

Nota Técnica

DESARROLLO DEL CAFETO (*Coffea arabica*). II. NIVELES ENDOGENOS DE ACIDO ABCISICO Y GIBERELINAS^{1/*}

Jorge A. Briceño **
Gerardo A. Mora ***
Oscar E. Arias **

ABSTRACT

Development of the coffee tree (*Coffea arabica*). II. Endogenous levels of abscisic acid in relation to vegetative and reproductive growth . The rate of coffee plant growth was studied in relation to the content of abscisic acid (ABA) and giberellins (GAs). This study was conducted in a plantation at Centro de Investigaciones en Café, Barva, Heredia, Costa Rica. Data was collected on the vegetative growth in the orthotrophic axis. Number of flowers and immature fruits were also counted. ABA and GAs contents were tested in the second pair of leaves of the plagiotrophic axis. The ABA analysis was performed using HPLC and GAs assay was carried out using a rice-grain's endosperm bioassay. It was found that the rate of coffee growth was related to external or environmental factors and to internal or endogenous factors. In the first case, there were changes both in vegetative and reproductive growth associated with the beginning of the rains. On the other hand, the levels of ABA and GA-bioassay's values increased to reach a maximum and decreased until a minimum, respectively, coinciding with flowering. Later, during the "bean drop of june" (mid of june 1982) when the vegetative growth was at a minimum, there was a new increase in the ABA content, contrasting with low levels of GAs (despite of the rainy season).

INTRODUCCION

En el cafeto, se ha observado que alta temperatura, alta intensidad de luz y períodos secos reducen el crecimiento de los brotes en las ramas de café en favor del sistema tronco-raíz. Cuando hay disponibilidad de agua se favorece el crecimiento de los brotes vegetativos reproductores (Noggle y Fritz, 1976; Sutcliffe, 1975) y se sabe que esta actividad está controlada por hormonas.

En el caso de la mayoría de las plantas tropicales se tiene poca información específica sobre las sustancias reguladoras de crecimiento y sus efectos en respuesta a cambios del medio ambiente (Browning, 1973; Browning *et al.*, 1970; Gopal *et al.*, 1975a; 1975b; 1975c; Gopal y Vasudeva, 1973; Janardhan *et al.*, 1977; Kozlowski, 1971).

En el caso del cafeto, se hace necesaria mucha investigación sobre los estados de inactividad y crecimiento de las yemas florales. Hace falta saber lo que sucede con los contenidos endógenos de hormonas luego de la antesis, donde regularmente ocurre abscisión de frutos en el cafeto.

Esta investigación se planteó con el objeto de estudiar la relación entre el ritmo de crecimiento del cafeto y el contenido endógeno del inhibidor ácido abscísico. Paralelamente se planeó un

- 1/ Recibido para publicación el 4 de diciembre de 1990.
* Esta investigación fue financiada por la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica.
** Centro de Investigaciones Agronómicas, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
*** Facultad de Farmacia, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

estudio preliminar sobre los contenidos de gibberelinas con el objeto de comparar el poder promotor de las mismas con los contenidos de ácido abscísico (ABA) observados.

MATERIALES Y METODOS

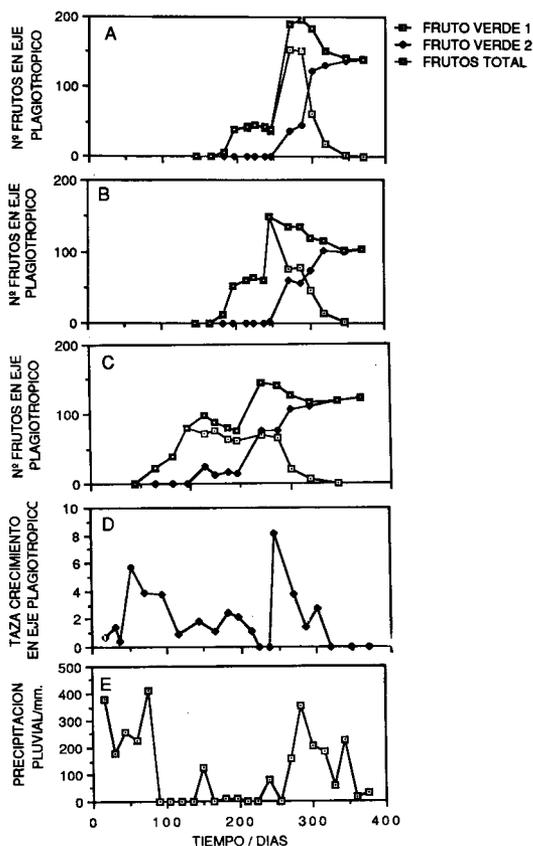
El presente estudio se efectuó en una plantación ubicada en el Centro de Investigaciones en Café en Barva, Heredia, Costa Rica. Para ello se usaron tres cultivares de *Coffea arabica*, catuaí, caturra y catimor. El período de observaciones comprendió de agosto de 1981 a agosto de 1982. Se colectaron datos de crecimiento vegetativo y reproductivo en el eje plagiotrópico (Briceño y Arias, 1992).

En el laboratorio se analizó por sextuplicado el ABA en el segundo par de hojas según el procedimiento recomendado por Sweetser y Vatvars (1976), que consiste en una homogenización de la muestra en metanol, una extracción con éter etílico, un lavado en columnas de Sephadex G-25, otra extracción de las fracciones de mejor absorción al U.V. con éter, una disolución de las mismas en una mezcla de agua, metanol y ácido acético (89:10:1) y la separación en un cromatógrafo líquido de alta resolución (HPLC), usando una columna en fase reversa y como fase móvil una mezcla de acetonitrilo y ácido acético al 1%; la lectura se hizo a 260 nm.

La separación de gibberelinas en el segundo par de hojas se hizo según el esquema de extracción recomendado por Jones (1968) y Jones y Varner (1967) y los extractos obtenidos se analizaron usando el bioensayo recomendado por Ogawa (1966a; 1966b) en arroz (*Oryza sativa* cv. CR 1113). Dicho bioensayo consiste en estimular la síntesis de la enzima alfa-amilasa en el endospermo de arroz (Brenner, 1981). La actividad de la enzima se analizó luego con ayuda de almidón de papa como sustrato. El almidón se añadió en exceso por lo que la cantidad hidrolizada pudo ser detectada con ayuda de una solución de yodo en un espectrofotómetro a 620 nm.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los valores promedio de las tasas de crecimiento vegetativo y reproductivo, así como la precipitación ocurrida durante el año de mediciones



A. S. O. N. D. E. F. M. A. M. J. J. A. S.

1982

Fig. 1. Crecimiento vegetativo y reproductivo en café, en el Centro de Investigaciones en Café-San Pedro de Barva, Heredia, Costa Rica

A) Frutos verdes de estadios 1* (diámetro < 5 mm) y 2** (diámetro > 5 mm) en el eje plagiotrópico del cultivar catuaí. B) Frutos verdes de estadios 1* y 2** en el eje plagiotrópico del cultivar caturra. C) Frutos verdes de estadios 1* y 2** en el eje plagiotrópico del cultivar catimor. D) Tasa de crecimiento promedio en el eje plagiotrópico. E) Precipitación pluvial (mm) durante el período agosto 1981-agosto 1982.

se presentan en la Figura 1 y se discuten en detalle en Briceño y Arias (1992). Los contenidos endógenos de promotores e inhibidores de crecimiento en el tejido foliar durante el mismo período se resumen en la Figura 2.

El aumento de longitud del eje plagiotrópico fue continuo durante el período de lluvias de 1981 y disminuyó al acentuarse la época seca

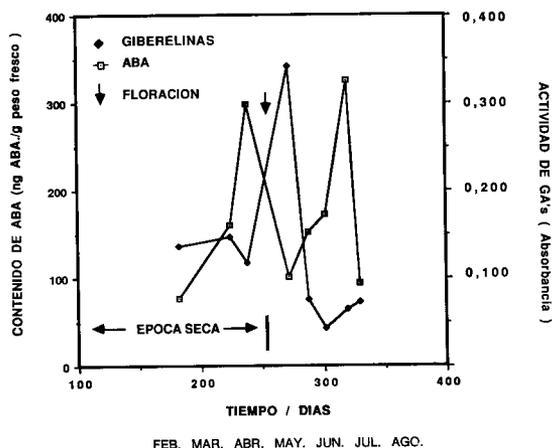


Fig. 2. Contenido promedio de ABA determinado por cromatografía líquida (HPLC) y valores de absorbancia promedio obtenidos mediante bioensayo para giberelinas en tejido foliar de 3 cultivares de *Coffea arabica*.

entre enero y abril de 1982 (Briceño y Arias, 1992). Esta disminución en el crecimiento se encontró asociada a un contenido alto de ABA en las hojas, en forma similar a lo observado por Gopal y Venkataramanan (1976). Asimismo, se observó que los valores de ABA aumentaron conforme la época seca se fue acentuando (desde 33 ng ABA/g peso fresco en febrero, hasta 298 ng ABA/g peso fresco en abril), lo cual coincide con estudios hechos por otros autores (Browning *et al.*, 1970; Gopal y Venkataramanan, 1976) en plantas de café sometidas a condiciones de sequía.

En cuanto al crecimiento reproductivo se debe destacar que tal como lo señalan diferentes autores (Kozłowski, 1971; Santos y Maestri, 1974) una vez que se presentaron las primeras lluvias ocurrió una floración abundante según puede observarse en el Cuadro 1 (100 flores por bandola al 24 de abril 1982, como promedio). En ese mismo período, los contenidos de ABA en el segundo par de hojas, que habían alcanzado valores altos en la época seca, se redujeron drásticamente, en tanto que los valores de absorbancia asociados a la actividad de las giberelinas presentaron valores máximos (Figura 2). Esto concuerda con lo observado por algunos autores (Alvim, 1958; Browning, 1973; Gopal y Venkataramanan, 1976) que asocian el crecimiento vegetativo y reproductivo con la liberación de giberelinas y otros promotores del crecimiento y por ende, con una mayor tasa de biosíntesis. Esto permite a su

vez confirmar el papel antagónico entre sustancias promotoras e inhibitoras en cuanto al crecimiento del café.

La correlación altamente significativa ($r=0,97$, $P<0,001$) que se presentó entre la longitud de la bandola y la cantidad total de fruto (Briceño y Arias, 1991) ha sido señalada por Santos y Maestri (1974) como un índice de la cantidad de reservas que la planta tiene disponible en sus tejidos, y permite resaltar la importancia del crecimiento de la planta en general como sinónimo de reserva de nutrientes para futuras cosechas. Por otra parte, la purga o pérdida de frutos totales ocurrida a mediados de junio, que fluctuó en un ámbito entre 16 y 30%, coincide con altos contenidos de ABA y bajos valores de giberelinas (Figura 2), lo que introduce criterios adicionales para el estudio de este fenómeno en el café. Dado que al ABA se le ha relacionado, en general, con los fenómenos de abscisión de hojas y frutos, es posible afirmar que en este caso, fue un factor que favoreció la caída del fruto en ese momento, toda vez que los niveles de giberelinas eran bajos, lo cual impidió un efecto antagónico entre inhibidor-promotor, tal como es mencionado por algunos autores (Alvim, 1958; Browning, 1973).

RESUMEN

La presente investigación estudió la relación entre el ritmo de crecimiento del café y los contenidos del regulador de crecimiento ABA, y de las giberelinas (GAs) en las hojas.

El estudio se efectuó en una plantación ubicada en el centro de Investigaciones de Café (CICAPE), en San Pedro de Barva, Heredia, Costa Rica. El período de observaciones comprendió de agosto de 1981 a agosto de 1982. Los datos de crecimiento vegetativo y reproductivo colectados se relacionaron con los niveles de ABA y GAs.

El contenido de ABA se analizó en los segundos pares de hojas provenientes del eje plagiotrópico, mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC); para el análisis de GAs se utilizó un bioensayo sobre el endospermo de arroz.

Niveles altos de ABA y bajos de GAs se asociaron a un crecimiento lento en el eje plagiotrópico durante la época seca. Al establecerse las lluvias los contenidos de ABA bajaron, mientras

Cuadro 1. Número de yemas florales y flores en antesis por eje plagiotrópico en tres cultivares de café (Promedio de 20 plantas en cada cultivar).

| | 1981 | | | | | | | 1982 | | | | | | | | |
|-------------------|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Fecha | 15/2 | 12/1 | 02/2 | 19/2 | 05/3 | 23/3 | 02/4 | 16/4 | 24/4 | 19/5 | 04/6 | 17/6 | 06/7 | 16/7 | 03/8 | 27/8 |
| Nº Días | 116 | 144 | 165 | 182 | 196 | 214 | 224 | 238 | 246 | 271 | 287 | 301 | 319 | 329 | 347 | 371 |
| | Caturá | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº yemas activas* | - | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 159 | 3 | 0 | - | - | - | - | - | - |
| Nº flores antesis | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 144 | 0 | - | - | - | - | - | - |
| | Caturra | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº yemas activas | - | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 85 | 2 | 0 | - | - | - | - | - | - |
| Nº flores antesis | - | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 69 | 0 | - | - | - | - | - | - |
| | Catimor | | | | | | | | | | | | | | | |
| Nº yemas activas | 38 | 19 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 79 | 3 | 0 | - | - | - | - | - | - |
| Nº flores antesis | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 87 | 0 | - | - | - | - | - | - |

* yemas activas = yemas florales llenas

que los de GAs aumentaron a un máximo, coincidiendo con la época de floración. Posteriormente, durante la "purga" de junio (a mediados de 1982) se observó de nuevo un contenido alto de ABA contrastando con valores bajos en el contenido de GAs; en este momento, el régimen de lluvias no había disminuido, ocurría el llenado del fruto y en el eje plagiotrópico el crecimiento longitudinal estaba en un mínimo y había un alto grado de ramificación.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen la valiosa colaboración del Centro de Investigaciones en Café (CICAFE), por facilitar los lotes en los cuales se tomaron las muestras foliares y de frutos, y se hicieron las mediciones sobre crecimiento. Asimismo, agradecen al laboratorio del PEVAB de la Escuela de Farmacia, por facilitar instalaciones y equipo para el análisis de muestras.

LITERATURA CITADA

- ALVIM, P.T. 1958. Estímulo de la floración y fructificación del café por aspersiones con ácido giberélico. Turrialba 8:64-72.
- BRENNER, M.L. 1981. Modern methods for plant growth substance analysis. Ann. Rev. Plant Physiol. 32:511-538.
- BRICEÑO J.A.; ARIAS, O.E. 1992. Desarrollo del café (*Coffea arabica*). I. Crecimiento vegetativo y reproductivo de tres cultivares. Agronomía Costarricense 16(1).
- BROWNING, G. 1973. Flower bud dormancy in *Coffea arabica* L. I. Studies of giberellin in flower buds and xylem sap and of abscisic acid in flower buds in relation to dormancy release. J. Hort. Sci. 48:29-41.
- BROWNING, G.; HOAD, G.V.; GASKIN, P. 1970. Identification of abscisic acid in flower buds of *Coffea arabica* L. Planta (Berl.) 94:213-219.
- GOPAL, N.H.; VASUDEVA, H. 1973. Physiological studies on flowering in *Coffea arabica* under South Indian conditions. I. Growth of flower buds and flowering. Turrialba 23:146-153.
- GOPAL, N.H.; RAJU, R.I.; VENKATARAMANAN, D.; JANARDHAN, R.V. 1975a. Physiological studies on flowering in coffee under South Indian conditions. III. Flowering in relation to foliage and wood starch. Turrialba 25:239-242.
- GOPAL, N.H.; VENKATARAMANAN, D.; RAJU, K.I. 1975b. Physiological studies on flowering in coffee under South Indian conditions. II. Changes in water content, growth rate, respiration and carbohydrate metabolism of flower bud during bud enlargement and anthesis. Turrialba 25:29-36.
- GOPAL, N.H.; VENKATARAMANAN, D. y RATHNA, G.N. 1975c. Physiological studies on flowering in coffee under South Indian conditions. IV. Some physical properties and chromatographic assay of a gum-like substance exuded by flower buds. Turrialba 25:410-413.
- GOPAL, N.H.; VENKATARAMANAN, D. 1976. Physiological studies on flowering in coffee under South Indian conditions. V. Growth substance content during flower bud enlargement and anthesis. Turrialba 26:74-79.
- JANARDHAN, K.V.; RAJU, K.I.; GOPAL, N.H. 1977. Physiological studies on flowering in coffee under

- South Indian conditions. VI. Changes in growth rate, indoleacetic acid and carbohydrate metabolism during flower bud development and anthesis. *Turrialba* 27:29-35.
- JONES, R. 1968. Aqueous extraction of gibberellins. *Planta (Berl.)* 81:97-105.
- JONES, R.; VARNER, J. 1967. The bioassay of gibberellins. *Planta (Berl.)* 72:155-161.
- KOZLOWSKI, T.T. 1971. Growth and development of trees. New York, Academic Press. V.1, 443 p.
- LEON J. y FOURNIER, L. 1962. Crecimiento y desarrollo del fruto de *Coffea arabica* L. *Turrialba* 12: 65-74.
- NOGGLE, G.R.; FRITZ, G.J. 1976. Introductory plant physiology. New Jersey, Prentice-Hall Inc. 688 p.
- OGAWA, Y. 1966a. Effects of various factors on the increase of alfa-amilase activity in rice induced by giberellin A3. *Plant and Cell Physiol* 7: 500-517.
- OGAWA, Y. 1966 b. On the effects of plant extracts on the alfa-amilase activity in rice endosperm. *Plant and Cell Physiol.* 7:519-525.
- SANTOS, R.; MAESTRI, M. 1974. Ritmo de crecimiento de tronco de café. *Turrialba* 24: 127-131.
- SUTCLIFFE, J. 1975. Plants and temperature. London, Edward Arnold Publishers, 59 p.
- SWEETSER, P.B.; BATVARS, A. 1976. High-performance liquid chromatographic analysis of abscisic acid in plant extracts. *Analytical Biochem.* 71:68-78.