ y un rendimiento estimado del fruto de 162 Mg ha⁻¹.

Se graficó para cada nutriente colocando los kg NUT por tejido ha⁻¹ contra el tiempo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El orden de extracción de los nutrientes para el híbrido de tomate FB-17 fue K > N > Ca > Mg > S > P (Figura 1 y 2). Esto es similar a lo reportado por Bertsch (2003) con el cultivar de tomate Catalina, con la diferencia de que en aquella ocasión el S ocupó el cuarto lugar de extracción reemplazando al Mg que ocupó la quinta posición.

El K fue el elemento de mayor demanda para el híbrido de tomate FB-17, al igual que sucede en muchos otros cultivos en donde el órgano aprovechable son frutos, flores o estructuras de acumulación (Bertsch, 1998). Este

elemento cumple funciones prioritarias en el metabolismo de las plantas; participa en la activación enzimática, el transporte a través de membranas celulares, la regulación osmótica, la precocidad de la cosecha y la calidad interna y externa del fruto (Villalobos, 2001; Casanova *et al.*, 2003). El momento de mayor demanda de este elemento es próximo a los 130 días después de la siembra (dds) (Figura 1 y 2), lo que se repitió para los restantes cinco elementos. Este es un período significativo de alta producción para la planta de tomate, puesto que según lo señalan Casanova *et al.* (2003), hay floración y fructificación en diferentes estados de desarrollo; además el crecimiento vegetativo, al ser una variedad de crecimiento semi-indeterminado, no ha cesado, lo que también implica un consumo de K.

Se encontró para todos los elementos una elevada demanda nutricional entre los 72 y 130 dds; aproximadamente el 65% del total de los requerimientos de N y P y más de un 70% en el caso del K, Ca, Mg y S deben suministrarse en este período. En esta fase sucede la mayor diferenciación floral, fructificación y llenado de la fruta, además del mantenimiento del crecimiento vegetativo. Por tanto es clave el aporte de los nutrientes y la definición del programa de fertilización del cultivo en todo este período.

A los 130 dds para todos los elementos se reportó el mayor consumo con más de un 40% del total requerido, con la excepción del P que aunque igualmente tuvo la mayor demanda en este momento del ciclo, el consumo fue de sólo el 27% del total. Por otra parte, debe resaltarse que después de este pico de consumo a los 130 dds, se desaceleró el consumo de los nutrientes por la planta de tomate. Para este momento se empezó a presentar la senescencia de aquellas hojas más viejas y se dio la translocación, identificada al decrecer la curva de consumo de la parte aérea, al tiempo que la del fruto continuó ascendiendo (Bertsch, 2003). Esto implicó el movimiento de los nutrientes, principalmente de las hojas hacia el fruto, al aproximarse el final del ciclo del cultivo (últimos 50 días). La identificación de estos

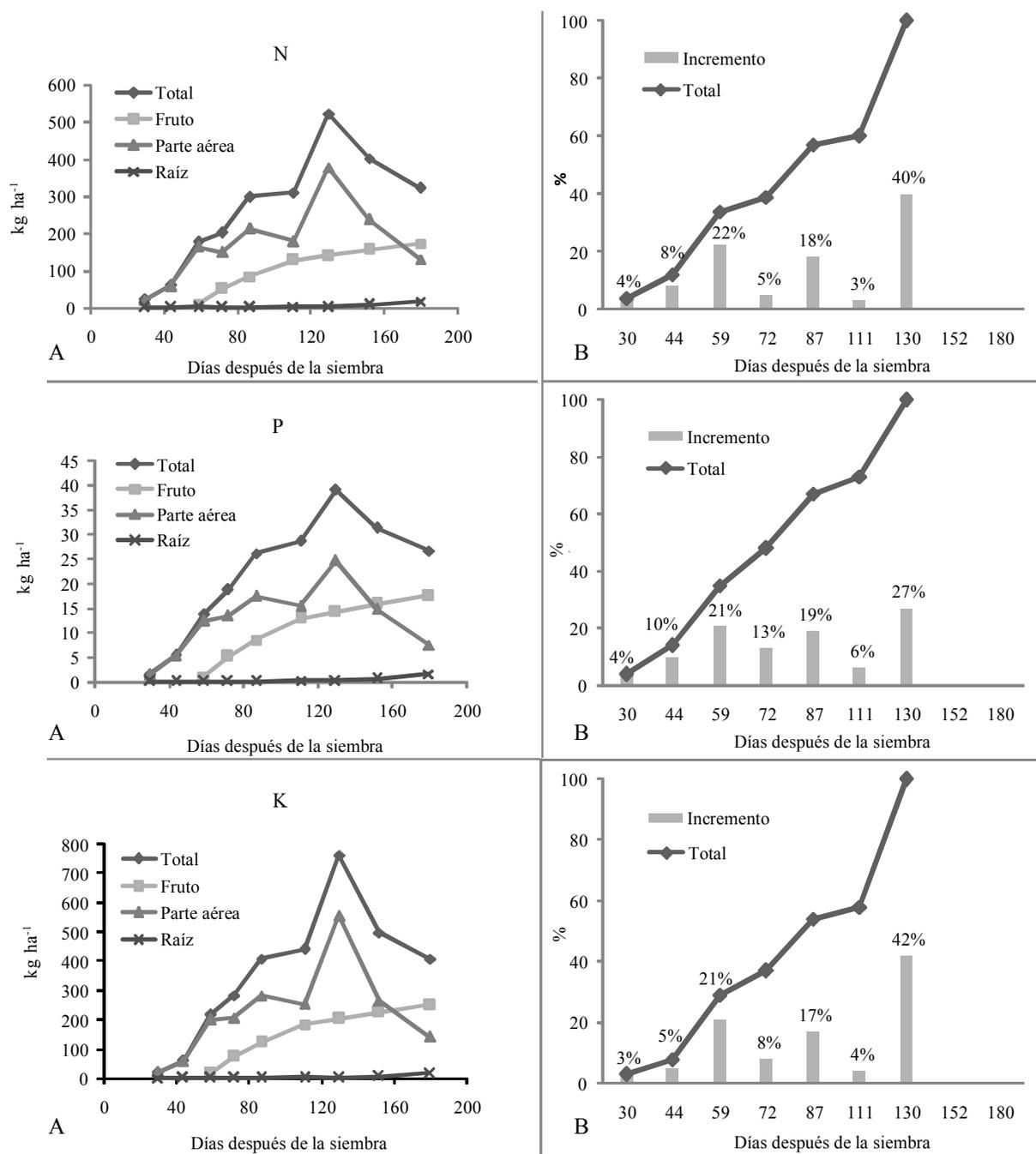


Figura 1. Curva de extracción nutricional (A) y momentos de extracción (B) de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en plantas de tomate (FB-17) durante un ciclo de cultivo en una plantación comercial. San Isidro, Heredia, 2007.

acontecimientos es clave en el diseño e implementación exitosa de planes de fertilización en un cultivo, pues las dosis de fertilizantes deben ajustarse con base en el patrón de crecimiento y consumo de la planta.

Con el empleo de materiales híbridos se alcanzan rendimientos superiores, maduración más uniforme, frutos de mejor calidad y mayor resistencia a

enfermedades (Opeña *et al.*, 2001), sin embargo, para sacar provecho de esas ventajas, las demandas nutricionales de las plantas que a su vez aumentan, deben ser satisfechas. Los totales de extracción que se obtuvieron con el híbrido de tomate FB-17 (asociados a un rendimiento de 162 Mg ha⁻¹) fueron: 758 kg ha⁻¹ de K, 522 kg ha⁻¹ de N, 361 kg ha⁻¹ de Ca, 93 kg ha⁻¹ de

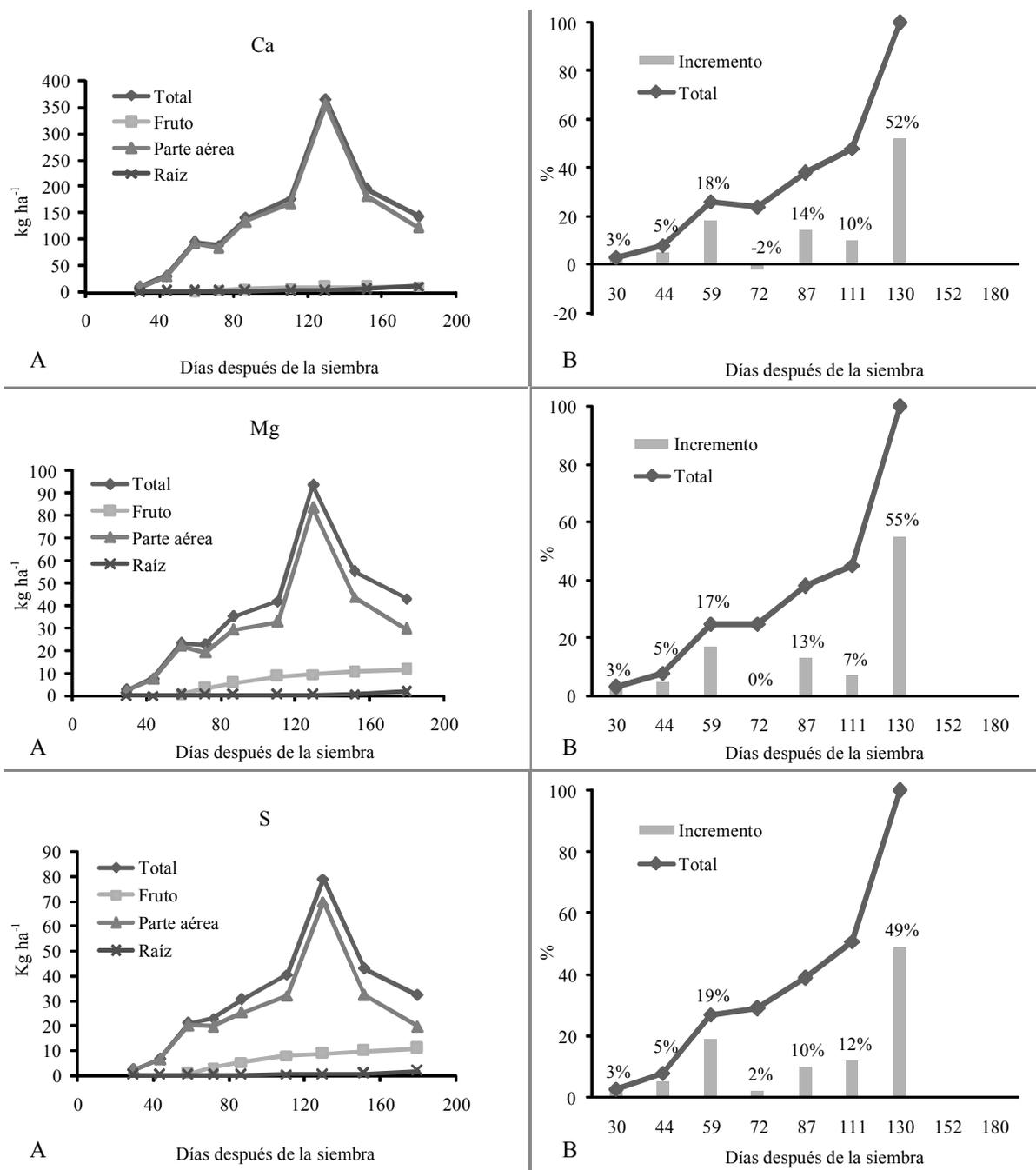


Figura 2. Curva de extracción nutricional (A) y momentos de extracción (B) de calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S) en plantas de tomate (FB-17) durante un ciclo de cultivo en una plantación comercial. San Isidro, Heredia, 2007.

Mg, 79 kg ha⁻¹ de S y 39 kg ha⁻¹ de P. Estos requerimientos son elevados, pero se consideran normales dadas las características de este híbrido y el rendimiento que normalmente se espera (supera comúnmente las 100 Mg ha⁻¹).

La distribución porcentual de los nutrientes en las diferentes secciones de la planta varió en el tiempo,

especialmente a partir de la fase de fructificación (Figura 3). Se observó para el N, P y K que después de los 70 dds se dio una acumulación creciente de estos elementos en el fruto, al tiempo que disminuyó la acumulación en la parte aérea vegetativa (tallos y hojas). Al cabo de 180 dds más del 60% de estos elementos se translocaron hacia la fruta. Esto es

importante considerando un nuevo ciclo de siembra, pues se debe reponer la salida de nutrientes del sistema producto de la cosecha de los frutos.

En el caso del Ca, Mg y S, la translocación hacia el fruto es relativamente baja, menos del 40%; incluso el Ca no supera el 20% debido a la poca movilidad de este elemento (White y Broadley, 2003). Esto sugiere que dada la permanencia de estos elementos en los tallos y hojas de las plantas de tomate, podría darse una

restitución parcial de estos tres nutrientes al sistema si se hace una reincorporación de la parte aérea vegetativa al momento de preparar el suelo para futuros ciclos de siembra.

En el Cuadro 2 se resumen los requerimientos totales para la producción de una tonelada de fruta de tomate con el híbrido FB-17. Con esta información, para un rendimiento dado, se puede implementar un plan de fertilización razonable para el híbrido de tomate FB-17,

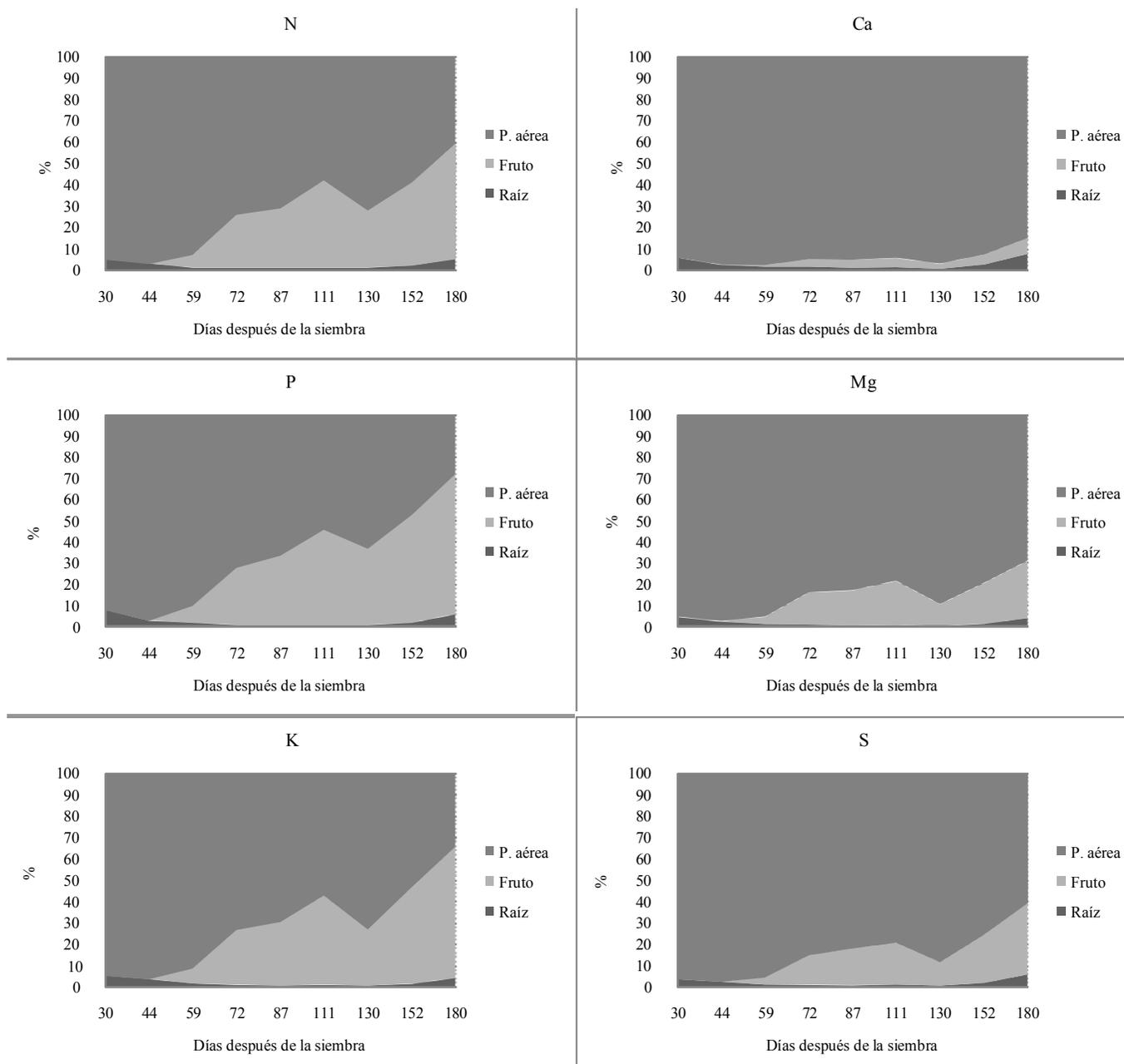


Figura 3. Distribución porcentual de N, P, K, Ca, Mg y S en plantas de tomate (FB-17) durante un ciclo de cultivo en una plantación comercial. San Isidro, Heredia, 2007.

Cuadro 2. Requerimientos totales (kg ha⁻¹) de los principales nutrientes para producir una tonelada de tomate (híbrido FB 17).

N	P	K	Ca	Mg	S
3.22	0.24	4.7	2.25	0.58	0.49

siempre que se valore la distribución porcentual que sugiere el seguimiento estricto de la curva de extracción nutrimental de cada elemento y se consideren las etapas fenológicas de máximas demandas. Esto implicaría la aplicación del porcentaje correspondiente a los 30, 44, 59, 72, 87, 111 y 130 dds. Para facilitar labores, a manera de alternativa de manejo, se propone un mínimo de cuatro aplicaciones en momentos de importante consumo, que serían a los 30, 59, 87 y 130 dds, considerando el suministro porcentual de los días faltantes.

CONCLUSIONES

- Según la curva de extracción nutrimental, el híbrido de tomate FB-17 es altamente demandante de nutrientes, en especial entre los 111 y 130 días después de la siembra (dds), en donde debe suministrarse en la mayoría de los casos más de un 45% del total del requerimiento.
- El elemento extraído en mayor cantidad es el potasio, seguido en su orden por nitrógeno, calcio, magnesio, azufre y fósforo. Para todos estos elementos, a los 130 dds es cuando se presenta la mayor demanda.
- Los elementos N, P y K se traslocaron mayormente hacia el fruto al final del ciclo del cultivo, mientras que el Ca, el Mg y el S permanecieron en tallos y hojas (parte área). En cualquiera de los casos, la principal translocación se da después de los 130 días después de la siembra.

LITERATURA CITADA

Azofeifa, A. y M. A. Moreira. 2005. Absorción y distribución de nutrientes en plantas de chile dulce (*Capsicum annuum* CV. UCR 589) en Alajuela, Costa Rica. Agron. Costarricense 29: 77-84.

Bautista, N. y J. Alvarado. 2005. Producción de jitomate en invernadero. Mundi Prensa. Colegio de Postgraduados. México, D. F.

Bertsch, F. 1998. La fertilidad de los suelos y su manejo. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica.

Bertsch, F. 2003. Absorción de nutrientes por los cultivos. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica.

Casanova, A., O. Gómez, M. Hernández, M. Chailloux, T. Depestre, F. Pupo, J. C. Hernández, V. Moreno, M. León, A. Igarza, C. Duarte, I. Jiménez, R. Santos, A. Navarro, A. Marrero, H. Cardoza, F. Piñeiro, N. Arozarena y L. Vilarino. 2003. Manual para la producción protegida de hortalizas. IIHLD. La Habana, Cuba.

Domínguez, A. 1993. Fertirrigación. Mundi Prensa. Madrid, España.

Fayad, J. A., P. C. R. Fontes, A. A. Cardoso, F. L. Finger, e F. A. Ferreira. 2002. Absorção de nutrientes pelo tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. Hortic. Bras. 20: 90-94.

Gómez, O., A. Casanova, H. Laterrot y G. Anais. 2000. Mejora genética y manejo del cultivo del tomate para la producción en el Caribe. IIHLD. La Habana, Cuba.

Opeña, R. T., J. T. Chen, T. Kalb, and P. Hanson. 2001. Hybrid seed production in tomato. AVRDC. <http://www.avrdc.org/LC/tomato/hybrid/03intro.html> (Consulta: febrero 9, 2007).

Papadopoulos, A. P. 1991. Growing greenhouse tomatoes in soil and in soilless media. Agriculture Canada Publication 1865/E. Ontario, Canada.

Sandoval, M., P. Sánchez y G. Alcántar. 2007. Principios de la hidroponía y del fertirriego. pp. 373-438. In: G. Alcántar y L. Trejo (eds.). Nutrición de cultivos. Mundi Prensa y Colegio de Postgraduados. México, D. F.

Sonneveld, C. and W. Voogt. 2009. Plant nutrition of greenhouse crops. Springer. Nueva York, NY, USA.

Villalobos, E. 2001. Fisiología de la producción de los cultivos tropicales. Ed. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

White, P. and M. Broadley. 2003. Calcium in plants. Ann. Bot. 92: 487-511.