

EXTRACCIÓN DE MACRONUTRIMENTOS EN FRAMBUESO ROJO

Macronutritional Extraction in Red Raspberry

Joel Pineda-Pineda^{1‡}, Edilberto Avitia-García², Ana Ma. Castillo-González², Tarsicio Corona-Torres³, Luis Alonso Valdez-Aguilar² y Jacinto Gómez-Hernández²

RESUMEN

Uno de los factores fundamentales que permite obtener altos rendimientos y, por consiguiente, rentabilidad de los productos agrícolas es la fertilización, la cual debe ser ajustada y recomendada a cada especie con base en sus respectivas curvas de extracción de nutrientes. En el presente trabajo se determinó, a través de muestreos en cada etapa fenológica, la curva de extracción de macronutrientes [nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg)] en frambueso rojo (*Rubus idaeus* L.) cv. Malling Autumn Bliss. Se encontró que la extracción de macronutrientes fue paralela a la curva de acumulación de materia seca vegetal. El K y el Ca fueron los elementos más extraídos, seguidos por el P, N y Mg. La mayor demanda de nutrientes ocurrió en la etapa de brotación vegetativa, seguida de floración, desarrollo de frutos y cosecha. La planta extrajo durante la primera etapa 44% de N; 31 de P; 28 de K; 29 de Ca y 29 de Mg, y en la segunda 25% de N, 58 de P, 25 de K, 29 de Ca y 27 de Mg. Este cultivo se puede considerar de baja demanda nutricional, ya que con una densidad de población de 55 000 cañas ha⁻¹, las extracciones nutricionales se estimaron en: 6.07 kg de N; 12.28 de P₂O₅; 33.42 de K₂O; 19.98 de CaO, y 9.1 de MgO, en un ciclo de cuatro meses. La hoja fue el órgano que extrajo mayor cantidad de macronutrientes, seguido por la raíz, el tallo, el fruto y la flor.

Palabras clave: *Rubus idaeus* L., etapa fenológica, cv. Malling Autumn Bliss, materia seca, extracción nutricional.

¹ Departamento de Suelos, ² Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. 56230 Chapingo, Estado de México.

[‡] Autor responsable (pinedapjoel@yahoo.com.mx).

³ Instituto de Recursos Genéticos y Productividad, Colegio de Postgraduados. 56230 Montecillo, Estado de México.

Recibido: enero de 2006. Aceptado: julio de 2008.
Publicado en Terra Latinoamericana 26: 333-340.

SUMMARY

One of the fundamental factors that favors high yields and, consequently, profitability of agricultural products is fertilization, which should be adjusted to each species based on nutrient extraction curves. This study determined the macronutrient extraction (N, P, K, Ca, Mg) curves in red raspberry (*Rubus idaeus* L.) cv. Malling Autumn Bliss through samplings in each growth stage. It was found that macronutrient extraction was parallel to the curve of dry matter accumulation. K and Ca were the most extracted nutrients, followed by P, N, and Mg. In general, the highest demand of nutrients occurred during the vegetative stage, decreasing at flowering, fruit development, and harvest. During the vegetative stage, the plant extracted 44% N; 31% P; 28% K; 29% Ca, and 29% Mg, and in the second growth stage 25% N; 58% P; 25% K; 29% Ca and 27% Mg. Raspberry could be considered a low demander of nutrients since, with a population of 55 000 canes ha⁻¹, macronutrient extractions were: 6.07 kg N; 12.28 P₂O₅; 33.42 K₂O; 19.98 CaO, and 9.1 MgO in a growth period of four months. The leaf was the organ that extracted the highest quantity of macronutrients, followed by the root, stem, fruit, and flower.

Index words: *Rubus idaeus* L., growth stage, cv. Malling Autumn Bliss, dry weight, nutritional extraction

INTRODUCCIÓN

En México, el cultivo del frambueso rojo es muy reciente debido a que por mucho tiempo se pensó que no se adaptaría a las condiciones climáticas. En 1974 se introdujeron algunos cultivares de Europa y Estados Unidos, y se observó que los cultivares productores de otoño podrían tener futuro, pues las condiciones climáticas del país permiten manejarla de tal manera que pueden obtenerse cosechas en temporadas en las que en otros países no se produce; además de su elevada rentabilidad, gran ocupación de mano de obra y rápido retorno de la inversión (Rodríguez y Avitia, 1984).

Con respecto a los principales productores de frambueso a nivel mundial, como Nueva Zelanda, Chile, Guatemala y Colombia, México tiene una producción marginal; sin embargo, es un competidor potencial por sus ventajas climáticas (Muñoz y Juárez, 1997).

Uno de los factores fundamentales que permite el control de la producción y calidad de un cultivo es la fertilización, la cual debe ser ajustada a cada especie y condición de crecimiento. Los programas actuales de fertilización deben basarse en la demanda nutricional de los cultivos durante sus etapas fenológicas. La demanda de un nutrimento por un cultivo está dada por su producción de biomasa y la concentración del nutrimento en la planta o requerimiento interno (Greenwood, 1983). La curva de extracción nutricional determina la cantidad de nutrimentos extraída por una planta, a través de su ciclo de vida. Con esta información es posible conocer las épocas de mayor absorción de cada nutrimento y definir un programa de fertilización adecuado para el cultivo, en el cual se considere tanto la cantidad de fertilizante como la época idónea para hacer las aplicaciones (Molina *et al.*, 1993; Sancho, 1999). En los frutales, las extracciones nutricionales están determinadas por los frutos, el crecimiento de las raíces, partes aéreas perennes y la leña de poda (en caso de que se retire del huerto). La extracción nutricional por los frutos es variable dentro de una misma especie, dependiendo del cultivar y el nutrimento (Trocmé y Gras, 1979). El potasio es el nutrimento más requerido por el fruto en la mayoría de los frutales. Una gran proporción del calcio absorbido por el árbol es usada para el crecimiento de brotes vegetativos y raíces (Salazar-García, 2002).

Con base en lo anterior, este trabajo tuvo como objetivos evaluar la distribución de biomasa a través del tiempo en los diferentes órganos, elaborar las curvas de extracción de macronutrientes (N, P, K, Ca y Mg) por el cultivo de frambueso rojo durante sus diferentes etapas fenológicas y conocer la dinámica de extracción nutricional.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en un lote de frambueso rojo cv. Malling Autumn Bliss. Se utilizó un suelo de textura franco-arcillo-arenosa, con pH 6.9, contenidos medios de N-P-K y moderadamente bajo en materia

orgánica (MO) (1.61%). Para aumentar la capacidad de suministro del suelo se aplicó una dosis media de fertilización, calculada con base en el análisis químico del suelo usando los criterios de interpretación reportados por Castellanos *et al.* (2000), la cual consistió en 100 kg de N, 86 de P_2O_5 , 180 de K_2O y 110 de Ca por hectárea, utilizando una mezcla de urea, superfosfato de calcio triple, sulfato de potasio y Healthy Start (1075 kg ha⁻¹, fertilizante orgánico con 3, 4 y 3% de N, P y K, respectivamente). Este último se incluyó en la mezcla para aportar el 50% del requerimiento de P, considerando el nivel deficiente de MO del suelo y la respuesta positiva observada en el frambueso en un ciclo previo a este experimento, al aplicar Healthy Start. La mitad del N y todos los demás nutrimentos (P, K, Ca) se aplicaron desde el inicio del cultivo, durante la brotación de cañas, utilizando la mezcla ya mencionada; el resto del N se aplicó con urea al inicio de la floración (un mes y medio después). Se usó un diseño completamente al azar, con tres repeticiones. La unidad experimental consistió en una sección de 0.25 m² del surco conteniendo de 10 a 15 cañas de frambueso. Los muestreos se hicieron a partir de los 19 días después de la brotación (DDB) de cañas, en tiempos diferentes de acuerdo con la etapa fenológica. En cada unidad experimental se extrajeron las plantas completas y se llevaron al laboratorio donde se fraccionaron en sus diferentes órganos (raíz, tallo, hojas, flores y frutos). En cada órgano se determinó la concentración nutricional y producción de materia seca. Para medir la concentración de macronutrientes (N, P, K, Ca y Mg) en el tejido vegetal, se realizó una digestión húmeda con una mezcla diácida ($H_2SO_4:HClO_4$, 4:1) y peróxido de hidrógeno. La determinación de N se hizo por el método microkjeldahl, el P por colorimetría molibdovanadato amarillo, K por flamometría con un fotómetro de flama Corning 400, Ca y Mg se midieron por espectrofotometría de absorción atómica con un espectrofotómetro Pye Unicam SP9 de Phillips (Chapman y Pratt, 1973). Con los valores de concentración nutricional y materia seca en cada órgano de la planta, se calculó la extracción total de N, P, K, Ca y Mg entre las fechas de muestreo. La extracción nutricional diaria se obtuvo dividiendo la extracción de nutrimentos entre el número de días transcurridos para cada fecha de muestreo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Acumulación Total de Materia Seca

En el Cuadro 1 se observa que, para un cultivo con una densidad de población de 55 000 cañas ha⁻¹ de frambueso rojo, se acumuló más de una tonelada de materia seca. Al comenzar la brotación vegetativa, el contenido de materia seca era bajo, pero conforme avanzó el desarrollo de la planta se fue incrementando hasta llegar a un máximo en la etapa de desarrollo de frutos y cosecha (1261.86 kg ha⁻¹).

En el intervalo 47-78 DDB, la raíz mostró una disminución drástica en el peso de materia seca, lo que se atribuye a la redistribución de fotosintatos de la raíz hacia las flores y frutos, ya que estos son órganos que ejercen una gran demanda (Patrick, 1990). Al respecto, Dickson (1991) indica que los tejidos de almacenamiento, como el tallo y la raíz, pueden actuar como fuente dependiendo de la estación del año y las necesidades del resto de la planta.

Las hojas presentaron los valores más altos de acumulación de materia seca (580.25 kg ha⁻¹), seguidas por los tallos (349.80 kg ha⁻¹) y las raíces (277.2 kg ha⁻¹). Los tallos y las raíces en esta especie son estructuras de almacenamiento de reservas, lo que genera acumulación de materia seca.

Cuadro 1. Acumulación total de materia seca en los diferentes órganos de frambueso rojo cv. Malling Autumn Bliss, en Chapingo, México.

Tiempo del muestreo	Raíz	Tallos	Hojas	Flor-fruto	Total	Porcentaje del total
DDB [†]	----- kg ha ⁻¹ -----					
19	171.05	38.50	108.35		317.90	25.19
32	180.95	44.00	182.05		407.00	32.25
47	240.35	90.20	197.45	11.88	539.88	42.78
78	214.15	230.45	392.70	15.50	832.80	66.00
128	277.20	349.80	580.25	54.61	1261.86	100.00

[†] DDB = días después de la brotación.

Extracción Nutricional

La extracción de N, P, K, Ca y Mg fue paralela a la acumulación de materia seca (Cuadro 1; Figura 1). Estos resultados son similares a los obtenidos por Molina *et al.* (1993) en fresa cv. Chandler, donde la absorción de nutrientes fue proporcional a los valores de materia seca ganada por la planta.

El K fue el nutriente más demandado por las plantas de frambueso con un valor máximo de 27.74 kg ha⁻¹, seguido por el Ca (14.28 kg ha⁻¹), N (6.07 kg ha⁻¹), Mg (5.46 kg ha⁻¹) y P (5.36 kg ha⁻¹); de tal manera que la extracción de nutrientes en orden

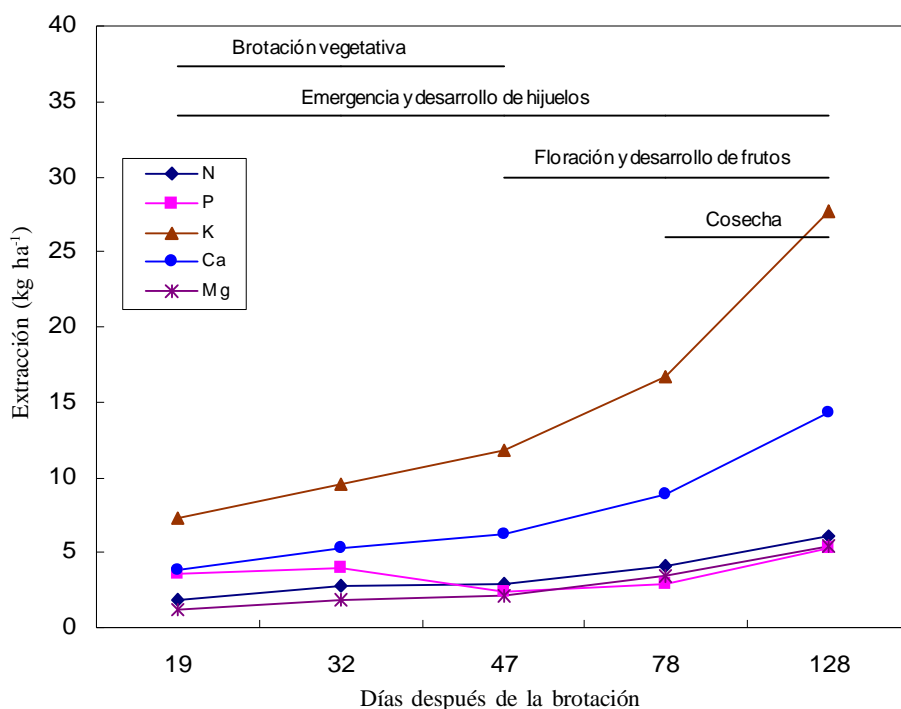


Figura 1. Extracción total de macronutrientes en frambueso rojo cv. Malling Autumn Bliss.

decreciente fue: $K > Ca > P > N > Mg$. El K es un nutrimento que se extrae en grandes cantidades por árboles frutales y hortalizas, saliendo del sistema con la fruta (Bertsch, 2003). Este elemento es frecuentemente el más abundante en los frutos frescos por el papel fisiológico que desempeña, actuando como osmolito y transportador de agua y azúcares hacia los frutos (Giaquinta, 1983). Conforme el desarrollo de los frutos avanza hacia la madurez, los requerimientos de K también se incrementan, mejorando el contenido de sólidos solubles y ácidos orgánicos (Tagliavini *et al.*, 2000).

El segundo elemento más extraído por la planta de frambueso fue el Ca (Figura 1). Este elemento es uno de los cationes absorbido en mayor cantidad en especies frutales (Van Petersen, 1980). Participa en el crecimiento de los brotes y en la acumulación de azúcares y firmeza del fruto (Marschner, 1995). Durante el almacenamiento, la calidad de los frutos es favorecida por bajas concentraciones de N y altas de Ca (Marcelle, 1995).

Paglietta (1986) señala que el frambueso rojo es una planta de baja demanda nutrimental. En una hectárea que produjo 10 Mg de fruta, se extrajeron anualmente 58, 7, 50, 30 y 8 kg de N, P, K, Ca y Mg, respectivamente. La máxima acumulación de macronutrientes se presentó en la etapa reproductiva, con tasas máximas de extracción durante la etapa de brotación vegetativa y reproductiva.

Dinámica de la Extracción Nutrimental

En el Cuadro 2 y la Figura 2 se observa la dinámica de extracción del N. La mayor extracción de este nutrimento se presentó durante la etapa de brotación vegetativa, específicamente entre los 19-32 DDB la extracción se incrementó de 29 a 43.6% del N total acumulado. En este mismo periodo se alcanzó el valor máximo de extracción diaria con $70 \text{ g ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ (Cuadro 2). Después disminuyó la absorción para luego incrementarse en la etapa de desarrollo de frutos y

Cuadro 2. Extracción diaria de N, P, K, Ca y Mg en frambueso rojo cv. Malling Autumn Bliss.

Periodo	N	P	K	Ca	Mg
DDB [†]	g ha ⁻¹ d ⁻¹				
19-32	70	40	180	110	40
32-47	20	0.8	140	70	20
47-78	30	56	160	80	40
78-128	40	54	160	110	40

[†] DDB: días después de la brotación.

cosecha extrayendo hasta cerca del 25% del N total. Lo anterior es debido a que el N es esencial en la división y expansión celular, y por lo tanto, en el crecimiento (Jones *et al.*, 1991). Thompson (1982) menciona que la cantidad de N absorbido por día por kg de material vegetal es máximo cuando las plantas son jóvenes y declina gradualmente con la edad.

En el Cuadro 2 y la Figura 3 se muestra la dinámica de absorción de P en frambueso rojo. Durante los primeros días de la brotación vegetativa se extrajo el 31% del P total, posteriormente (32-47 DDB) hubo una disminución en la absorción ($0.8 \text{ g ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$), pero en las etapas de floración (47-78 DDB), el desarrollo de frutos y la cosecha (78-128 DDB) aumentó la absorción extrayéndose el 10 y 58% del P total, situación que se observó también en las tasas máximas de acumulación diaria de P ($56 \text{ y } 54 \text{ g ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$) (Cuadro 2).

Mengel *et al.* (2001) mencionan que los valores más altos de extracción de P se observan en la etapa de brotación vegetativa y reproductiva, ya que las hojas jóvenes contienen relativamente altas cantidades de P orgánico en forma de ácidos nucleicos y fosfolípidos que son acumulados y translocados posteriormente a la parte reproductiva.

En la Figura 4 y Cuadro 2 se observa la dinámica de extracción de K en el frambueso rojo. La extracción de este nutrimento fue constante sin variaciones importantes a lo largo de las diferentes etapas fenológicas. En la etapa vegetativa se extrajeron cantidades ligeramente mayores (27.9%) con relación a las demás etapas y, en éste mismo periodo, se observaron las tasas máximas de extracción diaria con $180 \text{ g ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$.

Las máximas extracciones de Ca realizadas por las plantas de frambueso ocurrieron en las etapas de brotación vegetativa, desarrollo de frutos y cosecha (Figura 5). En estas etapas se alcanzaron también las tasas máximas de extracción diaria con $110 \text{ g ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ (Cuadro 2). Se observa que el frambueso rojo tiene dos periodos de demanda de Ca: el primero, al inicio de la brotación vegetativa y el segundo, en la etapa reproductiva. El Ca participa en el almacenamiento de azúcares en los frutos y mejora la firmeza de los mismos (Mengel *et al.*, 2001). Por su parte, Salazar-García (2002) señala que gran parte del Ca absorbido por un frutal es usado para el crecimiento de los brotes vegetativos y la raíz.

En la Figura 6 y el Cuadro 2 se presenta la dinámica de extracción de Mg. Se observa que los valores más altos de extracción se presentaron en la etapa de brotación vegetativa y en el desarrollo de frutos y la cosecha;

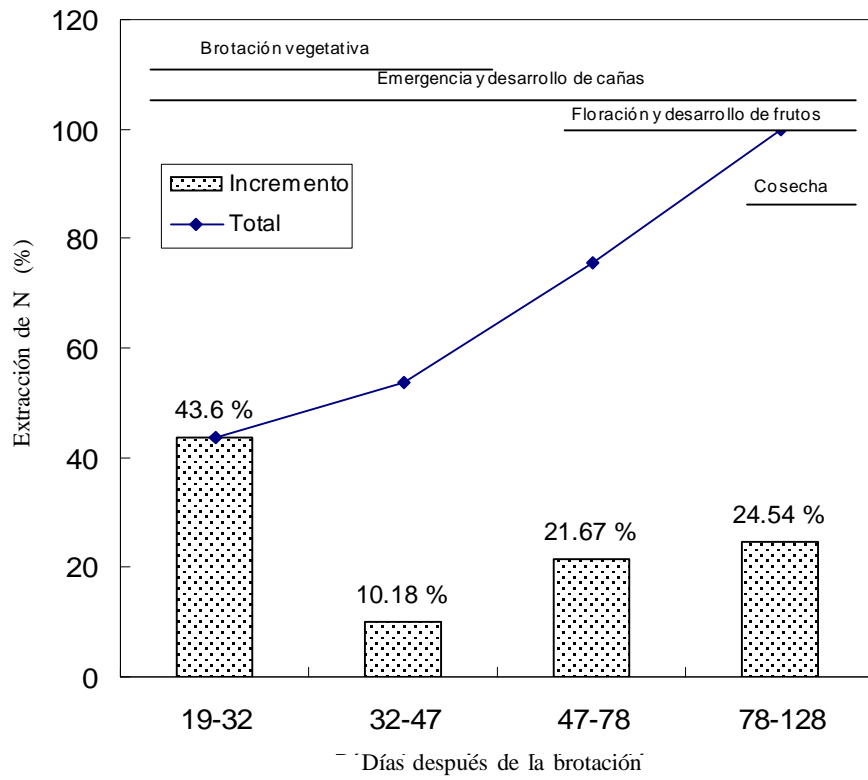


Figura 2. Extracción total y porcentajes de incremento de N en frambueso rojo cv. Mallig Autumn Bliss.

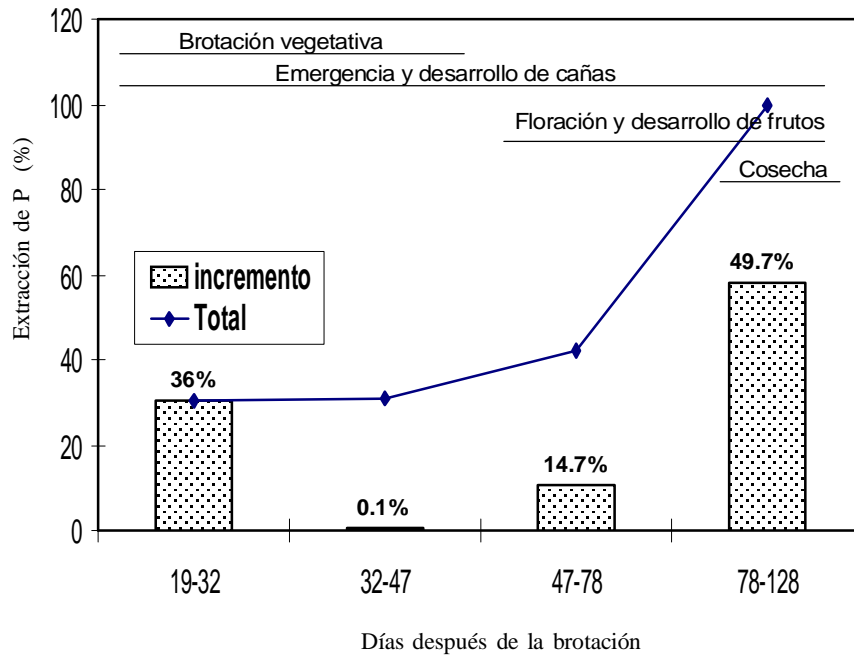


Figura 3. Extracción total de P y porcentajes de incremento en frambueso rojo cv. Mallig Autumn Bliss.

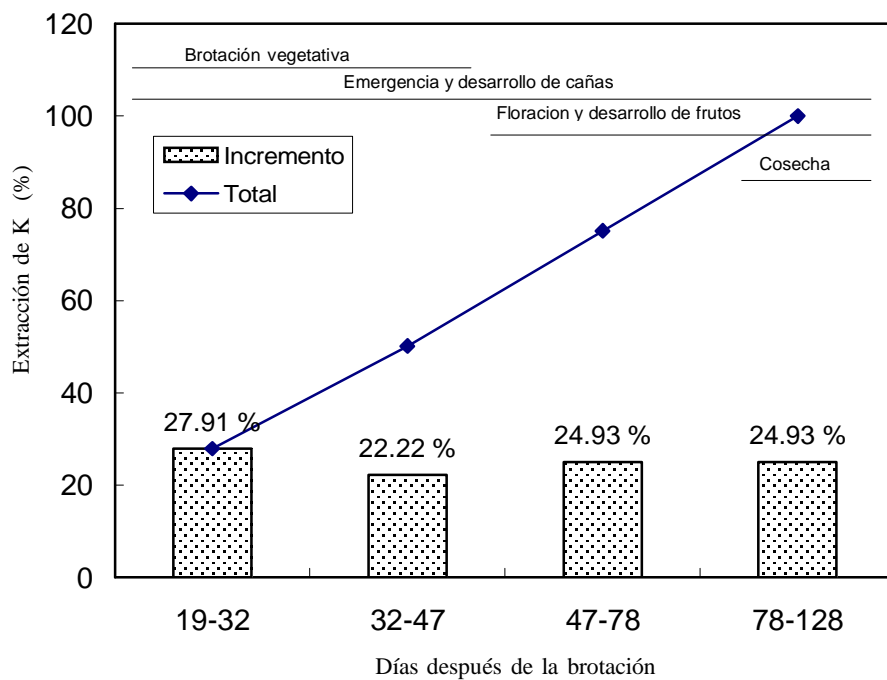


Figura 4. Extracción total de K y porcentajes de incremento en frambueso rojo cv. Malling Autumn Bliss.

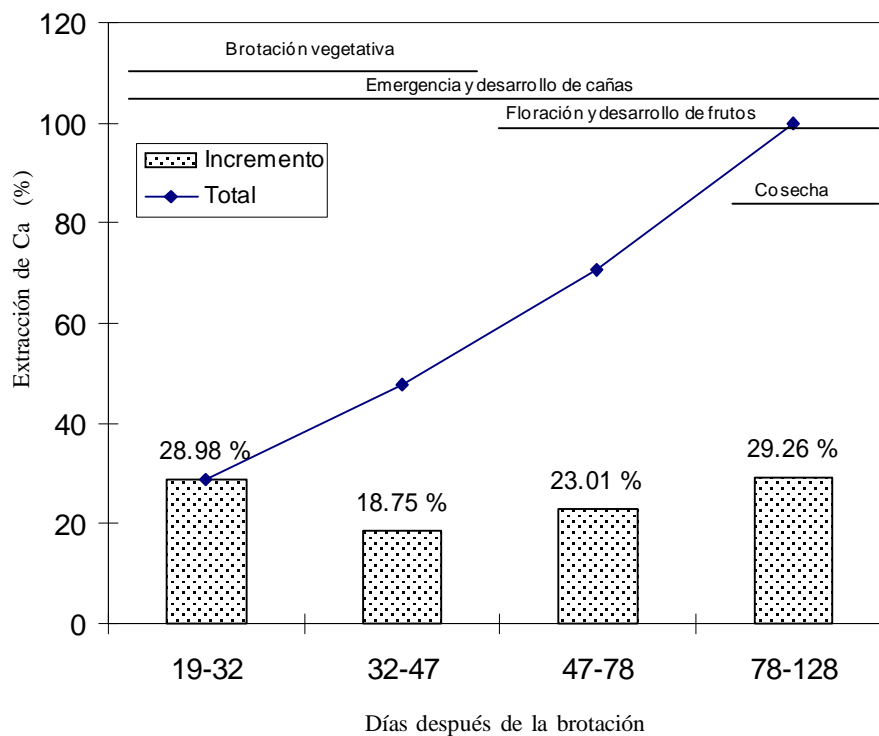


Figura 5. Extracción total y porcentajes de incremento de Ca en frambueso rojo cv. Malling Autumn Bliss.

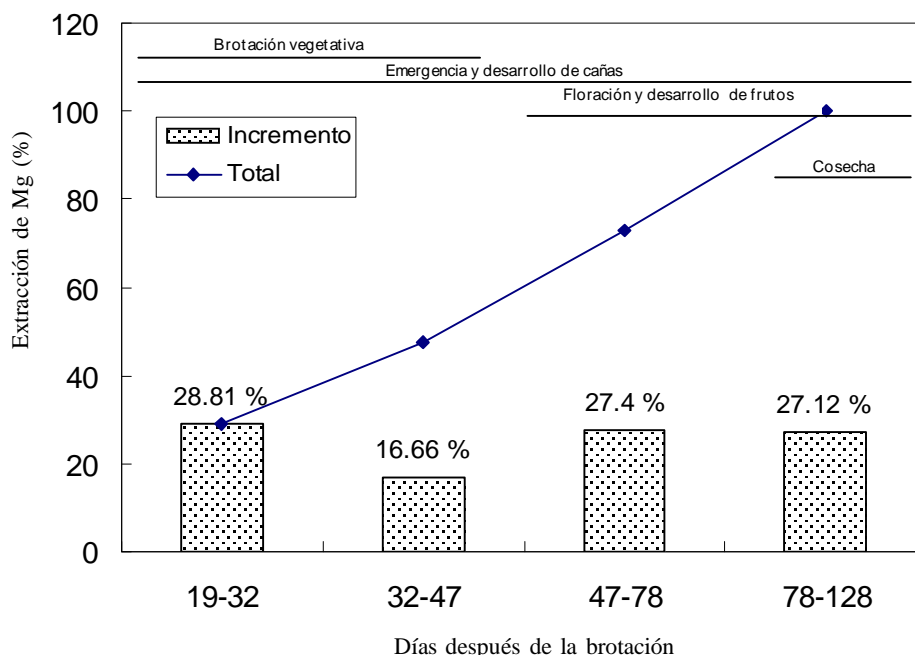


Figura 6. Extracción total de Mg y porcentajes de incremento en frambueso rojo cv. Mallig Autumn Bliss.

en este mismo periodo se observaron las tasas máximas de absorción diaria con $40 \text{ g ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$. La mayor absorción de Mg en la etapa de brotación vegetativa podría atribuirse a que en esta etapa de desarrollo de las hojas se sintetiza gran cantidad de clorofila, siendo el Mg el centro de esta molécula (Marschner, 1995). Asimismo, el Mg funciona como catalizador de muchas enzimas que se requieren para los procesos de crecimiento de las plantas (Mengel *et al.*, 2001).

CONCLUSIONES

- Los patrones de acumulación de materia seca y extracción de nutrientes en frambueso rojo cv. Mallig Autumn Bliss indican que la mayor demanda nutricional se presenta en las etapas de brotación inicial y durante la floración y fructificación.
- El K y Ca son los nutrientes más extraídos por el frambueso rojo y existen dos periodos de máxima absorción bien definidos que coinciden con la etapa de brotación vegetativa y la etapa de floración y desarrollo de frutos.
- La hoja es el órgano que acumuló mayor cantidad de materia seca y, por lo tanto, es el que extrajo la mayor parte de los nutrientes.
- El frambueso rojo cv. Mallig Autumn Bliss es una planta de baja demanda nutricional, por lo que,

maneja una densidad de población de 55 000 cañas ha^{-1} , las extracciones de N, P_2O_5 , K_2O , CaO y MgO fueron 6.07, 12.28, 33.42, 19.98 y 9.1 kg ha^{-1} , respectivamente, en un periodo de 128 días que comprendió desde la brotación hasta la cosecha.

LITERATURA CITADA

- Bertsch, F. 2003. Absorción de nutrientes por los cultivos. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica.
- Castellanos, J. Z., J. X. Uvalle-Bueno y A. Aguilar-Santelises. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y agua. INCAPA. Celaya, Guanajuato, México.
- Chapman, H. D. y P. E. Pratt. 1973. Métodos de análisis de suelos, plantas y agua. Trad. al español por A. Contin. Trillas. D. F., México.
- Dickson, R. E. 1991. Assimilate distribution and storage. pp. 51-85. In: A. S. Raghavendra (ed.). Physiology of trees. John Wiley. New York, NY, USA.
- Giaquinta, R. T. 1983. Phloem loading of sucrose. Annual Rev. Plant Physiol. 34: 347-387.
- Greenwood, D. J. 1983. Quantitative theory and the control of soil fertility. New Phytol. 94: 1-18.
- Jones, J. B., B. Wolf, and H. A. Mills 1991. Plant analysis handbook. Micro-Macro Publishing. Athens, GA, USA.
- Marcelle, R. D. 1995. Mineral nutrition and fruit quality. Acta Hort. 383: 219-226.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press. San Diego, CA, USA.

- Mengel, K., E. A. Kirkby, H. Kosegarten, and T. Appel. 2001. Principles of plant nutrition. 5th ed. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands.
- Molina, E., R. Salas y A. Castro. 1993. Curva de crecimiento y absorción de nutrimentos en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch. cv. Chandler) en Alajuela. Agron. Costarricense 17: 67-73.
- Muñoz R., M. y M. del R. Juárez D. 1997. El mercado de frutales menores. El caso de la frambuesa y zarzamora. Centro de Investigaciones Económicas Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México.
- Paglietta, R. 1986. El frambueso. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Patrick, J. W. 1990. Sieve element unloading: cellular pathway, mechanism and control. *Physiol. Plant* 78: 298-308.
- Rodríguez A., J. y E. Avitia G. 1984. El cultivo de la frambuesa roja. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Estado de México.
- Salazar-García, S. 2002. Nutrición del aguacate, principios y aplicaciones. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Instituto de la Potasa y el Fósforo. D. F., México.
- Sancho, V. H. 1999. Curvas de absorción de nutrientes: Importancia y usos en los programas de fertilización. Instituto de la Potasa y el Fósforo. *Informaciones Agronómicas* 36. Quito, Ecuador.
- Tagliavini, C., M. C. Zavalloni, A. D. Rombolà, M. Quartieri, D. Malaguti, F. Mazzanti, P. Millard, and B. Marangoni. 2000. Mineral nutrient partitioning to fruits of deciduous trees. *Acta Hort.* 512: 131-140.
- Thompson, L. M. 1982. Los suelos y su fertilidad. Reverte. Barcelona, España.
- Trocme, S. y R. Gras. 1979. Suelos y fertilización en fruticultura. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Van Petersen, O. 1980. Calcium nutrition of apple trees: a review. *Sci. Hort.* 12: 1-9.