

CONCENTRACIÓN Y ACUMULACIÓN DE N, P Y K EN FRAMBUESA ROJA (*Rubus idaeus* L.) MANEJADA A DOS COSECHAS ANUALES Concentration and Accumulation of N, P and K in Red Raspberry (*Rubus idaeus* L.) Cultivated for Two Harvests per Year

Manuel A. Galindo-Reyes¹, Víctor A. González-Hernández², Alfredo López-Jiménez^{2‡},
Prometeo Sánchez-García², R. Marcos Soto-Hernández² y Alfonso Muratalla-Lúa²

RESUMEN

La variación estacional de los nutrientes contenidos en la planta es un indicador del grado de absorción, utilización, redistribución interna y de extracción de nutrientes por la propia planta y sus órganos, además de servir como referencia para planificar la fertilización por restitución. En esta investigación se estudió la dinámica de concentración y acumulación de N, P y K en hoja, tallo, corona y raíz de frambuesa roja (*Rubus idaeus* L.) productora de otoño cv. Malling Autumn Bliss, en diferentes etapas fenológicas, a lo largo de un año completo, y se calculó la extracción final de estos nutrientes, sin incluir frutos, en plantas cultivadas bajo cubierta plástica sin calefacción, en clima templado, y manejadas para obtener dos cosechas al año. El sustrato consistió de una mezcla de suelo y arena de tezontle (3:1, v/v). La hoja fue el órgano que tuvo la más alta concentración de N, P y K. En cambio, la raíz tuvo las mayores acumulaciones de N, P y K, con 52, 53 y 37% del total absorbido por la planta, y además mostró la mayor fluctuación estacional de N que los demás órganos, por lo que se puede considerar a la raíz como el principal órgano de reserva de N en frambuesa. Los órganos vegetativos (hojas, tallo, corona y raíz) de la planta extrajeron, en total, 127, 30 y 50 kg ha⁻¹ año⁻¹ de N, P y K, respectivamente.

Palabras clave: *Rubus idaeus* L., producción forzada, producción bajo cubierta, distribución nutrimental.

SUMMARY

Seasonal changes of plant nutrients indicate the grade of absorption, utilization, and internal redistribution. The nutrient extraction permits to plan the fertilization of soil by restoration. In this research it was studied the organ concentration and accumulation dynamics of N, P and K in the primocane fruiting of raspberry cv. Malling Autumn Bliss grown under a polyethylene cover without calefaction, in a temperate climate, and managed to produce two harvests per year. The production system was established with one year-old plants transplanted to a substrate composed of soil and red sand (3:1, v/v), where the organ concentration and total accumulation of N, P and K were monitored through out the whole year. The leaf was the organ that showed the highest concentrations of N, P and K. However, the root showed the highest accumulation capacity of N, P and K, with 52, 53 and 37% of the total amounts extracted by the plant, and also showed the highest seasonal variation in N concentration across the year, thus pointing out the root as the main storage organ for N in raspberry. The vegetative organs of the plant (leaves, stem, crown and root) extracted 127, 30 and 50 kg ha⁻¹ of N, P and K, respectively.

Index words: *Rubus idaeus* L., off-season production, production under greenhouse, nutrimental distribution.

INTRODUCCIÓN

Para que la producción de frambuesa roja (*Rubus idaeus* L.) sea rentable se requiere producir más de una cosecha al año o lograr que la recolección ocurra de septiembre a mayo, cuando es más alto el precio en el mercado (Guzmán-Soria *et al.*, 2004). La obtención de dos o hasta tres cosechas al año es posible en clima templado bajo cubierta plástica, mediante aplicación

¹ INIFAP-Campo Experimental Pabellón. Carretera Aguascalientes-Zacatecas km 32.5. 20660 Pabellón de Arteaga, Ags., México.

² Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. 56230 Montecillo, estado de México.

[‡] Autor responsable (lopezja@colpos.mx)

de estimuladores de la brotación, de podas de despunte y de frío natural o artificial (Oliveira *et al.*, 2004 y Galindo-Reyes *et al.*, 2006).

La intensidad y época de absorción de nutrientes por los árboles son influenciadas por la fenología de la especie frutal, lo cual define una estacionalidad de necesidades porque cada evento tiene una exigencia específica que induce a la planta a tomar una mayor o menor cantidad de los nutrientes disponibles en el suelo, los cuales quedan en reserva en la madera o la raíz, o ambos, para luego ser traslocados al sitio requerido para tener un desarrollo normal (Díaz-Montenegro, 2002). Además, la intensidad de flujo y distribución entre los órganos de un frutal están estrechamente relacionados con factores ambientales y de manejo; entre los primeros destacan la temperatura y disponibilidad de agua que pueden afectar el metabolismo de las raíces y al crecimiento de la parte aérea; entre los segundos destacan las podas, anillados, carga de cosecha, dosis y época de fertilización, porque determinan el flujo y la distribución entre los componentes de la planta. Por consiguiente, estos factores pueden influenciar tanto el crecimiento como la producción del siguiente año, y también podrían afectar las formas de almacenamiento y movilización de nutrientes, como N, P y K (Silva y Rodríguez, 1995). En cultivares de frambuesa roja productoras de verano, los intervalos de concentración foliar óptimos de N, P y K son de 25 a 40, 3 a 5 y 15 a 30 g kg⁻¹ de materia seca, respectivamente (Mills y Jones, 1996). Sin embargo, tales concentraciones cambian con la edad de la planta; por ejemplo, en el cv. Glen Clova las concentraciones de N, P y K de tallo y hojas disminuyeron rápidamente con la edad de la planta (Wright y Waister, 1980), al igual que la concentración de N foliar en la var. Willamette (Kowalenko, 1981b); aunque en otros trabajos con la misma variedad las concentraciones foliares de N, P y K solamente disminuyeron al principio de la estación (Kowalenko, 1981a y 1994b). En cuanto a extracción nutrimental, la var. Glen Clova manejada a una cosecha anual y establecida a 1.8 m entre líneas y 0.75 m entre plantas, extrajo 164, 19 y 156 kg ha⁻¹ de N, P y K respectivamente (Wright y Waister, 1980). Con el cv. Willamette plantado a 3 m entre líneas y 0.9 m entre plantas y con un rendimiento de fruto de 11 Mg ha⁻¹, Kowalenko (1994a) estimó extracciones de 107, 11 y 102 kg ha⁻¹ de N, P y K; además, reportó que las plantas acumularon estos elementos más rápido de mayo a junio

que de septiembre a octubre, y que los tallos del año anterior absorbieron más nutrimentos en la primera mitad de la estación de crecimiento, mientras que los tallos del año actual lo hicieron en la segunda mitad del ciclo. Según Rempel *et al.* (2004), la var. Meeker, establecida a 3 m entre líneas y 0.75 m entre plantas y con rendimiento de fruto de 9.8 Mg ha⁻¹ en una cosecha, extrajo del suelo entre 88 y 96 kg ha⁻¹ de N. En la frambuesa productora de otoño cv. Heritage y con una cosecha, Reickenberg y Pritts (1996) estimaron una extracción de 114 kg ha⁻¹ de N. La capacidad de extracción de nutrimentos por la frambuesa depende de factores genéticos (cultivar), ambientales (temperatura, humedad y tipo de suelo), fisiológicos (tipo, posición y edad del órgano), prácticas de manejo (fertilización, poda, riego, control de malezas) y carga de cosecha, factores que deben considerarse al interpretar los resultados del análisis nutrimental (Chaplin y Martin, 1980).

El crecimiento de la frambuesa ha sido ampliamente descrito en la literatura, pero hay poca información disponible en relación con la nutrición de frambuesa roja en condiciones de manejo intensivo para obtener más de una cosecha anual, por lo que esta investigación tuvo como objetivo estudiar la dinámica de la concentración y acumulación de N, P y K en órganos vegetativos y toda la planta, excepto frutos, por la frambuesa roja cv. Malling Autumn Bliss manejada para obtener dos cosechas anuales bajo cubierta plástica sin calefacción. Al respecto se postula que la información serviría para estimar las necesidades nutrimentales de este cultivo manejado en forma intensiva, y proponer dosis de fertilización.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y Condiciones Climáticas

La investigación se llevó a cabo en un invernadero con cubierta de polietileno sin calefacción, en Montecillo, estado de México (19° 29' N, 98° 53' O y altitud de 2240 m), durante 2004. A través del ciclo se midió temperatura y humedad relativa con un sensor digitalizado Hobo modelo H8 (Bourne, MA, USA). La temperatura media diaria más alta fue de 27.6 °C en marzo y la más baja fue de 13 °C en febrero y diciembre, sin ocurrencia de heladas en diciembre; la humedad relativa media más alta ocurrió en julio (83.6%) y la media más baja (39%) en abril.

Manejo Agronómico del Cultivo

Las plantas de frambuesa roja cv. Malling Autumn Bliss de un año de edad, que en agosto de 2002 se podaron a nivel del suelo para promover nuevo crecimiento, se trasplantaron en 2003 a camas de $10 \times 0.8 \times 0.25$ m de largo, ancho y profundidad, respectivamente; las plantas se colocaron en hilera sencilla en el centro de la cama a una distancia de 0.40 m, la distancia entre camas fue de 1.6 m y el sustrato fue una mezcla de suelo agrícola y arena de tezontle en proporción 3:1 (v/v); la textura de la mezcla fue franco-arcillo-arenosa, con densidad aparente de 1.3 g cm^{-3} , pH de 6.5, y concentración nutrimental de 20.4, 9.7 y 366 mg kg^{-1} , de N, P y K, respectivamente.

El manejo para obtener dos cosechas al año en seto continuo inició con la poda, al nivel del suelo, de todos los tallos del año anterior. Esto se hizo al final del letargo invernal (31 de enero de 2004) para promover el crecimiento de nuevos tallos en los cuales se obtuvo la primera cosecha (de verano) en su parte superior. La densidad de tallos fue de 15 por metro lineal. La segunda floración y cosecha (de otoño) se obtuvieron en la parte media de estos mismos tallos, ya que fueron podados a una altura de 0.9 m, una semana después de la cosecha de verano (junio-julio); la densidad se ajustó a 12 tallos por metro lineal y se les asperjó una mezcla de Tidiazurón, TDZ (200 mg L^{-1}) + ácido giberélico (100 mg L^{-1}) + adherente Safe-T-Side® (10 mL L^{-1}) a punto de goteo, para forzar la brotación de yemas reproductivas laterales. Más detalles del manejo para obtener dos cosechas al año y sobre la dinámica de cosechas fueron reportados previamente (Galindo-Reyes *et al.*, 2006).

La fertilización total aplicada mediante fertirriego fue equivalente a $180\text{-}60\text{-}180\text{-}132\text{-}60 \text{ kg ha}^{-1}$ de N, P, K, Ca y Mg, respectivamente, y fue distribuida de acuerdo con la etapa fenológica y el número de cosechas (Cuadro 1). El programa de fertilización fue diseñado tomando cuenta la cantidad de N, P y K extraídos por la frambuesa (Cormack, 1988) y el rendimiento esperado. El Ca y Mg se incluyeron para mantener su suficiencia en el sustrato. Las fuentes de N, K y Ca fueron nitrato de potasio y nitrato de calcio; para P se usó ácido fosfórico, y para Mg sulfato de magnesio. Los fertilizantes y el agua se suministraron cada vez que el tensiómetro alcanzó 40 cbar, lo que dio un promedio de 16 mm de lámina de riego por semana.

Variables Respuesta

La concentración y acumulación de N, P y K se evaluaron en raíz, corona, tallos y hojas, en las etapas fenológicas siguientes: letargo (0 días después del establecimiento de manejo [dde]), crecimiento vegetativo (80 dde), fructificación y cosecha de verano (140 dde), y fructificación y cosecha de otoño (285 dde). Debe señalarse que en frambuesa roja hay flores al mismo tiempo que está creciendo el fruto.

De cada parcela o unidad experimental de $0.8 \times 0.8 \times 0.25$ m de largo, ancho y profundidad, respectivamente, se extrajeron plantas completas, las cuales se seccionaron en raíz, corona, tallo y hoja; posteriormente se lavaron con agua de la llave y el enjuague final se hizo con agua desionizada; el secado fue a $65 \text{ }^\circ\text{C}$ hasta alcanzar peso constante. Las muestras para el análisis químico se tomaron de 12 tallos, y con tres hojas de cada tallo se integró una muestra compuesta de 36 hojas; las muestras de tallo y de hoja se colectaron del tercio medio del tallo. De raíz se tomaron cinco muestras, una por cada punto cardinal más otra del centro de la unidad experimental; cada muestra se extrajo con un tubo de 5 cm de diámetro a una profundidad de 0 a 0.25 m; enseguida las raíces fueron separadas del sustrato. Una vez que se extrajeron las plantas, las muestras de la corona se tomaron de la parte ubicada entre el tallo y la raíz.

La determinación de N total fue por el método semimicro-Kjeldahl, modificado para incluir nitratos. Los extractos para determinar P y K se obtuvieron mediante

Cuadro 1. Nutrientes suministrados a la frambuesa roja cv. Malling Autumn Bliss por etapa fenológica para obtener dos cosechas al año. Montecillo, estado de México, 2004.

Etapa fenológica		N	P	K	Ca	Mg
	dde	- - - - -	- - - - -	kg ha ⁻¹	- - - - -	- - - - -
Emergencia de tallos	15	10	4	5	7	4
Crecimiento vegetativo	60	20	6	19	14	8
Floración de verano	120	30	10	33	21	12
Cosecha de verano	150	30	10	30	23	7
Defoliación	180	30	10	30	23	10
Floración de otoño	260	30	10	33	21	12
Cosecha de otoño	290	30	10	30	23	7
Total		180	60	180	132	60

dde = días después del establecimiento del sistema de manejo.

el procedimiento de digestión húmeda con una mezcla de ácido nítrico y perclórico. El P se cuantificó por colorimetría con Vanadato-Molibdato amarillo para desarrollar color, y el K mediante la lectura directa del digestado en un espectrómetro de absorción atómica (Alcántar y Sandoval, 1999).

La acumulación de cada nutrimento por órgano se calculó como lo reporta Kowalenko (1994 a,b), modificado como sigue: acumulación = biomasa total del órgano en la parcela \times concentración del nutrimento en ese órgano/área de la parcela, cuyas unidades son g m^{-2} . En estos cálculos se incluyó el área de pasillos, porque también ocupan superficie de invernadero.

Análisis Estadístico

Las variables se analizaron con un mínimo de tres repeticiones independientes. Las curvas de la dinámica de concentración y de acumulación de N, P y K a través del año, se elaboraron con los promedios y desviaciones estándar por muestreo. Las correlaciones simples de Pearson entre esas variables se calcularon con el programa estadístico SAS (SAS Institute, 1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Concentración de N, P y K en Órganos

Durante el ciclo anual de crecimiento la concentración de N y de P entre órganos fue en el orden siguiente: hoja > raíz > corona > tallo; en cambio, para K el orden resultó: hoja > tallo > raíz = corona (Figura 1). Esto sugiere que la raíz retiene poco del K que absorbe porque principalmente lo moviliza hacia órganos de mayor demanda, como hojas y frutos.

Desde letargo (0 dde) hasta fructificación de verano (140 dde) la concentración de N en raíz y corona se redujo en cerca de 30% ($P \leq 0.05$) a pesar de la fertilización aplicada, lo que evidencia una importante movilización de N desde la raíz y corona hacia los órganos aéreos como tallo y hoja; sin embargo, al final del año, cuando ocurrió la fructificación de otoño (285 dde), nuevamente se recuperó la concentración inicial. Esto indica que la fructificación correspondiente a la segunda cosecha del año no representó una competencia importante con la raíz y corona por la asignación de N. Esta respuesta se atribuye a que en esta etapa fenológica la raíz posee mayor fuerza de demanda por N que el fruto, porque tiene que almacenar

reservas en el periodo invernal; tales reservas serán utilizadas en el crecimiento inicial del siguiente ciclo, como reportan Zasada *et al.* (1994) y Bañados y Marchant (2001); también Oliveira *et al.* (2004) encontraron que los frutos de frambuesa roja tienen menor fuerza de demanda por carbohidratos y nutrimentos que la raíz.

En hojas y en tallo la concentración de N presentó un comportamiento similar al encontrado en la raíz, al disminuir considerablemente ($> 25\%$) desde la etapa de crecimiento vegetativo (80 dde) hasta las de fructificación y cosecha de verano (140 dde); no obstante, durante la fructificación de otoño la concentración en la hoja se recuperó hasta el nivel inicial (Figura 1). Esta disminución temporal en la concentración de N que ocurrió en la mayoría de los órganos durante el verano, se atribuye a que hubo una redistribución de este elemento hacia los frutos, ya que dicha fructificación originó un rendimiento total de 1405.1 g m^{-2} , es decir 36% más que el rendimiento obtenido en otoño (901.3 g m^{-2}) (Galindo *et al.*, 2006).

Para P la concentración en la raíz incrementó desde la etapa de letargo (0 dde) hasta la de fructificación de verano (140 dde), y de ahí en adelante disminuyó. En tallo la concentración de P decreció durante todo el periodo de crecimiento evaluado, mientras que en la hoja aumentó después de la primera cosecha (Figura 1). La reducción de P observada en el tallo es una indicación de que éste se concentró en las hojas y posiblemente en el fruto de las cosechas de verano y otoño.

La concentración de K en raíz y corona mostró pocos cambios durante el ciclo, mientras que en tallos y hojas decreció notablemente, sobre todo en estas últimas cuando se estaban formando los frutos en verano (Figura 1), ya que estos ejercen una fuerte demanda de K respecto a otros órganos de la planta (Faust, 1989).

En contraste con lo observado en el N, para P y K la raíz y la corona manifestaron pocos cambios en concentración durante el ciclo; en el caso de K estos órganos subterráneos siempre presentaron menor concentración que los órganos aéreos (Figura 1). Lo anterior significa que la raíz y la corona actúan principalmente para absorción y almacén de N, mientras que para P y K funcionan como órganos de absorción y transporte.

Las concentraciones foliares de N fueron de 27.5 g kg^{-1} de materia seca durante el crecimiento vegetativo (80 dde) y de 28 g kg^{-1} durante la fructificación de otoño (285 dde), valores que se consideran adecuados

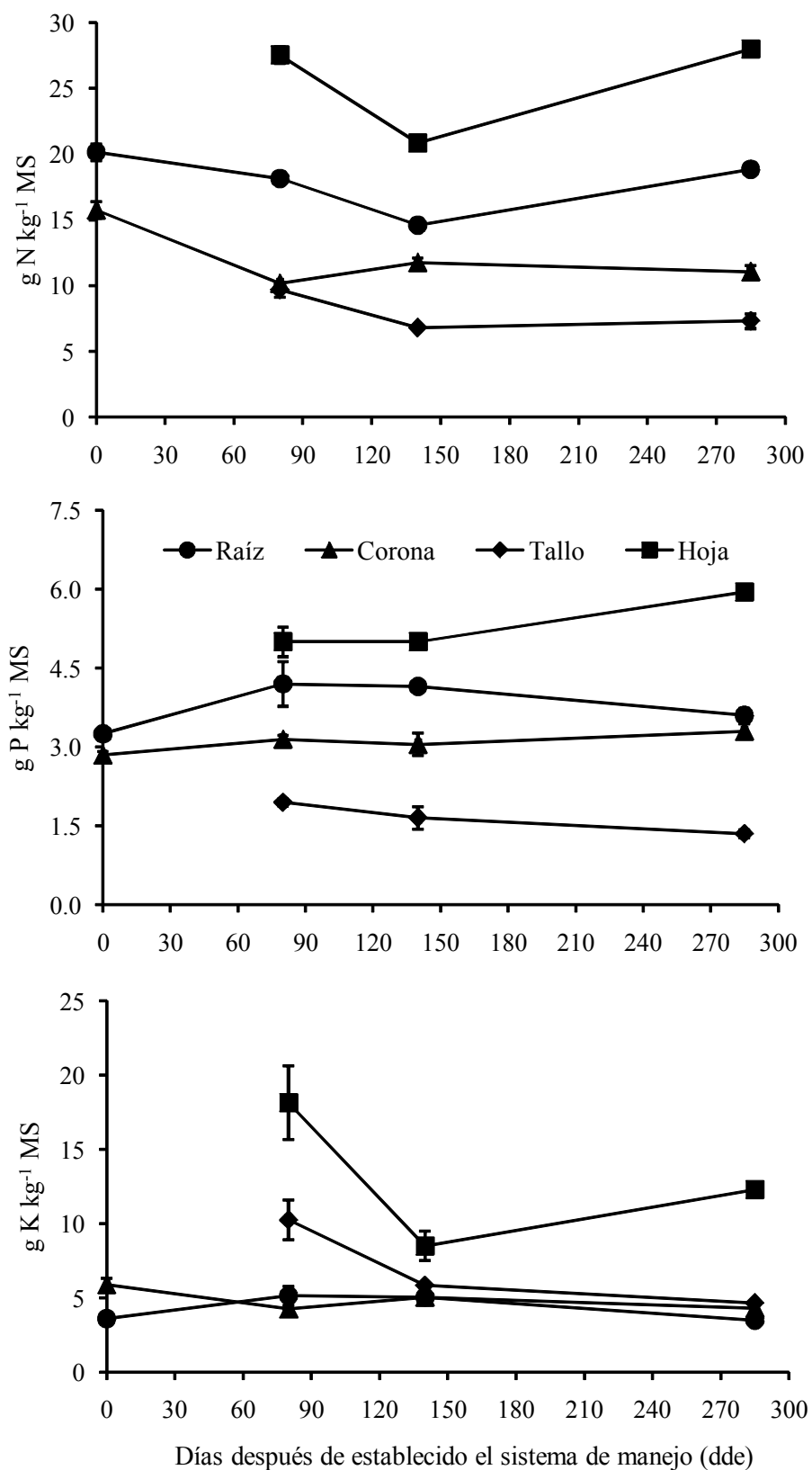


Figura 1. Variación en la concentración de N, P y K en tallos, hojas, corona y raíz de frambuesa roja cv. Mallin Autumn Bliss con dos cosechas al año. Cada punto representa el promedio de 3 muestras ± desviación estándar.

para frambuesa, de acuerdo con los estándares recomendados por Mills y Jones (1996) (25 a 40 g kg⁻¹ materia seca). Durante la fructificación de verano las hojas mostraron valores del orden de 21 g kg⁻¹, concentración que se ubica por debajo de tales estándares, tal vez porque ya eran hojas senescentes.

De acuerdo con los intervalos de suficiencia reportados por Mills y Jones (1996), las hojas también presentaron niveles adecuados de P (3 a 6 g kg⁻¹ materia seca), mientras que para K sólo en el periodo de crecimiento vegetativo (80 dde) las concentraciones foliares (30 g kg⁻¹ materia seca) se ubicaron dentro de los estándares normales (15 a 30 g kg⁻¹ de materia seca). Durante las fructificaciones de verano y otoño los valores fueron bajos (< 13 g kg⁻¹).

La baja concentración foliar encontrada tanto de N como de K, sobre todo en la fructificación de verano, coincidió con la menor concentración de N y K en raíz (Figura 1). Ello sugiere que ambos nutrientes son principalmente utilizados por el fruto en formación, y que el flujo desde la raíz y la hoja hacia el fruto es más intenso después de los 80 dde.

Acumulación de N, P y K en Órganos

La acumulación de N, P y K varió entre órganos en el siguiente orden: raíz > hojas > corona > tallos (Figura 2). En el año de estudio la raíz acumuló 52.5, 53.3 y 36.7% de N, P y K, respectivamente, del total de materia seca presente por m² de suelo; esto se atribuye a la alta acumulación de materia seca de este órgano (Galindo-Reyes *et al.*, 2006) y a su permanencia, mientras que los demás órganos, excepto la corona, son removidos de la planta por medio de la poda o porque las hojas caen al suelo, lo que implica pérdida de nutrientes año tras año.

Lo anterior confirma que en la frambuesa roja la raíz es el principal órgano de reserva de N, P y K, e indica que el crecimiento vegetativo de inicio de año utilizará las reservas almacenadas en la raíz, como reportaron Bañados y Marchant (2001) en frambuesa roja Heritage. Sin embargo, estos resultados difieren con lo reportado por Cormack (1988) quien indica que en frambuesas rojas productoras de verano el contenido de N, P y K en plena cosecha, es en el orden siguiente: hojas > tallos > raíces > frutos. Por otro lado, Rempel *et al.* (2004) encontraron que el N en frambuesa roja Meeker productora de verano se distribuye como sigue: 30% permanece en la parte aérea de la planta durante

el invierno, 28% se pierde o se moviliza hacia raíz, 17% es removido por poda, 13% es extraído por cosecha de frutos y 12% se pierde por hojas senescentes.

La cantidad total de N en la raíz permaneció constante durante el ciclo, mientras que en la corona y tallo hubo variación estacional que fue en continuo aumento; en la hoja el contenido fue mayor durante la fructificación de verano (140 dde) (Figura 2). Estas diferencias entre órganos en acumulación nutrimental se debieron tanto a diferencias en acumulación de materia seca como a diferencias en concentración nutrimental, pero más a la biomasa ya que ésta difirió más entre órganos (Galindo-Reyes *et al.*, 2006); además, la biomasa y la acumulación de N mostraron alta correlación en todos los órganos ($r = 0.80$, $P = 0.006$).

En el periodo de crecimiento vegetativo más activo (80 dde), el contenido total de P en raíz, tallo y hoja fue menor que en las fructificaciones de verano (140 dde) y de otoño (285 dde). En cambio, en la corona el contenido total se incrementó continuamente (Figura 2).

Con respecto al contenido de K acumulado en la raíz, éste fue en aumento desde la poda de invierno hasta alcanzar un valor máximo (2.3 g m⁻²) en la fructificación de verano; luego la tendencia fue a disminuir. La corona y el tallo en un principio aumentaron su contenido total de K, y al final del año se mantuvo estable; en cambio, en las hojas el contenido total se mantuvo estable durante el año (Figura 2).

Acumulación N, P y K en Planta Completa

El contenido de N y de P en planta completa incrementó en la primera mitad del año y después se mantuvo constante, de manera que la absorción de los dos elementos presentó un comportamiento sigmoide; así, desde letargo (0 dde) hasta fructificación de verano (140 dde) hubo incrementos, y posteriormente la acumulación permaneció sin cambios importantes (Figura 3). Esto se explica fundamentalmente por la acumulación de N y P que tuvo la raíz durante las fructificaciones de verano (140 dde) y de otoño (285 dde); además, el contenido total mostró correlación con el obtenido por la raíz, en ambos nutrientes (N: $r > 0.60$, $P = 0.006$; P: $r > 0.93$, $P = 0.001$). La acumulación de K también aumentó hasta llegar a un máximo (140 dde), para luego decrecer gradualmente (Figura 3). Esta variación se asocia con la dinámica de acumulación en raíz (Figura 2).

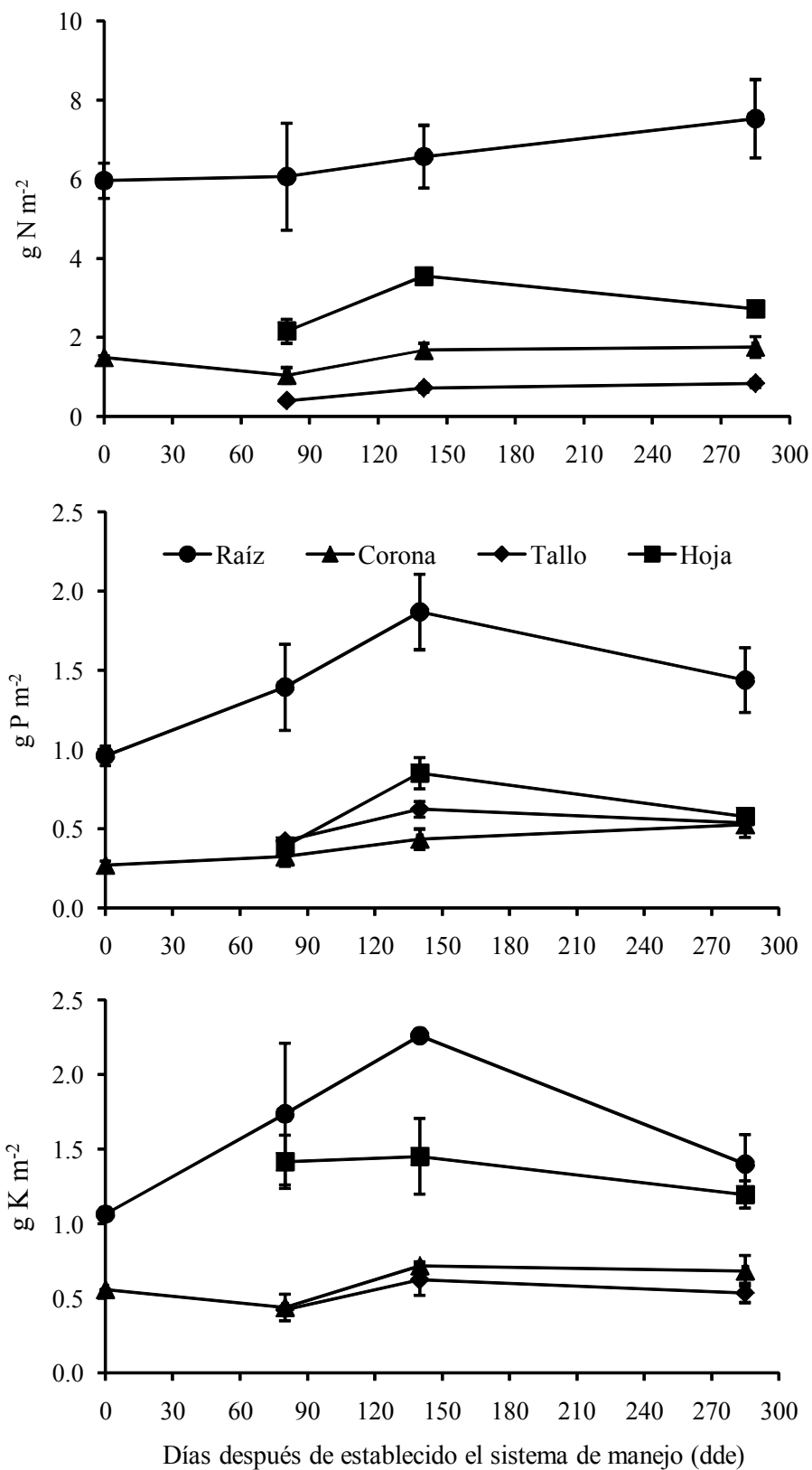


Figura 2. Acumulación N, P y K en tallos, hojas, corona y raíz en frambuesa roja cv. Malling Autumn Bliss manejada para producir dos cosechas anuales. Cada punto representa el promedio de 3 muestras ± desviación estándar.

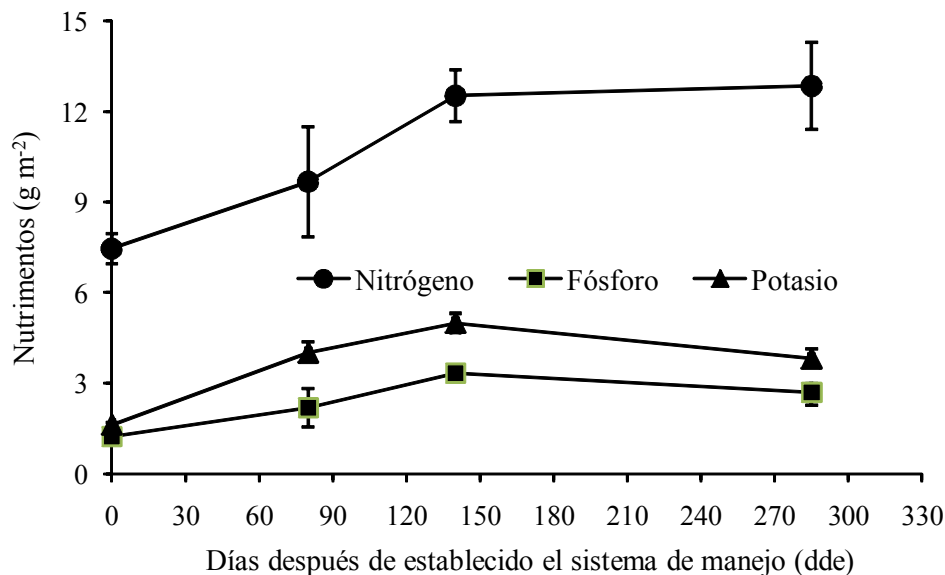


Figura 3. Acumulación de N, P y K en planta completa de frambuesa roja cv. Mallig Autumn Bliss manejada para producir dos cosechas anuales. Cada punto representa el promedio de 3 muestras \pm desviación estándar.

En condiciones de un suministro suficiente y continuo de N, P y K, la frambuesa roja productora de otoño mostró una extracción máxima promedio de 12.7, 3 y 5 g m⁻² para N, P y K (sin considerar frutos), que ocurrió durante la fructificación de verano (140 dde) (Figura 3). Tales valores equivalen a 127, 30 y 50 kg ha⁻¹ para N, P y K. En Inglaterra la frambuesa roja productora de verano Glen Clova establecida a una distancia de 1.8 m entre líneas y 0.75 m entre plantas y con sólo una cosecha, Wright y Waister (1980) registraron acumulaciones de 164, 19 y 156 kg ha⁻¹ para N, P y K. En Canadá, con la frambuesa roja cv. Willamette plantada a una distancia de 2.7 y 3.0 m entre líneas y 0.90 m entre plantas, las extracciones fueron de 107, 11 y 102 kg ha⁻¹ para N, P y K (Kowalenko, 1994a). En Estados Unidos la frambuesa roja cv. Meeker cultivada a una distancia de 3 m entre líneas y 0.75 m entre plantas, extrajo 88 a 96 kg de N ha⁻¹ (Rempel *et al.*, 2004). En frambuesa productora de otoño cv. Heritage, Reickenberg y Pritts (1996) estimaron que una plantación adulta establecida a 2 m entre líneas y 1 m entre plantas acumuló en la biomasa 114 kg ha⁻¹ de N al final de la estación de crecimiento.

En esta investigación el total del N extraído (130 kg ha⁻¹) supera en más de 15% a los valores reportados por Kowalenko (1994a) y Rempel *et al.* (2004) para frambuesa roja productora de verano, y al de Reickenberg y Pritts (1996) para frambuesa roja

productora de otoño, aún sin considerar la participación del fruto. Pero es inferior a la cantidad registrada (164 kg ha⁻¹ N) por Wright y Waister (1980), aunque si se agregara la extracción del fruto posiblemente se igualen. La cantidad de P extraída (30 kg ha⁻¹) es mayor en 58% a las señaladas por Wright y Waister (1980) y por Kowalenko (1994a) en frambuesas productoras de verano. Con relación al K sin fruto, se obtuvieron valores de acumulación por debajo a los reportados por Wright y Waister (1980) y por Kowalenko (1994a).

CONCLUSIONES

- Bajo la condición de dos cosechas por año las concentraciones de N y P más altas en frambuesa roja se observaron en hoja, seguida por raíz, después corona y por último el tallo, mientras que para K la mayor concentración correspondió a hoja, después tallo, en seguida corona y al final raíz. La raíz además mostró mayores cambios en concentración de N, P y K durante el año, sobre todo en N, lo cual evidencia que la raíz es el principal órgano de reserva de planta, ya que acumuló más de 52, 53 y 36% del N, P y K, respectivamente, del total de la planta.
- Durante la estación de crecimiento la planta extrajo más N, seguido de K y P. Las máximas extracciones nutrimentales fueron de 127, 30 y 50 kg ha⁻¹, para N, P y K, respectivamente.

LITERATURA CITADA

- Alcántar G, G. y M. Sandoval V. 1999. Manual para análisis químico de tejido vegetal. Publicación esp. 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C. Chapingo, México.
- Bañados, M. P. and C. Marchant. 2001. Overwinter nitrogen distribution in red raspberry cv. Heritage. *Acta Hortic.* 564: 355-357.
- Cormack, M. R. 1988. Nutrición de la frambuesa. pp: 61-69. *In*: Producción y perspectivas del cultivo de la frambuesa en Chile. Publicaciones Misceláneas Agrícolas No 22. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile.
- Chaplin, M. H. and L. W. Martin. 1980. The effect of nitrogen and boron fertilizer application on leaf levels, yield and fruit size of the raspberry. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 11: 547-556.
- Díaz-Montenegro, D. H. 2002. Fisiología de árboles frutales. AGT Editor. México, D. F.
- Faust, M. 1989. Physiology of temperate zone fruit trees. John Wiley and Sons. New York, NY, USA.
- Galindo-Reyes, M. A., V. A. González-Hernández, A. López-Jiménez, P. Sánchez-García, R. M. Soto-Hernández y A. Muratalla-Lúa. 2006. Sistemas de manejo para producir dos o tres cosechas por año en frambuesa roja en clima templado. *Rev. Fitotec. Mex.* 29: 69-77.
- Guzmán-Soria, E., R. García-Mata, A. Muratalla-Lúa, G. García-Delgado y J. S. Mora-Flores. 2004. Análisis de precios de la frambuesa roja (*Rubus idaeus* L.) producida en Valle de Bravo, México. *Agrociencia* 38: 565-571.
- Kowalenko, C. G. 1981a. Effects of magnesium and potassium soil applications on yields and leaf nutrient concentrations of red raspberries and on soil analyses. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 12: 795-809.
- Kowalenko, C. G. 1981b. The effect of nitrogen and boron soil applications on raspberry leaf N, B and Mn concentrations and on selected soil analyses. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 12: 1163-1179.
- Kowalenko, C. G. 1994a. Growing season dry matter and macroelement accumulations in Willamette red raspberry and related soil-extractable macroelement measurements. *Can. J. Plant Sci.* 74: 565-571.
- Kowalenko, C. G. 1994b. Growing season changes in the concentration and distribution of macroelements in Willamette red raspberry plant parts. *Can. J. Plant Sci.* 74: 833-839.
- Mills, H. A. and J. B. Jones Jr. 1996. Plant analysis handbook II. A practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide. Micro-Macro Publishing. Athens, GA, USA.
- Oliveira, P. B., C. M. Oliveira, and A. A. Monteiro. 2004. Pruning date and cane density affect primocane development and yield of 'Autumn Bliss' red raspberry. *HortScience* 39: 520-524.
- Reickenberg, R. L. and M. P. Pritts, 1996. Dynamics of nutrient uptake from foliar fertilizers in red raspberry (*Rubus idaeus* L.). *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 121: 158-163.
- Rempel, H. G., B. C. Strik, and T. L. Righetti. 2004. Uptake, partitioning, and storage of fertilizer nitrogen in red raspberry as affected by rate and timing of application. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 129: 439-448.
- Silva E., H. y J. Rodríguez S. 1995. Fertilización de plantaciones frutales. Colección de Agricultura, Facultad de Agronomía. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.
- SAS Institute. 1999. SAS-STAT Software: Changes and enhancements. Release 6.12. SAS Institute Cary, NC, USA.
- Wright, C. J. and P. D. Waister. 1980. Seasonal changes in the mineral nutrient content of the raspberry. *Acta Hortic.* 112: 295-304.
- Zasada, J. C., J. C. Tappeiner, B. D. Maxwell, and M. A. Radwan. 1994. Seasonal changes in shoot and root production and in carbohydrate content of salmonberry (*Rubus spectabilis*) rhizome segments from the central Oregon Coast Ranges. *Can. J. For. Res.* 24: 272-277.