

Producción y propiedades químicas del caucho en clones de *Hevea* según los estados fenológicos

Juliano Quarteroli Silva⁽¹⁾, Erivaldo José Scaloppi Júnior⁽²⁾, Rogério Manoel Biagi Moreno⁽³⁾, Gilberto Batista de Souza⁽⁴⁾, Paulo de Souza Gonçalves⁽⁵⁾ y João Alexio Scarpape Filho⁽¹⁾

⁽¹⁾Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, Avenida Pádua Dias, nº 11, Caixa Postal 9, CEP 13418-900 Piracicaba, SP, Brasil. E-mail: quarteroli@gmail.com, jascarpa@usp.br ⁽²⁾Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Regional Noroeste Paulista, Rodovia Péricles Belini, Km 121, Caixa Postal 61, CEP 15500-970 Votuporanga, SP, Brasil. E-mail: scaloppi@apta.sp.gov.br ⁽³⁾Embrapa Instrumentação, Rua 15 de Novembro, nº 1.452, CEP 13560-970 São Carlos, SP, Brasil. E-mail: rogerio@cnpdia.embrapa.br ⁽⁴⁾Embrapa Pecuária Sudeste, Rodovia Washington Luiz, Km 234, Caixa Postal 339, CEP 13560-970 São Carlos, SP, Brasil. E-mail: gilberto@cnpse.embrapa.br ⁽⁵⁾Instituto Agronômico, Programa Seringueira, Caixa Postal 28, CEP 13020-970 Campinas, SP, Brasil. E-mail: paulog@iac.sp.gov.br

Resumen – El objetivo de este trabajo fue evaluar el desempeño productivo y el contenido de macronutrientes del caucho extraído de cuatro clones de *Hevea brasiliensis*, en diferentes sistemas de sangría y estados fenológicos de las plantas. El experimento fue realizado en los años agrícolas de 2010 y 2011, en diseño experimental de bloques completos al azar, en parcelas subdivididas, con cuatro repeticiones. Los tratamientos principales – clones GT 1, PB 235, IAN 873 e RRIM 600 – fueron ubicados en las parcelas, y los subtratamientos, que fueron los sistemas de sangría ½S d/2, ½S d/4 ET 2,5% y ½S d/7 ET 2,5%, se ubicaron en las subparcelas. Las variables analizadas fueron producción y contenido de macronutrientes. Las muestras fueron obtenidas en los estados fenológicos de brotación foliar, hojas maduras y senescencia foliar. La producción y los contenidos de macronutrientes del caucho son más influenciados por la práctica de sangría que por el material genético en los estados fenológicos más restrictivos para el follaje de caucho.

Términos para indexación: *Hevea brasiliensis*, fenología, nutrientes de caucho, sistemas de explotación.

Yield and chemical properties of rubber of *Hevea* clones according to phenological stages

Abstract – The objective of this work was to evaluate the yield performance and macronutrient content of rubber extracted from four *Hevea brasiliensis* clones, under different tapping systems and plant phenological stages. The experiment was carried out in the 2010 and 2011 crop seasons, in a split-plot randomized complete block design, with four replicates. The main treatments – GT 1, PB 235, IAN 873, and RRIM 600 clones – were allocated in the plots, and the secondary treatments, which were the tapping systems ½S d/2, ½S d/4 ET 2.5%, and ½S d/7 ET 2.5%, were allocated in the subplots. The analyzed variables were natural rubber yield and macronutrient contents. Samples of natural rubber were obtained in the leaf development, mature leaf, and leaf senescence phenological stages. Rubber yield and its macronutrient contents are more influenced by tapping practice than by genetic material in the restrictive phenological stages of foliage.

Index terms: *Hevea brasiliensis*, phenology, rubber nutrients, exploitation systems.

Introducción

La especie *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A.D. de Juss.) Muell.-Arg. es la principal fuente de caucho natural del mundo. A su vez, este producto es considerado materia prima estratégica para el progreso de la humanidad. (Silva et al., 2007, 2010), y su consumo se ha asociado con el estilo y la calidad de vida de la población (Rodrigo, 2007). En 2011, la producción a nivel mundial fue de 10.974 millones de toneladas,

y el consumo fue de 10.924 millones de toneladas (International Rubber Study Group, 2012).

En razón de sus características fisicoquímicas, el caucho natural tiene cualidades que no pueden ser obtenidas con polímeros producidos artificialmente y, consecuentemente, hay gran cantidad de procesos en los cuales no puede ser reemplazado. Por falta de estudios científicos sobre caracterización y evaluación de las propiedades del caucho natural previamente a la industrialización, las industrias han desarrollado

sus propios exámenes de calidad, siendo estos simples y sin un método científico adecuado (Moreno et al., 2008).

En los últimos años, ha ocurrido una revalorización y mayor utilización de materias primas de origen natural y, para garantizar la sustentabilidad en la utilización de este producto, se hace necesario alcanzar un profundo conocimiento de las prácticas de manejo de la especie productora. De este modo, el estudio del ciclo de la especie constituye una herramienta eficaz de manejo, lo que posibilita la identificación de las necesidades agronómicas asociadas a cada estado fenológico.

Los estudios de identificación de necesidades del cultivo, asociados a estados fenológicos, en la mayoría de las especies comerciales, apuntan a los procesos de floración y fructificación, ya que son los frutos los que constituyen el producto de valor económico a cosechar. Sin embargo, en la explotación del caucho, el producto de valor comercial es de origen vegetativo y, por lo tanto, los estudios sobre la fenología se encuentran enfocados en la estacionalidad del follaje.

Según Ortolani et al. (1998), la estacionalidad de follaje de esta especie durante su vida adulta es determinada por las condiciones climáticas. Estos autores también afirmaron que, en el Estado de São Paulo, Brasil, la senescencia foliar ocurre entre los meses de agosto y septiembre, la brotación foliar entre septiembre a octubre, y alcanzan el área foliar máxima entre noviembre y febrero. En regiones al Norte de la línea del ecuador, la expresión fenológica ocurre en el momento opuesto del calendario del Hemisferio Sur; por ejemplo, en producciones al Noreste de la India, la senescencia foliar ocurre entre diciembre y enero, y la brotación foliar entre febrero y marzo (Priyadarshan et al., 2001).

Un problema común en estudios de fenología con esta especie es el hecho de no considerarse el efecto que la práctica de la sangría tiene sobre la fisiología y sobre el propio comportamiento fenológico; así como de no considerarse la falta de correlación con la cantidad y calidad del caucho extraído. La extracción en sí, que representa un destino inducido para la planta, así como el sistema de sangría adoptado influyen en la partición de fotoasimilados y en el desarrollo de la planta (Castro, 2000). Esto puede ser fácilmente observado por el menor incremento en el perímetro del tronco, algunas semanas después del inicio del sangrado (Priyadarshan et al., 2009). Además, la mayoría de los estudios han

correlacionado la cantidad y características del caucho con la edad cronológica de la planta, y poco se ha estudiado acerca de la correlación con los estados fenológicos.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el desempeño productivo y el contenido de macronutrientes del caucho extraído en cuatro clones de *H. brasiliensis*, en diferentes sistemas de sangría y estados fenológicos.

Material y Métodos

El trabajo fue realizado en los años agrícolas de 2010 y 2011, en el campo experimental del Departamento de Producción Vegetal, de la Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, de la Universidade de São Paulo, en Piracicaba, SP, Brasil. El área experimental está ubicada a 22°42'30"S, 47°38'00"W, a la altitud de 554 m. El terreno tiene un relieve plano a levemente ondulado, con pendiente aproximada de 1,5%; el tipo de suelo corresponde a Tierra Roxa Estructurada, eutrófica, con horizonte A moderado y textura arcillosa, según el sistema de clasificación brasileño. El clima corresponde al tipo Cwa, según la clasificación climática de Köppen, con precipitación pluvial media anual de 1.328,1 mm, temperatura media anual de 21,6°C, temperatura media del mes más frío de 10,0°C, y media del mes más cálido de 30,0°C.

El cultivo fue implantado entre los años 1985 y 1986, con espaciamiento de 7x3 m (476 plantas ha⁻¹), con plantas con dos flujos de hojas maduras, producidas en bolsas de plástico. Los clones de caucho constituyeron los tratamientos principales. A continuación, se listan los distintos clones utilizados y sus parentales: GT 1, clon primario de *H. brasiliensis*, obtenido de selección efectuada en la plantación Gondang Tapen en Java, Indonesia; IAN 873, clon secundario amazónico, del antiguo Instituto Agronómico del Norte (IAN), obtenido del cruzamiento intraespecífico de *H. brasiliensis* y de los clones primarios PB 86 e FA 1717, seleccionados en Malasia y en Brasil; PB 235, clon terciario, resultante del cruzamiento intraespecífico de *H. brasiliensis* y de los clones secundarios PB 5/51 (PB 56 x PB 24) y PB 5/78 (PB 49 x PB 25), seleccionados en la plantación comercial Prang Besar, en Malasia; RRIM 600, clon secundario intraespecífico de *H. brasiliensis*, resultante del cruzamiento de los clones primarios Tjir 1 con el PB 86 del Rubber Research Institute of Malaysia (RRIM), ambos seleccionados en Malasia.

Los tres subtratamientos correspondieron a los distintos sistemas de sangría, utilizados en plantaciones comerciales descritos a continuación: sistema $\frac{1}{2}S$ d/2 5d/7. 12m/y – sangría en medio espiral ($\frac{1}{2}S$), realizada a intervalos de dos días (d/2), con descanso los sábados y domingos (5d/7), sangrando 12 meses por año (12m/y); sistema tradicional de sangría; $\frac{1}{2}S$ d/4 5d/7. 12m/y. ET 2,5% La 1(1). 8/y (6w) – sangría en $\frac{1}{2}S$, realizada a intervalos de cuatro días (d/4), con 5d/7, sangrando 12m/y, estimulado con etefón a 2,5% (ET 2,5%), aplicado en el panel sobre la línea de caucho que se encuentra sobre la canaleta (La), con dosis de un g de estimulante aplicado en una faja de 1 cm de ancho 1 (1), ocho veces por año (8/y), a cada seis semanas (6w); sistema $\frac{1}{2}S$ d/7 5d/7. 12m/y. ET 2,5% La 1(1).8/y (6w) – sangría en $\frac{1}{2}S$, realizada a intervalos de siete días (d/7), con 5d/7 sangrando 12m/y, con estimulación hecha con ET 2,5%, aplicado en La 1(1), 8/y, a cada 6w.

El diseño experimental de bloques completos al azar fue utilizado en arreglo de parcelas subdivididas, con cuatro bloques. Los tratamientos principales (clones) fueron ubicados en la parcela principal, compuesta por seis plantas, y los tratamientos secundarios (sistemas de sangría) fueron ubicados en las subparcelas con dos plantas en cada una.

Las evaluaciones se iniciaron cuando las plantas entraron en período de senescencia foliar, caracterizado por la hibernación compacta o gradual según Moraes (1983). La sangría fue realizada durante todo el año, incluso durante el período de brotación foliar, con el objetivo de cuantificar la producción y evaluar las características del caucho en ese momento. Se registró la producción mensualmente, y se cuantificó el látex coagulado que había sido fijado en hilos de alambre colgados en las plantas. En días lluviosos, luego del sangrado, se adicionó ácido acético al 5%, para permitir una rápida coagulación y evitar la pérdida de material.

Los coágulos obtenidos en los estados fenológicos de interés para este estudio fueron llevados al laboratorio y, después de identificados, fueron cortados con tijera y secados en estufa a 70°C hasta peso constante. La masa fue cuantificada en balanza electrónica con precisión de 0,1 mg, para determinación del rendimiento. Estas muestras se obtuvieron en el período correspondiente a una semana, y se tomó en consideración los intervalos de sangría en los subtratamientos.

Los análisis de las características del caucho se realizaron con muestras recogidas en cada uno de los estados fenológicos identificados, en los diferentes tratamientos y subtratamientos. Los análisis químicos se realizaron en el Laboratorio de Suelos, de la Embrapa Pecuária Sudeste (São Carlos, SP, Brasil). El contenido de nitrógeno total (N) fue determinado por el método Kjeldahl, donde a 200 mg de caucho seco se adicionó la mezcla catalítica para digestión (1:10 K_2SO_4 o Na_2SO_4) y H_2SO_4 . Después de frío, el digerido fue destilado por arrastre de vapor y titulado con H_2SO_4 0,05 mol L^{-1} . La cuantificación del contenido de macronutrientes (P, K, Ca, Mg e S), luego de la preparación de los extractos, fue realizada por medio de espectrometría de emisión óptica con plasma inducido (ICP OES), en equipo Vista Radial (Varian Inc., Mulgrave, Victoria, Australia).

Los datos de producción y contenido de macronutrientes fueron sometidos al ANOVA al 5% de significación, y fueron previamente testados los supuestos de este modelo. Luego, para aquellas fuentes de variabilidad que fueron significativas, las medias fueron separadas por la prueba de Tukey, al 1% de probabilidad.

Resultados y Discusión

En el año agrícola 2010-2011, la brotación foliar de las plantas ocurrió en la segunda quincena de julio de 2010, mientras el estado de hojas completamente maduras solamente fue alcanzado en la primera quincena de mayo de 2011, y la senescencia foliar luego enseguida, en la segunda quincena de julio (Figura 1). Durante julio de 2010, junto con la ocurrencia de algunas precipitaciones atípicas, se inició la brotación foliar, la que continuó su desarrollo a pesar del período seco que sobrevino en el mes siguiente. Esto puede indicar que este proceso está relacionado con la disponibilidad hídrica, lo que ya había sido observado empíricamente. Sin embargo, y a pesar de la restricción hídrica durante agosto, el follaje consiguió desarrollarse. Esto puede ser explicado porque estos árboles, gracias a su sistema radicular, consiguen absorber agua almacenada a profundidades superiores a 3 m y, además, porque pueden hacer uso del agua contenida en los troncos para su desarrollo (Rao y Vijayakumar, 1992).

Durante el estado fenológico de hojas maduras, en el mes de mayo de 2011, se midieron las mayores producciones, que ocurrieron tanto en razón de los

materiales genéticos (clones) como del manejo de la producción (sistemas de sangría). Según Ortolani et al. (1998), este aumento de la producción, registrado entre marzo y julio, es consecuencia de la falta de otros destinos que compitan con la producción de látex; ya

que en este momento ya había ocurrido la caída de frutos (semillas).

En julio del año 2011, que coincidió con un período de deficiencia hídrica, ocurrió el estado de senescencia. Ha sido observado que cuanto más pronunciada es la

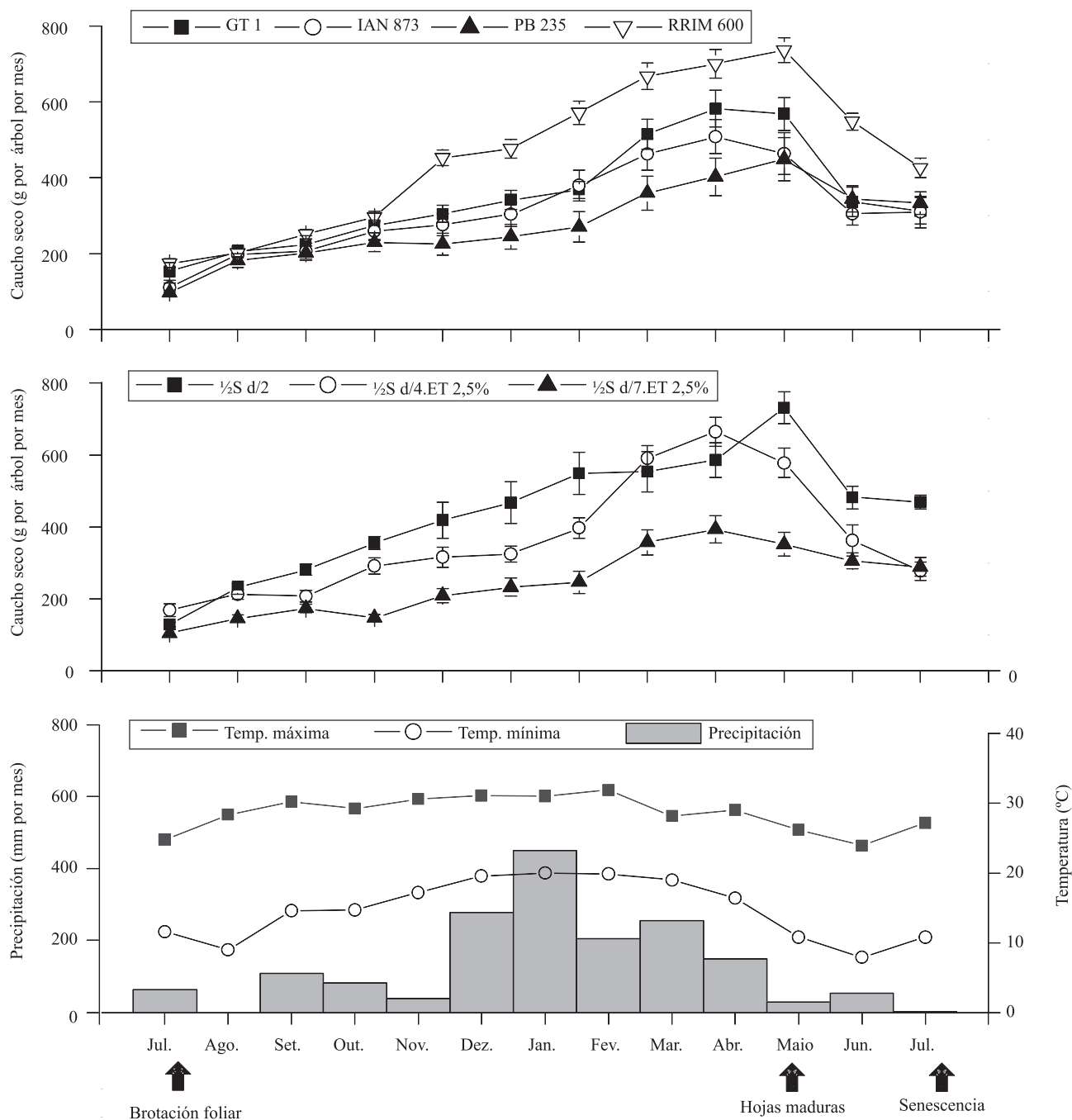


Figura 1. Producción de cuatro clones de caucho, en diferentes sistemas de sangría, parámetros climáticos y estados fenológicos.

reducción de las precipitaciones pluviales, más rápida y uniforme resulta la abscisión foliar (Gasparotto et al., 1997). Sambugaro (2007) resalta que además de la baja precipitación, estas características son adaptativas y genéticamente determinadas. En consecuencia, los árboles de caucho siempre perderán las hojas en algún momento del año, independientemente de las variaciones climáticas que ocurran. Según Gonçalves y Fontes (2012), el género *Hevea*, como un todo, presenta evidentes señales de periodicidad, como por ejemplo el hábito caducifolio.

En el presente trabajo, se observó que el período de menor producción coincidió con los meses de desarrollo y emisión de los nuevos flujos de hojas (Figura 1). Yeang y Paranjothy (1982) observaron que hay una correlación negativa entre la producción de látex y el área foliar desarrollada durante el período de brotación, resultado de la competición por fotosíntatos, y Miguel et al. (2007) informan que, hasta el 32° día del desarrollo foliar, la fotosíntesis líquida es negativa, consecuencia de la ineficiencia del aparato fotosintético. Además del efecto de la competición por fotoasimilados, hay evidencias de que el índice de taponamiento aumenta durante la emisión de hojas, ocasionando reducción del flujo de látex (Bernardes et al., 2000).

De acuerdo con Ortolani et al. (1998), las variaciones en la producción de látex, durante el ciclo anual, están relacionadas a la disponibilidad hídrica, con las temperaturas máximas y mínimas y, especialmente, con la ocurrencia de heladas. En el presente estudio, la temperatura no fue limitante ni para la producción, con intervalo óptimo entre 22°C y 28°C; ni para el flujo de látex, con intervalo óptimo entre 20 °C y 24 °C (Jiang, 1988).

Durante el estado de brotación foliar, el análisis de varianza de la producción de caucho seco y contenido de magnesio y azufre mostró diferencias significativas entre clones y sistemas de sangría ($p < 0,01$). En cuanto a la interacción entre los factores, únicamente las variables nitrógeno y potasio no fueron significativas ($p < 0,01$). En este estado fenológico, el clon RRIM 600, en el sistema de sangría $\frac{1}{2}$ S d/7 ET 2,5%, tuvo mayor producción – 42,73 g de caucho seco por planta por sangría – en comparación con los demás clones.

En el estado fenológico de hojas maduras, apenas los contenidos de nitrógeno y azufre no tuvieron diferencias significativas entre los clones ($p < 0,01$). Los contenidos promedio de fósforo, potasio, calcio y azufre

tuvieron diferencias significativas entre los sistemas de sangría. Para la interacción entre los factores clones por sistemas de sangría, las variables significativas fueron nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio. En este estado, en el cual ni las condiciones climáticas, ni la fase de desarrollo de las plantas fueron restrictivas, los clones expresaron todo su potencial productivo, lo que resultó que RRIM 600 y GT 1 fueron superiores con 101,4 g y 75,30 g de caucho seco por planta por sangría, respectivamente.

En el estado fenológico de senescencia foliar, fueron observadas diferencias significativas entre los clones en cuanto a los contenidos de fósforo y magnesio ($p < 0,01$). Para la producción, se observaron diferencias entre los sistemas de sangría y en la interacción con los clones. Las pocas diferencias observadas en este estado pueden indicar que la producción fue más influenciada por la sangría que por el material genético o que los clones estudiados no tienen grandes diferencias en su capacidad productiva. En cambio, durante la senescencia, hubo grandes restricciones climáticas, así como restricciones propias de la condición fisiológica de la planta, lo que puede perjudicar la expresión del potencial genético de los clones.

Considerándose solamente el efecto del sistema de sangría sobre la producción, los sistemas de menor frecuencia (d/4 y d/7) proporcionan los mejores resultados en el estado de brotación foliar y senescencia. Esto se explica por el mayor intervalo entre sangrías, lo que posibilita mayor y mejor regeneración del látex en los vasos laticíferos. Castro (2000) explica que la producción del caucho depende del flujo y de la regeneración del material celular entre dos sangrías. Además, Sá (2000) enfatiza que los procesos metabólicos relacionados con esos dos componentes de producción están asociados a parámetros biofísicos y bioquímicos del látex. Este autor también cita varias características del látex que están relacionadas con su flujo y calidad; entre ellas están el comportamiento fenológico del cultivo y los factores del ambiente. La frecuencia de sangría a cada siete días ya había sido confirmada como superior en los clones GT 1, PB 235 y IAN 873, desde el punto de vista fisiológico y económico (Silva et al., 2007, 2010).

En las Figuras 2 a 5, se presentan los contenidos medios de macronutrientes del caucho natural, como resultado del desdoblamiento de los distintos sistemas de sangría dentro de cada clon (clon x sistema de

sangría) y para cada estado fenológico. De una forma general, para todas las variables analizadas, en que hubo diferencias significativas, el sistema de sangría $\frac{1}{2}$ S d/7 ET 2,5% proporcionó las menores concentraciones de macronutrientes en el caucho, lo que puede ser

explicado por el mayor intervalo entre sangrías (Castro, 2000). Probablemente, esto resulta en la necesidad de un metabolismo menos intenso para la regeneración in situ y, como consecuencia, una menor demanda por los nutrientes esenciales para la formación del látex. Esta

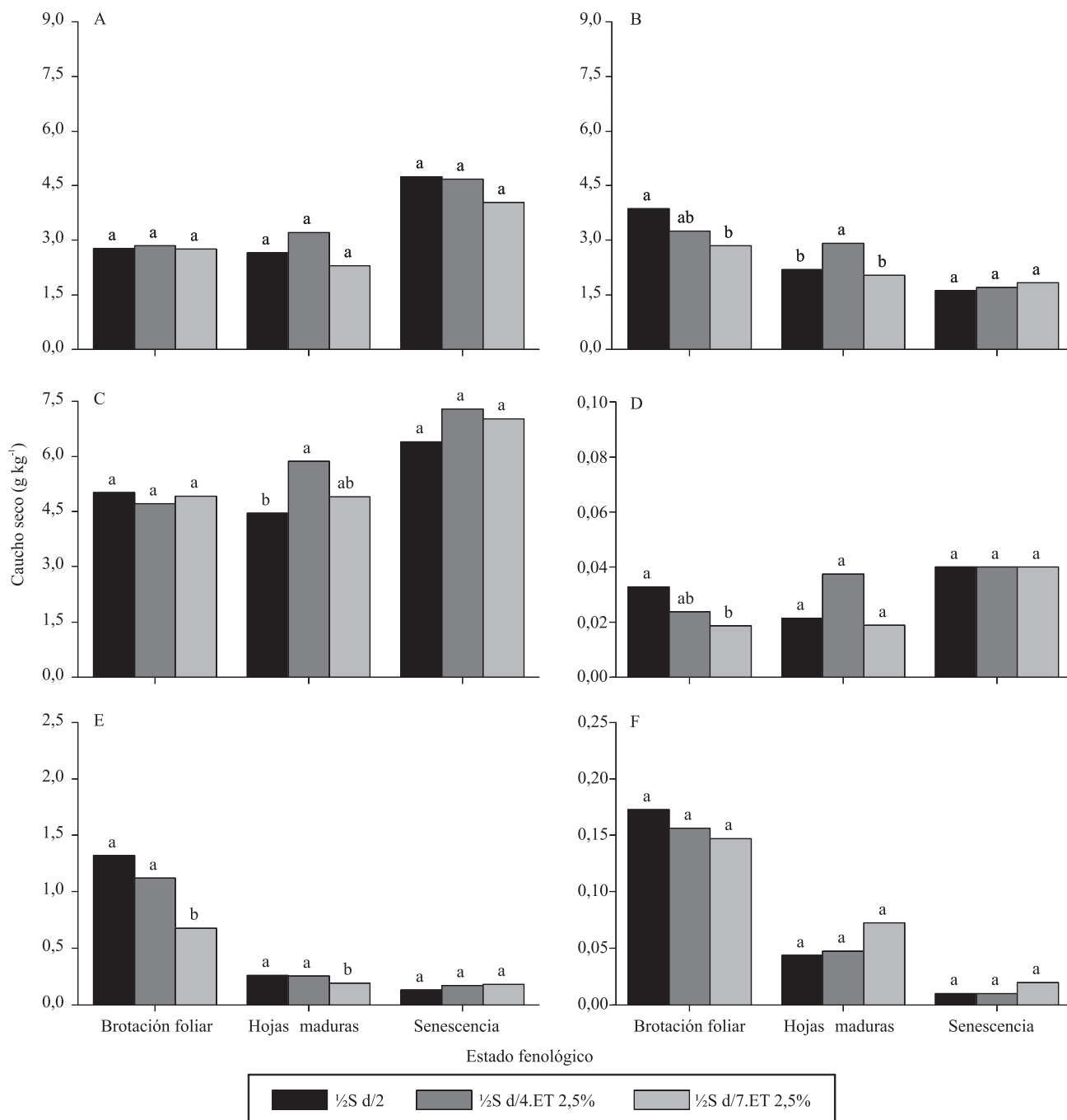


Figura 2. Medias del contenido de los macronutrientes nitrógeno (A), fósforo (B), potasio (C), calcio (D), magnesio (E), y azufre (F) en caucho natural del clon GT 1, extraído en diferentes estados fenológicos de *Hevea brasiliensis*, en función de diferentes sistemas de sangría. Medias seguidas por letras iguales, para cada estado fenológico, no difieren entre si, por la prueba de Tukey, al 1% de probabilidad.

característica torna este sistema el más eficiente, desde el punto de vista de la regeneración del caucho, ya que la producción en términos de gramos de caucho seco por árbol por sangría fue alta en este sistema.

Respecto a la relación entre el contenido de nitrógeno del caucho y sus propiedades tecnológicas, altos contenidos se tornan indeseables por perjudicar la resistencia del caucho procesado. Según los

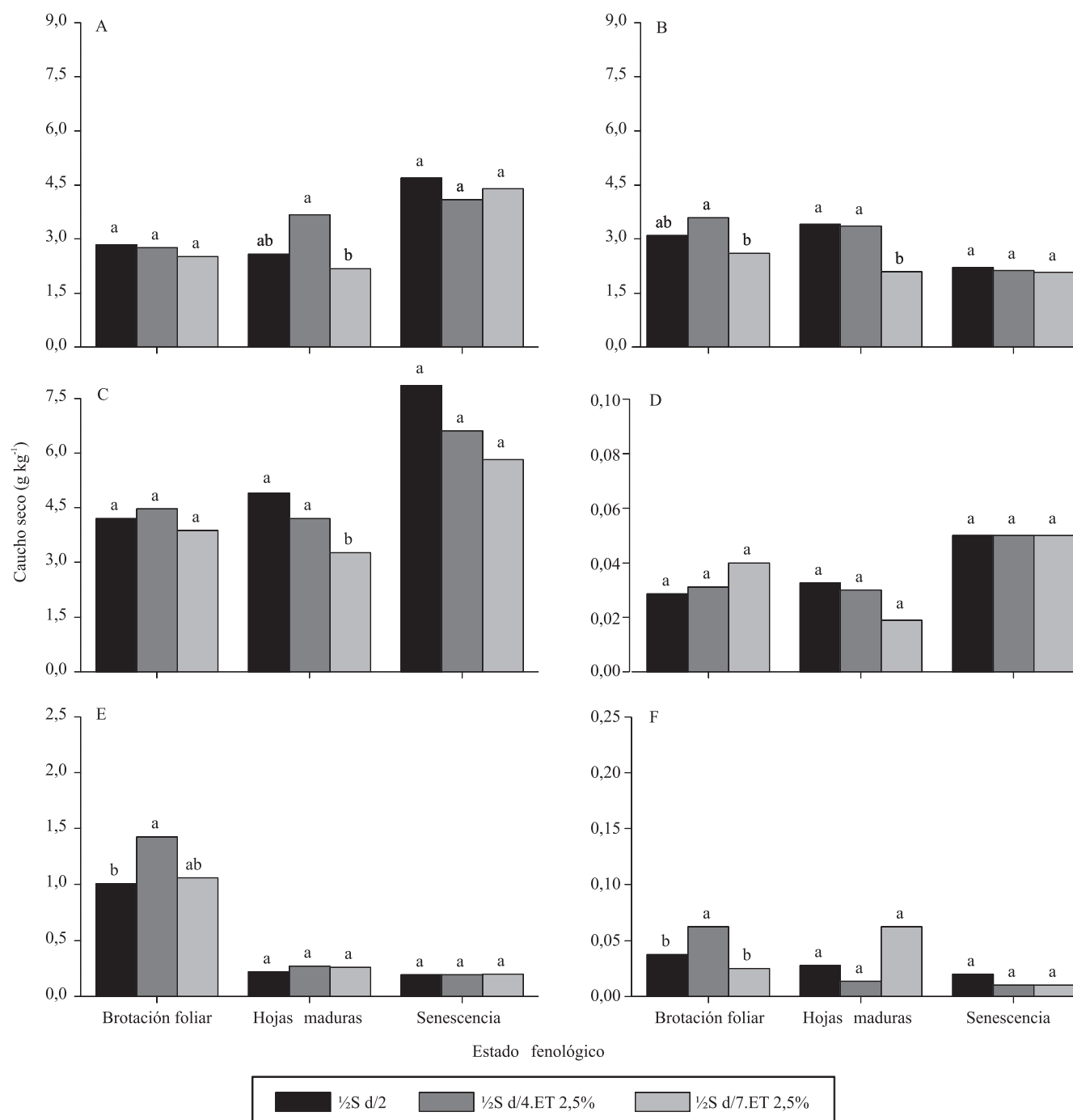


Figura 3. Medias del contenido de los macronutrientes nitrógeno (A), fósforo (B), potasio (C), calcio (D), magnesio (E), y azufre (F) en caucho natural del clon IAN 873, extraído en diferentes estados fenológicos de *Hevea brasiliensis*, en función de diferentes sistemas de sangría. Medias seguidas por letras iguales, para cada estado fenológico, no difieren entre si, por la prueba de Tukey, al 1% de probabilidad.

estándares técnicos, establecidos por la norma ABNT NBR ISO 1656 para Brasil (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2010), el caucho de buena calidad debe presentar un porcentaje de nitrógeno entre

0,2-0,6%. Este parámetro ofrece a la industria un valor estimado de la cantidad de proteínas presentes, ya que un exceso de sustancias nitrogenadas reduce la resistencia del caucho una vez procesado y

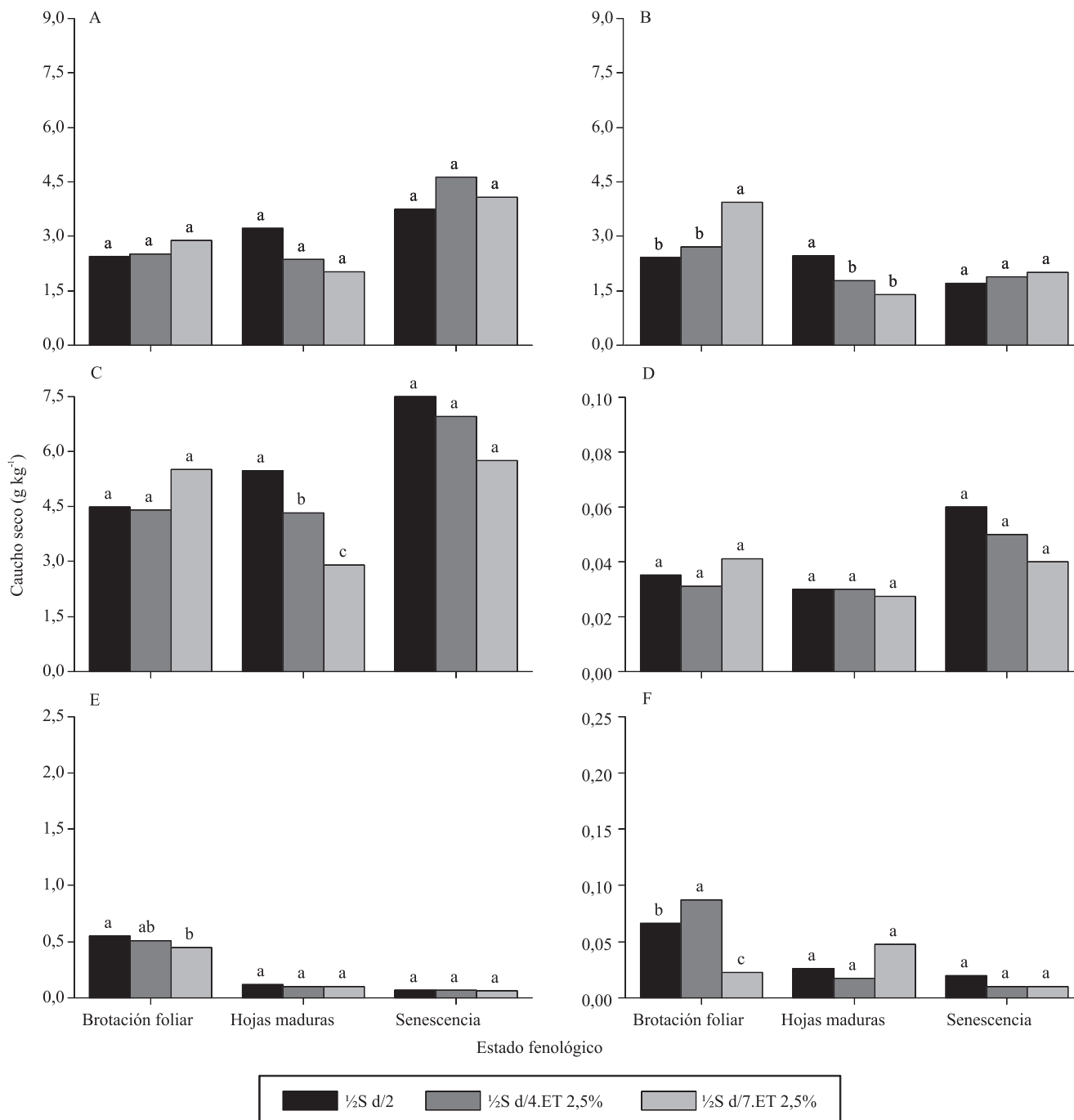


Figura 4. Medias del contenido de los macronutrientes nitrógeno (A), fósforo (B), potasio (C), calcio (D), magnesio (E), y azufre (F) en caucho natural del clon PB 235, extraído en diferentes estados fenológicos de *Hevea brasiliensis*, en función de diferentes sistemas de sangría. Medias seguidas por letras iguales, para cada estado fenológico, no difieren entre sí, por la prueba de Tukey, al 1% de probabilidad.

vulcanizado (Moreno et al., 2008). Desde este punto de vista, todos los tratamientos empleados y los diferentes estados fenológicos tuvieron contenidos de nitrógeno adecuados.

En términos absolutos, el caucho natural presentó mayor contenido de nitrógeno y potasio durante el estado de senescencia foliar, en todos los clones y en todos los sistemas de sangría. Durante este estado,

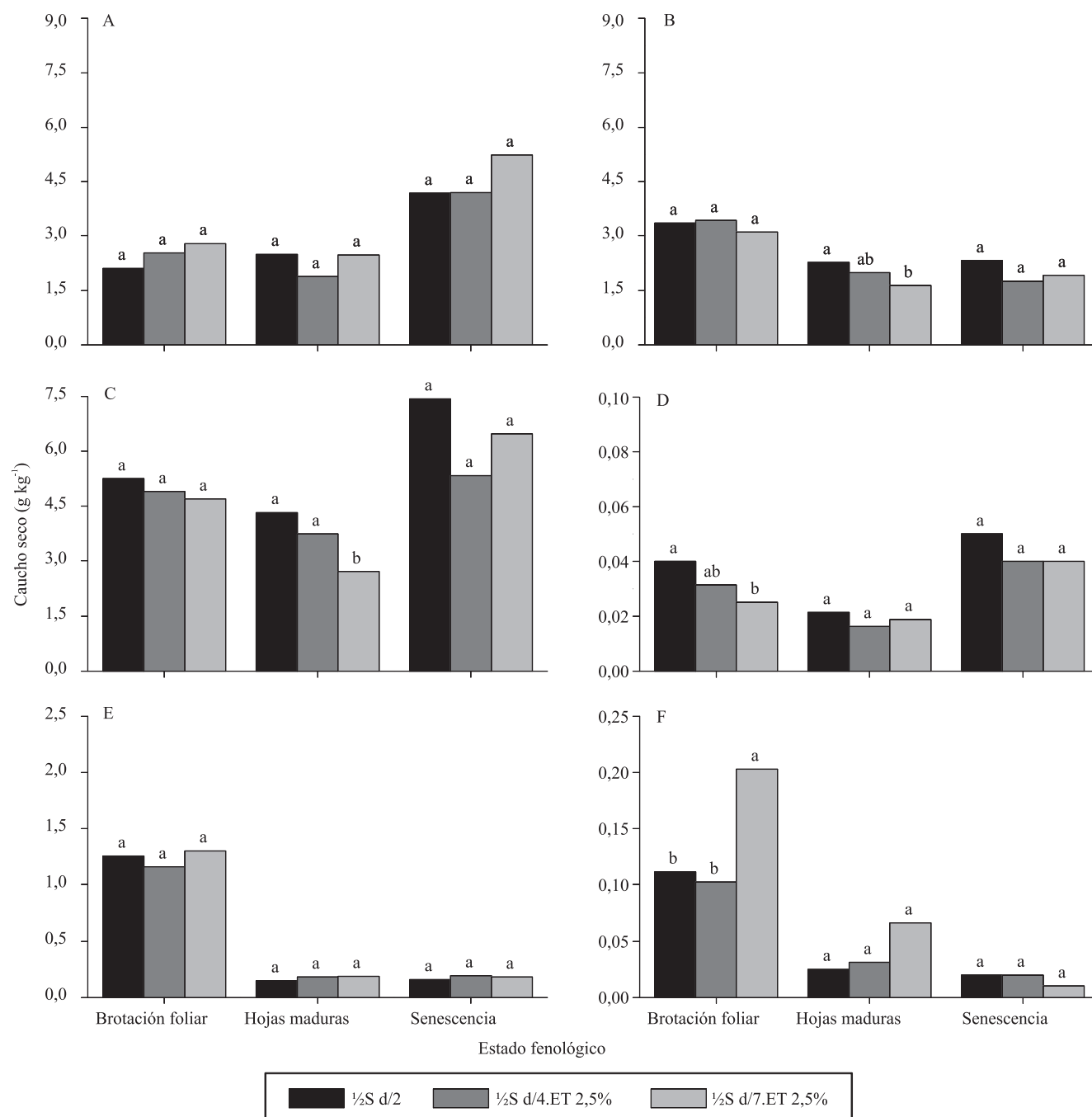


Figura 5. Medias del contenido de los macronutrientes nitrógeno (A), fósforo (B), potasio (C), calcio (D), magnesio (E), y azufre (F) en caucho natural del clon RRIM 600, extraído en diferentes estados fenológicos de *Hevea brasiliensis*, en función de diferentes sistemas de sangría. Medias seguidas por letras iguales, para cada estado fenológico, no difieren entre si, por la prueba de Tukey, al 1% de probabilidad.

algunos nutrientes son translocados desde las hojas en senescencia y almacenados en otros tejidos para su posterior re-utilización. Según Moreno et al. (2005), el contenido de nitrógeno en el caucho aumenta al inicio de la estación seca y puede alcanzar valores superiores a los establecidos entre los meses de abril y junio. El calcio, que es considerado inmóvil dentro de la planta, mostró contenidos bajos en el caucho extraído. Malavolta et al. (1989) estudiaron la movilidad de los nutrientes y concluyeron que los macronutrientes N, P, K y S son completamente móviles en la planta, el Mg es parcialmente móvil y el Ca es inmóvil. Los nutrientes fósforo, magnesio y azufre, en términos absolutos, fueron mayormente extraídos en la sangría realizada durante el estado de brotación foliar. Este hecho puede contribuir con una partición inadecuada de nutrientes entre el crecimiento vegetativo y la producción de caucho, afectando el futuro productivo. Por eso se recomienda que la práctica de la sangría sea suspendida durante este período.

Conclusiones

1. La producción y características químicas del caucho son más afectadas por la práctica de sangría que por el material genético, en los estados fenológicos más restrictivos para el follaje de *H. brasiliensis*.
2. Los sistemas de sangría de baja frecuencia y con uso de estimulación ($\frac{1}{2}$ S d/4 ET 2,5% y $\frac{1}{2}$ S d/7 ET 2,5%) proporcionan mayor producción de caucho por planta por sangría, al mismo tiempo con menor extracción de nutrientes.
3. El macronutriente de mayor extracción por el caucho es el K, seguido por el N, P, Mg, S y Ca, y la mayor parte de esta extracción ocurre durante el estado de senescencia foliar.

Agradecimientos

A la Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, por la concesión de los recursos necesarios; al técnico agrícola Marcelo Valente Batista y a los pasantes de entrenamiento técnico Natalia Verona y Guilherme dos Santos Barcelos.

Referencias

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 1656:2006**: borracha natural crua e látex natural: determinação do teor de nitrogênio. Rio de Janeiro: ABNT, 2010. 17p.

BERNARDES, M.S.; CASTRO P.R.C.; MARTINS, A.N.; VIRGENS FILHO, A.C. Fatores ligados à escolha do sistema de exploração. In: BERNARDES, M.S. (Ed.). **Sangria da seringueira**. Piracicaba: Fealq, 2000. p.139-182.

CASTRO, P.R.C. Bases fisiológicas da produção de látex e da estimulação de *Hevea brasiliensis*. In: BERNARDES, M.S. (Ed.). **Sangria da seringueira**. Piracicaba: Fealq, 2000. p.45-63.

GASPAROTTO, L.; SANTOS, A.F. dos; PEREIRA, J.C.R.; FERREIRA, F.A. **Doenças da seringueira no Brasil**. Brasília: Embrapa-SPI; Manaus: Embrapa-CPAA, 1997. 168p.

GONÇALVES, P.S.; FONTES, J.R.A. Domestication and breeding of the rubber tree. In: BORÉM, A.; LOPES, M.T.G.; CLEMENT, C.R.; NODA, H. (Ed.). **Domestication and breeding**: Amazon species. Viçosa: UFV, 2012. p.393-420.

INTERNATIONAL RUBBER STUDY GROUP. **Natural rubber (NR) production, consumption, trade (exports and imports) and stocks**. London: IRSG, 2012. (IRSG. Rubber statistical bulletin, 16).

JIANG, A.L. Climate and natural production of rubber (*Hevea brasiliensis*) in Xishuangbanna, southern part of Yunnan Province, China. **International Journal of Biometeorology**, v.32, p.280-282, 1988.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: Potafos, 1989. 201p.

MIGUEL, A.A.; OLIVEIRA, L.E.M. de; CAIRO, P.A.R.; OLIVEIRA, D.M. de. Photosynthetic behaviour during the leaf ontogeny of rubber tree clones [*Hevea brasiliensis* (Wild. ex. Adr. de Juss.) Muell. Arg.], in Lavras, M.G. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, p.91-97, 2007.

MORAES, V.H.F. **Sugestões para uniformização da metodologia de estudo da fenologia foliar da seringueira**. Manaus: Embrapa-CNPDS, 1983. 19p. (Embrapa-CNPDS. Documentos, 1).

MORENO, R.M.B.; FERREIRA, M.; GONÇALVES, P. de S.; MATTOSO, L.H.C. Technological properties of latex and natural rubber of *Hevea brasiliensis* clones. **Scientia Agricola**, v.62, p.122-126, 2005.

MORENO, R.M.B.; MARTINS, M.A.; GONÇALVES, P.S.; FERREIRA, M.; MATTOSO, L.H.C. Propriedades físicas e propriedades tecnológicas da borracha natural. In: ALVARENGA, A. de P.; CARMO, C.A.F. de S. (Ed.). **Seringueira**. Viçosa: Epamig, 2008. p.805-853.

ORTOLANI, A.A.; SENTELHAS, P.C.; CAMARGO, M.B.P.; PEZZOPANE, J.E.M.; GONÇALVES, P. de S. Agrometeorological model for seasonal rubber tree yield. **Indian Journal of Natural Rubber Research**, v.11, p.8-14, 1998.

PRIYADARSHAN, P.M.; GONÇALVES, P.S.; OMOKHAFF, K.O. Breeding *Hevea* rubber. In: JAIN, S.M.; PRIYADARSHAN, P.M. (Ed.). **Breeding plantation tree crops**: tropical species. New York: Springer, 2009. p.469-522.

PRIYADARSHAN, P.M.; SASIKUMAR, S.; GONÇALVES, P.S. Phenological changes in *Hevea brasiliensis* under differential geo-climates. **The Planter**, v.77, p.447-459, 2001.

- RAO, S.P.; VIJAYAKUMAR, K.R. Climatic requirements. In: SETHURAJ, M.R.; MATHEW, N.M. (Ed.). **Natural rubber: biology, cultivation and technology**. Kerala: Rubber Research Institute of India, 1992. p.200-219.
- RODRIGO, V.H.L. Ecophysiological factors underpinning productivity of *Hevea brasiliensis*. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.19, p.245-255, 2007.
- SÁ, T.D.A. Aspectos ecofisiológicos da sangria da seringueira. In: BERNARDES, M.S. (Ed.). **Sangria da seringueira**. Piracicaba: Fealq, 2000. p.21-44.
- SAMBUGARO, R. **Estágios foliares, fenologia da seringueira (*Hevea spp.*) e interação com *Microcyclus ulei* (mal das folhas)**. 2007. 94p. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- SILVA, J.Q.; GONÇALVES, P. de S.; SCARPARE FILHO, J.A.; COSTA, R.B. da. Agronomical performance and profitability of exploitation systems in four rubber tree clones in São Paulo state. **Bragantia**, v.69, p.843-854, 2010.
- SILVA, J.Q.; SOUZA, M.I.T. de; GONÇALVES, P. de S.; PINOTTI, R.N. Sistemas de exploração de seringueira utilizados em clones asiáticos Prang Besar no Oeste paulista. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.949-955, 2007.
- YEANG, H.Y.; PARANJOTHY, K. Some primary determinants of seasonal yield variation in clone RRIM-623. **Journal of the Rubber Research Institute of Malaysia**, v.30, p.131-147, 1982.

Recibido en 11 de abril de 2012 y aprobado en 13 de julio de 2012