

GENÉTICA DE *COFFEA*. XXV — LIGAÇÃO GENÉTICA DOS FATORES *ANORMALIS* E *ANOMALA* (*). ALCIDES CARVALHO. O cafeeiro *Anormalis* (*Coffea arabica* L. var. *anormalis* KMC) (1) caracteriza-se por apresentar porte pouco maior do que o da variedade *typica* (*C. arabica* L. var. *typica* Cramer), ramificação densa e anormal, internódios variáveis em comprimento e fôlhas extremamente anormais, largas, freqüentemente subdivididas, às vêzes quase palmadas, com dois ou mais ápices, ou alongadas e de tamanho muito variável (fig. 1-B). O seu número varia por verticilo,



FIGURA 1. — *A* — ramos com fôlhas características do café *Anômala*; *B* — ramos do café *Anormalis*.

com freqüência ocorrendo apenas uma fôlha grande de um lado da haste; outras vêzes duas aí se inserem. Em alguns ramos se encontram três e até quatro fôlhas por verticilo. As flôres são irregulares e menores e se dispõem anormalmente na axila das fôlhas. O número de lobos na corola varia de três a seis; alguns são soldados até a extremidade su-

(*) Trabalho apresentado ao Primeiro Simpósio Sulamericano de Genética, realizado em S. Paulo, de 8 a 11 de março de 1960.

Recebido para publicação em 23 de junho de 1960.

perior, tomando formas diversas. Os estames são variáveis em número e forma; o estilo às vezes é bem desenvolvido, outras vezes, atrofiado, e os lobos estigmáticos, além de anormais, são de um a quatro. A produção de frutos é razoável e estes são de cor vermelho-escuro, com disco grande. As sementes do tipo chato exibem superfície meio irregular. Há elevada quantidade de sementes do tipo concha (35,7%). O cafeeiro Anormalis foi encontrado em Campinas, na segunda geração, obtida por autofecundação de uma planta *typica*, o que faz supor ter-se originado por mutação (1). As análises genéticas indicaram que seus característicos, em relação aos da var. *typica*, são controlados por um par de fatores genéticos (**Am Am**) com dominância incompleta em F₁ (2,3).

O cafeeiro Anomala (*Coffea arabica* L. var. *anomala* KMC) (4) alcança altura de até 2,5 m; seus ramos laterais são abundantes, muito subdivididos, internódios às vezes bem curtos, mostrando leves indícios de fasciação. A planta tem um aspecto compacto e é de forma irregular. As folhas são menores do que as da variedade *typica* e, comparadas com as do Anormalis, mostram-se mais estreitas e alongadas. No geral são em número de duas por verticilo, porém às vezes ocorre uma semente ou três a quatro, como se se tratasse de fasciação. A conformação é muito anormal. Quando adultas, não raramente são reduzidas a simples filamentos, de bordos recortados e irregulares, outras vezes mais largas, bipartidas, ou com formas diversas (fig. 1-A). Os botões e as flores são em número reduzido, muito anormais, não chegando a se desenvolver em alguns anos. As flores, bem menores, no geral têm cinco lobos, havendo variações de quatro a seis. Os lobos por vezes mostram ápice anormal ou bifido. Em algumas flores o estilo é longo e mais grosso e os lobos do estigma são anormais. O número de estames é igual ao número de lobos na corola; as anteras variam em tamanho e conformação. Os frutos formados são em pequeno número, de forma mais esférica e com disco pouco maior. É freqüente o desenvolvimento de mais de um óvulo por loja, o que resulta na formação de sementes concha, cuja quantidade é variável de um ano a outro, com índice de até 40%, em relação ao número total de sementes produzidas. Os característicos do Anomala são con-

(1) KRUG, C. A., MENDES, J. E. T. & CARVALHO, A. Taxonomia de *Coffea arabica* L. var. *anormalis*. *Bragantia* 10:[335]-343. 1950.

(2) CARVALHO, A. Advances in coffee production technology. Recent advances in our knowledge of coffee tree. 2 — Genetics. *Coffee & Tea Ind. Flav. Field* 81:30-36. 1958.

(3) KRUG, C. A. & CARVALHO, A. The genetics of *Coffea*. *Adv. Gen.* 4:127-158. 1951.

(4) KRUG, C. A. & CARVALHO, A. Genética de *Coffea*. VII — Hereditariedade dos caracteres de *C. arabica* L. var. *anomala* K. M. O. *Bragantia* 5:[781]-792. 1945.

trolados por um par de fatores genéticos (**an an**), quase totalmente recessivos em relação à var. *typica* (**An An**). Às vezes, algumas folhas das plantas heterozigotas (**An an**) mostram ápice irregular, permitindo que sejam assim reconhecidas.

A fim de estudar a manifestação conjunta de ambos os fatores e determinar se são independentes ou não, foram realizadas, em anos diferentes, duas hibridações entre o cafeeiro *Anormalis* de numeração 15-21-21-54 (**Am Am An An**) e o cafeeiro *Anomala* n.º 19 (**am am an an**), ambos da Seção de Genética. Os 22 híbridos F₁ obtidos (H 1591 e H 3297) dificilmente puderam ser separados, em viveiro, das plantas heterozigotas apenas para o fator *anormalis* (**Am am An An**). Estes híbridos, não raras vezes, parecem apresentar folhas um pouco menores e mais irregulares, indicando uma certa interação dos fatores *anormalis* e *anomala*. Realizaram-se a seguir cruzamentos do cafeeiro H 1591-1 (**Am am An an**) com a planta homozigota para *anormalis* (**Am Am An An**) 15-21-21-54 (H 2500), obtendo-se 97 plantas, das quais 49 apresentaram aspecto de *anormalis* puro (**Am Am**), e 47 foram classificadas como heterozigotas (**Am am**), não havendo possibilidade de melhor separação das classes esperadas. A hibridação da mesma planta H 1591-1 com o cafeeiro *anomala* homozigoto n.º 19 (H 2502) resultou em 44 plantas que foram agrupadas em 23 heterozigotas para *anormalis* (**Am am An an**), 19 que se classificaram duvidosamente em *anomala* (**am am an an** ou **Am am an an**), e apenas duas heterozigotas para *anomala* (**am am An an**). Por estes resultados pode-se notar que as classes têm frequências diferentes das esperadas na base de independência dos dois fatores, sendo muito reduzida a classe de plantas **am am An an**. Em vista de o cafeeiro *anomala* produzir poucas flôres, iniciou-se uma série maior de hibridações entre as plantas heterozigotas para os dois fatores e cafeeiros normais (**am am An An**), das variedades *typica* (cafeeiros n.º 12-1-18-3-1, 12-1-18-6, 1184, 1185, 1215 e 1216) ou *bourbon* (*C. arabica* L. var. *bourbon* (B. Rodr.) Choussy) n.º 662 e 837. Os resultados obtidos acham-se no quadro 1. Vê-se pelos resultados aí apresentados que as relações não se aproximaram das esperadas na base de independência dos fatores. Recorrendo-se à hipótese de ligação entre os fatores, nota-se que há um excesso de plantas heterozigotas para *anormalis* (**Am An/am An**) e menor número no grupo heterozigoto para *anormalis* e *anomala* (**Am an/am An**). Realmente é muito difícil efetuar a classificação das plantas heterozigotas para os dois fatores o que resulta, deste modo, em

QUADRO 1 — Número de cafeeiros obtidos nas várias classes em que se classificam os cafeeiros heterozigotos (**Am am An an**) cruzados com plantas (**am am An An**)

Híbridos		Plantas	Plantas nas classes			
			Am An	am an	Am an	am An
			am An	am An	am An	am An
		n.º	n.º	n.º	n.º	n.º
H 3277	12-1-18-3-1 × H 1591-1	82	40	26	9	7
H 3287	12-1-18-6 × H 1591-1	52	19	23	6	4
II 3351	662 × H 1591-3	71	31	26	9	5
H 3252	662 × H 1591-4	23	7	9	2	5
H 3378	837 × H 1591-1	44	17	20	4	3
H 3379	837 × II 1591-3	25	14	5	3	3
II 3457	1184 × H 1591-1	51	24	21	1	5
H 3458	1185 × H 1591-1	116	53	49	1	13
H 3459	1215 × H 1591-1	40	27	11	0	2
H 3460	1216 × H 1591-1	112	50	49	0	13
H 3501	12-1-18-3-1 × II 1591-1	21	10	7	0	4
Total		637	292	246	35	64

possíveis enganos. Por outro lado as dificuldades se avolumam ao proceder-se à separação, no viveiro, das plantas normais (**am An/am An**), daquelas heterozigotas para anomala (**am an/am An**), devendo-se lançar mão da classificação baseada nas plantas que apresentam alguns pares de fôlhas, ou fôlhas isoladas, que na forma heterozigota mostram ápice caracteristicamente anormal. O cálculo de ligação torna-se pouco preciso, pois algumas plantas indicadas no quadro 1 como normais (**am am An An**), poderiam ser heterozigotas (**am am An an**). Pelos resultados do quadro 1, o valor das recombinações seria de 15,54, porém dando freqüência igual a 64 para as duas classes de recombinações, o valor passaria a ser de 20,09. Os dados obtidos do retrocruzamento com a planta duplamente recessiva (**am am an an**) são pouco numerosos e dão um valor teórico de 9,3% para as recombinações. Em vista da dificuldade de classificação, o valor de recombinação poderá ser tomado entre 10 e 20%.

De todos os fatores conhecidos em *C. arabica* (2,3) tanto o *anormalis* como o *anomala* são os que dão fenótipos mais semelhantes entre si e que apresentam maior efeito pleiotrópico, afetando, como se mencionou, tôdas as partes da planta, porém particularmente a forma das fôlhas, o que dificulta consideravelmente o agrupamento das várias classes, no viveiro. Os resultados da análise dos demais fatores genéticos em estudo têm dado indicações de que segregam independentemente, constituindo o *anormalis* e o *anomala* o primeiro exemplo de fatores ligados em *Coffea arabica*.

GENETICS OF *COFFEA*. XXV — LINKAGE OF THE *ANORMALIS* AND *ANOMALA* FACTORS IN *COFFEA ARABICA*

SUMMARY

The *anormalis* factor (**Am Am**) of *Coffea arabica* controls the size of the plant, its branching habit and its leaves, flowers, fruits and seeds. The internodes of the branches are shorter than those in the *typica* variety, taken as a standard. The leaves are extremely abnormal, often almost palmate and of various sizes. The corolla has a variable number of lobes, the stamens are almost normal, but the style and stigma are very reduced and misshaped. The number of flowers and fruits is normal. The seeds have a slightly corrugated surface. A rather high percentage of locules contain more than one ovule. The *anormalis* shows incomplete dominance in F_1 .

The *anomala* mutant also controls the plant growth, its type of branching, the shape and size of the leaves, and the morphology of flowers, fruits and seeds. The number of flowers and fruits is very low and the occurrence of locules with more than one seed is, however, very high in some years. The *anomala* is recessive (**an an**), the F_1 being almost normal, with the exception that, occasionally, a pair of leaves develops with slightly misshaped apex.

The F_1 hybrids of *anormalis* and *anomala* are like *anormalis* heterozygotes; sometimes they have smaller and more irregular leaves, indicating a certain interaction of both factors. Backcrosses with *typica* or *bourbon* plants with the genotype **am am An An**, gave an indication (Table 1) of linkage of the two factors involved, with a recombination value of about 15%. Due to difficulties in the separation of the classes **Am An/am An** from **Am an/am An** this recombination value is not precise and can be anywhere between 10 and to 20%. Backcrosses with the double recessive type are difficult to obtain, due to the small number of flowers that it produces.

It is to be noted that the *anormalis* and *anomala* genes, producing rather similar phenotypes and having a very intensive pleiotropic effect, are, up to now, the only factors to give indication of linkage in *Coffea arabica*.