

Physiological studies on flowering in coffee under South Indian conditions. VIII. Number of flower buds in relation to wood starch of cropping branches*— N. H. GOPAL, K. I. RAJU**

COMPENDIO

Se llevó a cabo un estudio durante marzo de 1976, sobre el número de yemas florales formadas en relación con el índice de almidón de la madera en ramas secundarias y terciarias de plantas de Coffea arabica L. cv 'S.795'. Hubo una correlación positiva altamente significativa (al nivel de 1%) entre el número total de yemas florales y la reserva de carbohidratos (almidón) en las ramas secundarias y las terciarias. El papel de los factores externos e internos distintos a los índices de almidón en la formación y el número de yemas florales se discute a la luz del conocimiento existente sobre la fisiología floral de las plantas de café arábigo.

Introduction

Even though it is well known that flower buds in coffee are initiated when the days are shortest, the complexity and the diverse nature of the development processes involved in the floral phase in coffee plant are not yet clearly understood. In recent years, a great deal of attention has been given to physiological and environmental cues in the studies on floral physiology in coffee (7).

Since the yield of fruits primarily depends on the total number of normal flowers produced on the plants, a series of ecophysiological as well as edaphic investigations on flowering phenomena in coffee were initiated at Central Coffee Research Institute during 1970. The results obtained so far on some aspects of flowering were reported (3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 19). Preliminary investigations on floral process in relation to carbohydrate metabolism in arabica coffee species indicated a significant relationship between the number of flower buds present during March on cropping branches and the wood starch (1,2). Therefore, detailed studies were carried out on this aspect.

Materials and methods

During March 1976, 50 plants of *Coffea arabica* L. cv. 'S.795' (18 year old) growing under natural permanent shade with dadaps (*Erythrina lithosperma*)

as temporary shade at 'M' block of Central Coffee Research Institute, were selected at random. The plants were free from nutritional disorders, pests and diseases. The situation, aspect and typical example of macroclimatological data of the farm area were reported earlier (5, 18). On these plants, 100 each of secondary and tertiary branches (two branches of each type per plant) were randomly collected. The number of flower buds at each node of the branches were counted. The wood of the branches was assessed for starch index by visual scoring technique (12). The results were statistically analysed.

Results and discussion

The data showed a highly significant (1% level) positive correlation between the number of flower buds formed and the starch index of the wood in the secondary as well as tertiary branches (Table 1). The regression equations and curves worked out for the results on these factors are depicted in Fig. 1.

As early as 1937-38, Mayne (14) found a positive correlation between the number of flower buds and the number of leaves on each branch in any one season in arabica coffee cv. 'Kents'. In the present study, the relationship between the total number of flower buds and the starch index of the wood indicated that carbohydrate (starch) reserve in the secondary as well as tertiary wood appears to be one of the factors that play a role in the formation of flower buds and influence their number.

In coffee, it is somewhat difficult at early stages to distinguish visually the initiation of axillary buds

* Received for publication February 15th, 1977

** Plant Physiologist and Senior Research Assistant, respectively, Division of Plant Physiology, Central Coffee Research Institute, Coffee Research Station 577 117, Chikmagalur District, Karnataka, India.

Table 1 Number of flower buds in relation to starch index of the wood in cropping branches of arabica coffee 'S.795' plants (Mean of 100 branches).

Type of branch	No of flower buds	Starch index	Correlation coefficient	Significant at
Secondary	54.6	22.1	0.6141	1%
Tertiary	44.3	16.3	0.8095	1%

into floral buds (inflorescence) as compared to the differentiation and development of different parts in flower buds (5, 15, 21, 22). The role(s) of endogenous growth-regulatory substances on the development of an axillary bud into an inflorescence in arabica coffee have been reported (3,22). However, Rayner (17) and Janardhan *et al.* (11) connected high carbohydrate level with floral initiation. It was observed that from September to December there was a gradual decrease in the starch index of the wood which was associated with the initiation of more number of flower buds(1). This decrease in the starch indices of the wood indicate that carbohydrate reserve (starch) of the wood might have been utilised for the formation of more number of flower buds (11). The role of carbohydrate in the formation of flower buds in perennial woody plants was discussed in detail by Priestley (16).

Under normal South Indian conditions and in the areas influenced with South-West monsoon rains, there is only one floral phase in a year for arabica 'S.795' plants. The flowering process involves a complete alteration of the products of developing meristems including axillary buds. These physiological changes in several endogenous compounds are due to an interaction of the plant with its environment. In arabica 'S.795' plants a detailed account on the eco-physiological fac-

tors which influence the transformation of axillary buds into an inflorescence was given (5). However, the number of inflorescences and the number of flower buds per inflorescence in one leaf axil in arabica coffee vary much, and are influenced by external and internal factors (15, 21, 22, 23).

In coffee plants, apart from the starch indices of the wood, a number of other endogenous factors like growth-regulatory substances, nitrogenous compounds, enzymes, mineral nutrients as well as edaphic and ecological factors do play important role(s) in the formation of flower buds and influence their number (3, 4, 5, 7, 15, 19, 20, 21, 22, 23). This was also true in arabica 'S.795' plants (1,11).

Summary

A study was carried out during March, 1976, on the number of flower buds formed in relation to starch index of wood in secondary and tertiary branches of *Coffea arabica* L. cv 'S.795' plants. There was a highly significant (1% level) positive correlation between the total number of flower buds and the carbohydrate (starch) reserve in secondary as well as tertiary branches. The role(s) of external and internal factors other than starch indices in the formation of flower buds and their number are discussed in the light of existing knowledge on floral physiology in arabica coffee plants.

Acknowledgements

The authors thank Dr. G. I. D'Souza, Director of Research, for encouragement in the present studies. We thank Sri K. V. Janardhan, Senior Research Assistant (resigned), Plant Physiology Division, for his participation in the initial studies of this paper.

Literature cited

1. DELHI, INDIA Twentyfifth Annual Detailed Technical Report, Coffee Board Research Department. 1971-72. pp. 104-145
2. ———— Twentyeighth Annual Detailed Technical Report, Coffee Board Research Department 1974-75. pp 109-139.
3. GOPAL, N. H. Some aspects of hormonal balance in coffee Indian Coffee 38: 168-175. 1974
4. ———— Some physiological factors to be considered for stabilization of arabica coffee production in South India. Indian Coffee 38: 217-221. 1974
5. ———— and VASUDEVA, N. Physiological studies on flowering in arabica coffee under South Indian conditions. 1. Growth of flower buds and flowering Turrialba 23:146-153. 1973.
6. ———— and VENKATARAMANAN, D. Physiological studies on flowering in coffee under South Indian conditions. V. Growth-substance content during flower bud enlargement and anthesis. Turrialba 26: 74-79. 1976.

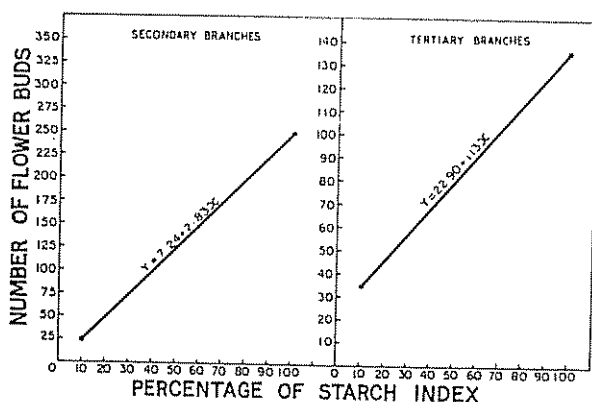


Fig 1 Number of flower buds in relation to wood starch of secondary and tertiary branches of arabica coffee S.795 plant

- 7 GOPAL, N. H. and VISHVESHVARA, S. Flowering of coffee under South Indian conditions. *Indian Coffee* 35:142-143, 154. 1971.
- 8 ———— *et al.* Physiological studies on flowering in coffee under South Indian conditions. II. Changes in water content, growth rate, respiration and carbohydrate metabolism of flower buds during bud enlargement and anthesis. *Turrialba* 25: 29-36. 1975.
- 9 ———— *et al.* Physiological studies on flowering in coffee under South Indian conditions. III. Flowering in relation to foliage and wood starch. *Turrialba* 25: 239-242. 1975.
- 10 ———— *et al.* Physiological studies on flowering in coffee under South Indian conditions. IV. Some physical properties and chromatographic assay of gum-like substance exuded by flower buds. *Turrialba* 25: 410-413. 1975.
- 11 JANARDHAN, K. V. *et al.* Carbohydrate reserves in relation to vegetative growth, flower bud formation and crop levels in arabica coffee. *Indian Coffee* 35: 145-148. 1971.
- 12 ———— *et al.* Starch scoring by visual observation in fresh wood of coffee plants. *Indian Coffee* 35: 219-221. 1971.
- 13 ———— *et al.* 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(1): 29-35. 1977.
- 14 MAYNE, W. W. Annual Report of the Coffee Scientific Officer, 1937-38. Department of Agriculture, Mysore State. The Mysore Coffee Experiment Station Bulletin N° 17. India. 1938. pp 4-8.
- 15 MES, M. G. Studies on the flowering of *Coffea arabica* L. I. The influence of temperature on the initiation and growth of coffee flower buds. *Portugaliae Acta Biologica (A)* 4: 328-341. 1956-57.
- 16 PRIESTLEY, C. A. Carbohydrate resources within the perennial plant. Technical Communication. N° 27, Commonwealth Agricultural Bureaux. Farman Royal Buks. England. 1962. pp. 42-48.
- 17 RAYNER, R. W. Growth and bearing habits of *Coffea arabica* in Kenya and in Southern India. *East African Agricultural Journal* 11: 251-255. 1946.
- 18 VASUDEVA, N. and GOPAL, N. H. Studies on leaf growth V. The life span of coffee leaves in South India. *Indian Coffee* 39: 171-174. 1975.
- 19 ———— Physiological studies on flowering in coffee under South Indian conditions. VII. Changes in iron and copper enzymes and ascorbic acid during flower bud development and anthesis. *Turrialba* 27(4): 355-359. 1977.
- 20 WORMER, T. M. Some physiological problems of coffee cultivation in Kenya. *Cafe (Lima)* 6: 1-27. 1965. Reprinted from Annual Report, Coffee Research Foundation. Kenya. 1965-66. pp 7-19.
- 21 ———— and GITUANJA, J. Floral initiation and flowering of *Coffea arabica* L. in Kenya. *Experimental Agriculture* 6: 157-170. 1970.
- 22 ———— Seasonal patterns of growth and development of arabica coffee in Kenya. Part II. Flower initiation and differentiation in coffee East of the Rift Valley. *Kenya Coffee* 35: 270-277. 1970.
- 23 WENT, F. W. Responses of trees and shrubs. In *The experimental control of plant growth*. Waltham, Mass. *Chronica Botanica* 1957. pp 164-168.

Notas y Comentarios

Prueba de feromonas en gran escala

Una prueba de campo en gran escala, con una duración de tres años, se llevará a cabo en Egipto para controlar una oruga dañina a los cultivos egipcios mediante el uso de las propias hormonas sexuales del insecto, las feromonas. El proyecto fue dado a conocer en una reunión anual (setiembre 1978) de la Asociación Británica para el Avance de la Ciencia y es fruto de un acuerdo entre el Ministerio de Desarrollo de Ultramar del Reino Unido y el Ministerio de Agricultura de Egipto, con la colaboración de la Universidad de El Cairo. La Dra. Peggy Ellis describió el potencial de estas feromonas y subrayó que debido a que son específicas a una especie, *Spodoptera littoralis*, no pueden causar daño a otros insectos benéficos en el campo, que es la gran ventaja de las feromonas sobre los insecticidas convencionales.

El plan es colocar trampas especialmente diseñadas que contengan feromonas y colocarlas estratégicamente en campos de algodón y alfalfa situados en un lugar de 400 hectáreas en un oasis al oeste de El Cairo. Estas atraerán y matarán los insectos, ya sea asperjando con un virus, tam-

bién específico a esta especie, o dejando simplemente que los insectos atrapados se sequen. El equipo inglés espera eventualmente establecer medios biológicos para combatir esta plaga que es común en la zona del Mediterráneo y causa muchos daños al atacar al algodón y hortalizas.

Las autoridades egipcias están muy preocupadas por el problema de la resistencia de *Spodoptera* a los insecticidas comunes como el DDT, que está limitando la eficacia del control químico de la plaga. También prevén que habrá un momento en que estos productos, derivados de combustibles fósiles, se hagan demasiado caros para el pequeño agricultor.

Pruebas efectuadas durante los tres últimos años en Creta por el Centre for Overseas Pest Research, al cual pertenece también el contingente británico en Egipto, han mostrado que las feromonas en trampas sencillas atraen y matan grandes cantidades de insectos. La trampa que mejor resultados dio cuesta solamente un dólar hacerla. Consiste en un túnel largo que conduce a un frasco cuadrado de plástico o a una bolsa. Mil de estos recipientes de plástico se han entregado para que los egipcios hagan sus propias trampas.

Notas y Comentarios

El origen de la sangre caliente de los mamíferos

Cuando los mamíferos arribaron por primera vez a la escena evolucionaria hace 180 millones de años, los reptiles del Jurásico dominaban completamente tierra, aire y mar, dejando poco espacio ecológico para los peludos recién llegados. El único territorio que los reptiles no eran capaces de invadir era el territorio de la noche. Al caer la temperatura en el crepúsculo, el reptil de sangre fría se vuelve lento y quieto, dejando el campo completamente libre para la primera criatura que desarrollase los medios para estar caliente y permanecer activo.

Tal fue el nicho al que A. W. Crompton y sus colegas del Museo de Zoología Comparativa de Harvard creen que los primeros mamíferos se arrastraron. Y en una pieza de imaginativa deducción estrechamente razonada, ellos han intentado reconstruir los pasos mediante los cuales estos mamíferos encontraron su camino dentro del nicho nocturnal, y los pasos posteriores mediante los cuales sus sucesores encontraron nuevamente la salida del nicho (*Nature*, vol. 272, p. 333).

Los esqueletos de los mamíferos más antiguos fueron pequeños, y se parecían más a los insectívoros vivientes. Pero la diferencia crucial entre los antiguos mamíferos y los más avanzados de los reptiles pequeños contemporáneos estriba en la cavidad craneana: el tamaño del cerebro en relación con el cuerpo es cuatro o cinco veces más grande en los mamíferos que en los reptiles, según Jenkis y Parrington (*Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, B vol. 273, p. 387).

Hasta donde se puede decir, el incremento en el tamaño del cerebro fue mayormente debido a la expansión de las partes que se ocupan de los sentidos del oído y de la vista, claramente una adaptación vital al nicho nocturnal, y una fuerte evidencia de los hábitos nocturnos de aquellos animales. Si aceptamos que eran nocturnos ¿cómo hicieron el enorme e importante salto de un metabolismo de sangre fría a uno de sangre caliente?

Crompton y sus colegas sugieren que los insectívoros primitivos vencieron estos problemas haciendo la transición en dos etapas. Proponen que la temperatura del cuerpo de los primeros animales de sangre caliente era en realidad más bien tibia, unos 10°C más bajo que la de 30-40°C de la mayoría de los mamíferos modernos.

Una ventaja sustancial de esta temperatura relativamente modesta del cuerpo es que su costo de energía es dramáticamente más pequeña que el costo de mantener una temperatura de 40°C. Porque esos últimos 10°C doblan o triplican el costo de la energía para mantenerse caliente. Y un mamífero recién evolucionado que competía, para subsistir, con una multitud de reptiles altamente evolucionados, tenía que conservar toda la energía que pudiese.

Ciertamente, algunos mamíferos parecen haber retenido esa política frugal hasta hoy día. Muchos insectívoros modernos tienen temperaturas del cuerpo relativamente bajas; y algunos, por ejemplo, el erizo común, parecen haber retenido tasas metabólicas de reposo bajas, más parecidas a las de un reptil moderno que en los de un mamífero moderno, según lo muestran Shkolnik y Schmidt-Nielsen (*Physiological Zoology*, vol. 49, p. 56).

Tales criaturas, metabólicamente reptiles, cree el grupo de Harvard, pueden ser los descendientes directos del pequeño grupo de mamíferos insectívoros que se mantuvieron en un rincón del reino reptil, evolucionando lentamente por unas decenas de millones de años hasta la expansión explosiva del dominio mamífero en el Paleoceno.

Porque en el Cretáceo, cuando los reptiles se derrumbaron y se extinguieron, había solamente unas 14 familias de mamíferos. Pero en el Paleoceno, menos de 60 millones de años más tarde, había ya 40 familias. Con la desaparición de la competencia reptiliana, los mamíferos pudieron emerger a la luz del día. Y fue en este momento, cree Crompton, que ocurrió la segunda etapa en la evolución de la homeotermia.

¿Qué fue, entonces, lo que elevó la temperatura corporal de los mamíferos en los 10°C últimos y costosos? Simplemente esto. Expuestos al pleno calor del sol, un mamífero pequeño sería incapaz de mantener una temperatura tan baja como 28°C. Para permanecer fresco mediante la evaporación del sudor, un animal pequeño tendría que emplear casi todo su tiempo bebiendo para no morir deshidratado. La alternativa era elevar la temperatura normal del cuerpo tan alto como fuese posible, y adaptar el metabolismo y la bioquímica de los músculos a esta nueva temperatura.

Gemelos para aumentar la producción de carne

Investigadores de Cambridge, Inglaterra, han desarrollado un método garantizado para aumentar la producción de carne. Consiste en transplantar huevos vivos (oocitos) de vacas muertas a vacas sanas y fertilizarlas para que se desarrollen en embriones y nazcan como terneros sanos. De igual manera, una célula extra puede ser introducida en una vaca preñada y asegurarse de tener gemelos en cada parto, duplicando así la producción de carne de un solo golpe (*New Scientist* 24 agosto 1978, p. 558).

Conforme el Departamento de Fisiología Animal, que ha desarrollado la técnica, los oocitos pueden ser transferidos del animal en cualquier momento durante su etapa de maduración. Experimentos previos habían sólo podido transferir las células a un cierto nivel de madurez. El método nuevo no ha tenido éxito antes en animales grandes, aunque científicos franceses han tenido éxito con conejos.

Los experimentos de Cambridge fueron realmente hechos en borregas. Sin embargo, debido a su potencial para la producción de carne, se espera que el método sea aplicado principalmente en vacunos.

El método de Cambridge se caracteriza por transferir un huevo de otro animal. La técnica puede permitir la fertilización de huevos de animales de pedigríe que están muy viejos para tener una gestación.

En los experimentos, folículos, o secciones de ovarios con oocitos, son tomados de animales recién beneficiados, y se mantienen vivos por refrigeración, para su transporte hasta el laboratorio. Los folículos son tratados con hormonas en cultivo de tejidos con el objeto de que las células maduren, o sea el mismo proceso que hubiesen sufrido en los ovarios. Dentro de unas 24 horas están ya listas para la fertilización. Los oocitos maduros se transfieren entonces, con una pipeta, dentro de los oviductos de las borregas que han sido servidas recientemente y en donde, por lo tanto, habrá presente esperma fértil.

El método podría ser usado para clonaje, al extraer el propio núcleo de los oocitos y reemplazarlo con núcleos de células del cuerpo de algún otro animal que el genetista desee multiplicar. Después de esto, los oocitos con el núcleo cambiado podrían ser colocados en hembras apropiadas y desarrollarse normalmente, sin fertilización. Pero esto está todavía en un distante futuro.

El método desarrollado para asegurar que los oocitos se desarrollan normalmente puede tener otras aplicaciones importantes. La clave es la manera como los oocitos en los folículos son estimulados a madurar normalmente en preparación para su fertilización. Los folículos se colocan en una malla de acero inoxidable, rodeados por un medio de cultivo especial, al cual se han agregado varias hormonas producidas por el cuerpo del animal. El próximo paso, que se está estudiando en Cambridge, será hacer posible almacenar los oocitos indefinidamente en nitrógeno líquido.