

VARIAÇÕES SOMÁTICAS EM COFFEA ARABICA L. (*)

C. A. KRUG

Chefe da Secção de Genetica
Instituto Agronomico do Estado, Campinas

Introduccão :

Variações somaticas ("Bud variations, Bud sports, somatic variation ; Knospen—, Spross—, somatische, vegetative Mutationen") são phenomenos que se observam em grande numero de especies. Define-se a variação somatica como sendo uma modificação brusca do genotypo de uma ou mais cellulas de tecido em crescimento, tendo em consequencia o apparecimento, numa parte do soma, de um novo caracteristico hereditario (Plate 1932). São duas as principaes causas desta forma de variações:

Mutação de um gen ou de diversos gens de uma cellula somatica ("Gen mutation").

Anomalias do mecanismo chromosomico de uma cellula somatica.

Sem duvida a primeira classe é a mais frequente das duas, tendo sido constatada em muitas especies cultivadas (Citrus, Solanum, Pirus, Coleus, etc.). Em recente artigo, SHAMEL e POMEROY (1936) apresentam uma revisão geral sobre as mutações somaticas encontradas principalmente em plantas hortícolas. A modificação brusca da estrutura de um gen numa cellula somatica pode affectar a expressão de um ou mais ca-

(*) — Publicação autorizada pelo Director Superintendente — Bol. Technico N. 20.

racteres, tanto morphologicos como physiologicos (forma e tamanho das folhas e fructos, precocidade, productividade, fertilidade, etc.)

As variações somaticas causadas por anomalias chromosomicas parecem menos frequentes ; originam-se geralmente por mudanças no numero de chromosomios. Estas mudanças apparecem *in natura* e tambem têm sido produzidas por meios artificiaes (Raios X, agentes chimicos, etc.). Ellas se caracterizam na grande maioria das vezes pela duplicação do numero primitivo de chromosomios ; formam-se desta maneira tecidos de cellulas com $4n$ chromosomios.

A "Segregação somatica" tambem tem sido apontada por alguns autores como causa de mutações somaticas ; recentemente STERN (1936) publicou um extenso trabalho sobre este assumpto executado na *Drosophila*. A "segregação somatica" significa uma supposta anomalia chromosomica que consta da separação (segregação), durante a mitose somatica, de dois chromosomios homologos, indo cada um, longitudinalmente bipartido, para uma cellula filha ; constituem-se deste modo duas cellulas differentes do resto do soma, differentes sob o ponto de vista chromosomico e, portanto, genetico, si o individuo for heterozygoto com relação a um, ou diversos factores localizados nos chromosomios em questão ; é facil comprehender que só neste caso esta anomalia produzirá um effeito visivel. O facto de que, em alguns casos, individuos heterozygotos apresentam o phenomeno da mutação somatica com maior frequencia do que os homozygotos, tem sido apontado por alguns autores como favorecendo a hypothese da occorrenca desta anomalia chromosomica.

Entretanto, podem ainda ser outras as causas de variações somaticas ; assim, STERN, no mesmo trabalho acima referido, no qual publica o resultado dos seus estudos sobre mutações somaticas na *Drosophila melanogaster*, chegou á conclusão de que estas tambem podem ser produzidas pelo "crossing-over" entre chromosomios homologos durante a mitose somatica.

MULLER e PROKOFYEVA (1935), baseados nos seus estudos cytogeneticos em *Drosophila*, adeantaram recentemente a

hypothese de que, possivelmente, muitas suppostas mutações de gens são uma consequencia directa de anomalias chromosomicas (inversões, translocações de pequenos segmentos chromosomicos, etc.)

* * *

A literatura sobre mutações somaticas em Coffea é bastante escassa; CRAMER (1913) cita o apparecimento de um galho com os caracteres da variedade *Bullata* num cafeeiro C. arabica typica; CHEVALIER (1929) affirma serem frequentes as variações somaticas em cafeeiros, deixando, porém, de descrevel-as.

* * *

Percorrendo, em companhia do nosso collega J. E. T. Mendes, um grande numero de fazendas de café nas diversas zonas do Estado de São Paulo, com o fim de estudar a variabilidade da especie Coffea arabica e collectar material para o nosso projecto de melhoramento do cafeeiro, deparamos com diversos casos de mutações somaticas. A seguir, descreveremos algumas das mais interessantes.

1) -- Mutações de gens:

Como veremos, as variações somaticas causadas por mutações de gens se caracterizam particularmente por mudanças na forma e tamanho das folhas, ás vezes acompanhadas por variações na morphologia das flores, e pelo apparecimento de casos de esterilidade.

a) — Local : Estação Experimental Central do Instituto Agronomico de Campinas.

No talhão n.º 3 desta Estação Experimental encontramos um cafeeiro Nacional (C. arabica typica) que apresenta na parte superior os caracteres normaes da variedade, possuindo, porém, na parte inferior um ramo muito subdividido com folhas bem menores e crespas; os internodios destes ramos secundarios são extremamente curtos; as flores são muito menores do que as de C. arabica typica, tendo a sua corolla apenas 4 lobos; estas flores são muito escassas, sendo rara a formação de sementes.

b) — *Local: Fazenda Santa Lydia, Ribeirão Preto.*

Nesta fazenda encontramos dois cafeeiros, um da variedade "Bourbon" e outro "Nacional", que apresentam mutações semelhantes áquella descripta no capitulo anterior; as folhas são egualmente bem menores, variando apenas na sua forma e textura. Até ao presente não verificamos a presença de flores nestes ramos mutados existindo a possibilidade de serem completamente estereis.

c) — *Local: Fazenda Palmeiras, Luiz Pinto, E. F. S.*

Na Fig. 1 illustramos ainda um outro caso de mutação somatica, tambem caracterizado pelo apparecimento de um ramo com folhas pequenas e internodios extremamente curtos; nesta figura nota-se que a tendencia de ramificar é bem mais evidente na parte mutada.

d) — *Local: Fazenda Jacutinga, Pompeia, C. P.*

Nesta propriedade agricola deparamos com dois casos de mutação somatica muito raros em cafeeiros e que se caracterizavam pela *variegação* das folhas. Na Fig. 2 demonstramos graphicamente a posição dos dois galhos mutados. A variegação consiste no apparecimento, nas folhas, de areas irregulares, mas bem destacadas, desprovidas de chlorophylla.

A literatura genetica abrange uma série de artigos sobre as diversas formas de hereditariedade de semelhantes anomalias chlorophyllianas, até ao presente, encontradas em outras especies vegetaes. Em alguns casos trata-se de anomalias causadas por molestias de virus que são então facilmente transmittidas ás plantas sadias pela technica commum de infecção artificial; outras vezes as variegações (não infecciosas) são transmittidas pelas sementes, porém somente da mãe aos seus descendentes (Hereditariedade cytoplasmatica), sendo que o pollen não as transmite; trata-se aqui da transmissão directa, da mãe aos filhos, de plastideos anormaes (ou pro-plastideos) existentes no cytoplasma contido no sacco embryonario. Observam-se, no emtanto, tambem casos em que a variegação é controlada por factores geneticos, havendo segregação normal desta anomalia em progenies de individuos heterozygotos. Constatou-se

ainda, em certas especies, ser a variegação causada por gens facilmente mutaveis (mutable genes). Por emquanto nada de definitivo podemos adeantar sobre a hereditariedade da variegação por nós encontrada no cafeeiro.

e) — *Instabilidade do par de gens Na-na.*

Em trabalho por nós apresentado ao 1.º Congresso Brasileiro de Agronomia, já tivemos a opportunidade de divulgar alguns dados preliminares sobre a genetica de Coffea arabica. Entre os caracteres em estudos salientam se aquelles da variedade "Murta"; verificou-se serem os cafeeiros desta variedade heterozygotos para um par de factores principaes (Na na), dando em suas progenies: 1 NaNa (*Bourbon*): 2 Nana (*Murta*): 1 nana (*aná*). Verificou-se, ao decorrer das pesquisas, serem os factores Na na somaticamente bastante instaveis, mutando frequentemente da forma dominante á recessiva e inversamente, da recessiva á dominante. Quatro individuos estão actualmente em observação, os quaes apresentam as seguintes mutações somaticas:

N.º do cafeeiro

134 — 1 } 2 plantas *aná*s (nana) cada uma com um ramo *Murta* (Nana)
21 — 201 }

R. P. 325 Planta *Bourbon* (NaNa) com um ramo *Murta* (Nana) (1)

R. P. 206 Planta *Murta* (Nana) com um ramo *Bourbon* (NaNa). (2)

Interessante é verificar-se que em todos estes casos apenas um membro do par de factores mutou respectivamente para o seu allelomorpho dominante ou recessivo.

* * *

Com excepção feita aos dois ultimos casos relatados, nos quaes a natureza da variação é facilmente reconhecida, torna-se necessario provar si de facto parte do tecido somatico do individuo em observação é geneticamente differente. Temos tido

(1) e (2) — Mutações encontradas por Tullio R. Rocha.

diversas ocasiões de constatar modificações da forma e tamanho das folhas em certos galhos de cafeeiros, modificações estas que são apenas consequencia da acção de factores physiologicos. Para provar a natureza genetica da variação em apreço, temos lançado mão da enxertia; enxertos de galhos mudados das variações somaticas acima descriptas têm sempre conservado os caracteres essenciaes da respectiva mutação somatica.

2) — Variações chromosomicas.

Das modalidades de variações chromosomicas descriptas na introducção deste artigo, só constataram-se, até ao presente, mudanças do numero de chromosomios. Em artigo no prélo (*Terceira Contribuição á Cytologia de Coffea*) publicaremos os pormenores sobre estas occurrencias, sendo que aqui apenas citaremos os principaes factos observados. E' sabido que a grande maioria dos representantes de *C. arabica* possui $2n=44$ chromosomios, (KRUG — 1934); recentemente, porém, encontramos duas formas polyploides de, respectivamente, 66 e 88 chromosomios, que são os representantes da variedade *Bullata* CRAMER (KRUG — 1936). As folhas desta variedade são largas, de base obtusa e de textura coriacea; as flores são geralmente menores com os lobos da corolla mais grossos e obtusos; os fructos são mais arredondados, possuindo um disco bem mais pronunciado; elles são quasi sempre chôchos, sendo rara a formação de sementes normaes.

Presentemente temos cerca de 25 cafeeiros *Bullata* em observação; os hexaploides são todos somaticamente estaveis, já não acontecendo o mesmo com os Octoploides, cinco destes cafeeiros apresentam variações somaticas causadas por uma duplicação ou por uma reducção somatica do numero de chromosomios. Na Fig. 3 apresentamos dois ramos, sendo o inferior de *C. arabica typica* e o superior da var. *Bullata*, ambos tirados do mesmo individuo; nas Figs. 4, 5 e 6 mostramos schematizada a distribuição dos ramos com constituição chromosomica respectivamente octo — e tetraploide. A duplicação somatica do numero de chromosomios já tem sido observada em

muitas especies (Solanum, Crepis, Datura, Primula, Manihot, etc.); suppõe-se que ella se origine pelo facto de dois nucleos telophasicos de uma cellula em divisão não serem separados por uma membrana cellula intermediaria, como normalmente acontece; forma se assim uma cellula com dois nucleos, que se fundem na proxima mitose, originando-se uma cellula com o dobro do numero de chromosomios. Uma cellula assim modificada, quando convenientemente localizada numa gemma vegetativa, pode então dar origem a um ramo cujas cellulas têm todas o dobro do numero de chromosomios. O inverso, a reduçção chromosomica em tecido somatico, é extremamente raro; parece-nos que apenas NEMEC (1926) faz referencia a este phenomeno em um dos seus trabalhos, procurando explical-o pela divisão multipolar de um nucleo. Em dois cafeeiros "Bullata", em observação, se processou esta reduçção somatica, que, devido ao aspecto e fertilidade normaes dos galhos mutados, (identicos aos de *C. arabica typica*) deve ter sido tanto quanti — como qualitativamente uniforme; nesta reduçção chromatica vegetativa, exactamente a metade de cada grupo de chromosomios homologos deve ter ido a cada um dos polos; si a distribuiçção dos 88 chromosomios em dois grupos numericamente eguaes tivesse se effectuado sem a regularidade qualitativa acima apontada, os caracteres dos ramos mutados seriam anormaes, e as suas flores por certo não seriam normalmente ferteis. Trata-se, pois, de um phenomeno cytologico cujo mecanismo ainda é completamente desconhecido.

RESUMO :

No presente artigo, após uma introducçção geral sobre mutaçções somaticas e suas causas, o autor descreve diversas destas variaçções observadas em cafeeiros. Trata-se, de preferencia, de mutaçções de gens acarretando modificaçções na forma e tamanho das folhas, ás vezes tambem se reflectindo sobre a morphologia da flor. Foram observados dois casos de ramos com folhas variegadas em cafeeiros normaes. A seguir, discute-se a instabilidade somatica do par de gens *Na-na* (Bourbon — Murta — anão) tendo-se constatado mudançças tanto da forma dominante á recessiva, como tambem da recessiva á dominante.

Variações somáticas causadas por mudanças do numero de chromosomios tambem foram observadas em diversos individuos ; trata-se de casos de duplicação e de redução chromosomicas vegetativas (Nacional), tetraploide, á Bullatta, Octoploide, e, inversamente, Bullata á Nacional.

Abstract

Several instances of somatic variations in *Coffea arabica* are described ; most of them are gene mutations ; the mutant branches are characterised by much smaller leaves and more intensified secondary branching, the internodes being generally much shorter. In one instance the morphology of the flower was also different on the mutant branch, the corolla having only four lobes. Two cases of variegations occurred as somatic mutations. The somatic instability of one known pair of genes (Nana) is discussed, several cases having been observed in which the mutation occurred in both directions, i. e. from dominant to recessive and from the recessive to the dominant condition ; in all cases only one gene of the pair mutated ; this is easily proved, as the heterozygote shows incomplete dominance. A few cases of chromosome duplications were observed, a normal tetraploid plant producing octoploid Bullata branches ; in two individuals a vegetative reduction to half the chromosome number (Octoploid to Tetraploid) occurred ; nothing is known yet to explain the cytological causes of this abnormal behaviour of the chromosomes.

BIBLIOGRAPHIA

CHEVALIER, A. : Les Caféiers du globe. Paris, 1929.

CRAMER, P. J. S. : Gegevens over de variabiliteit van de in Nederlandsch-Indie Verbouwde Koffiesoorten, Batavia, 1913.

KRUG, C. A. : Contribuição para o estudo da Cytologia do Genero *Coffea*. Boletim Technico N.º 11 do Instituto Agronomico, 1934.

KRUG, C. A. : Estudos cytologicos em *Coffea* II. Boletim Technico N.º 22 do Instituto Agronomico, 1936.



Fig. 1



Fig 2

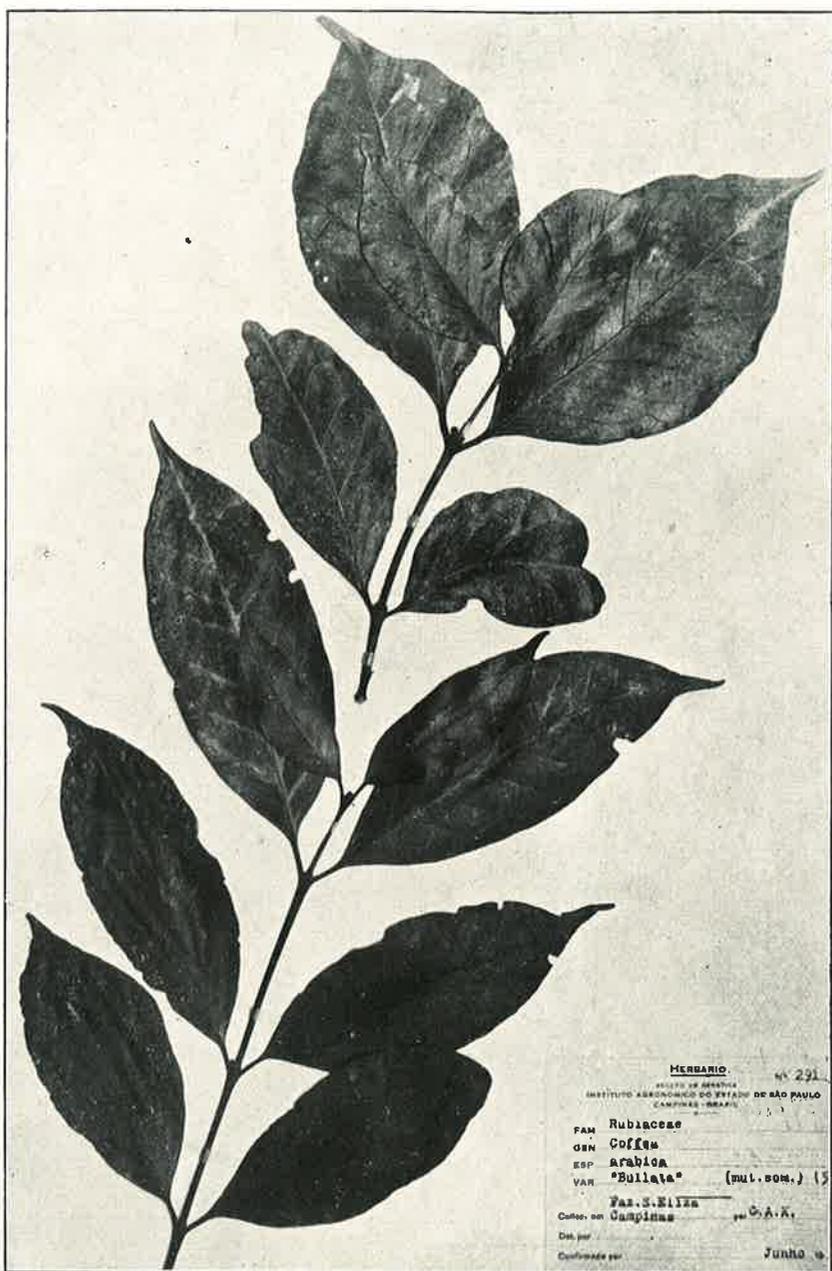


Fig. 3

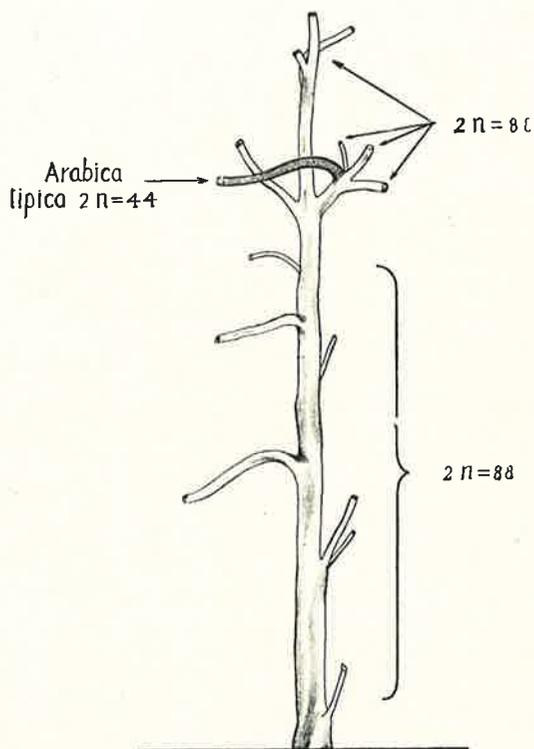


Fig 4

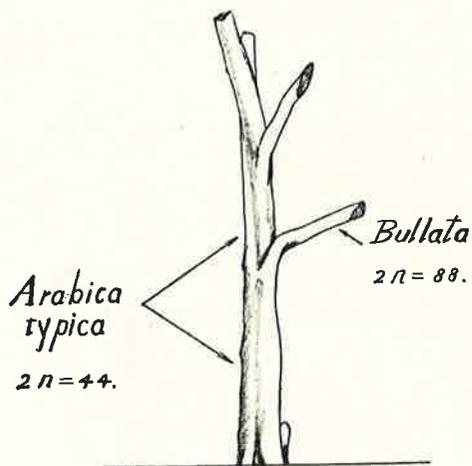


Fig 5.

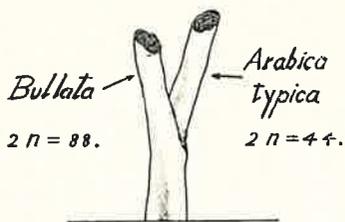


Fig 6.

MÜLLER, H. J. and PROKOFYEVA, A. A. : The individual gene in relation to the chromomere and the chromosome. Proc. Nat. Ac. Sc. (U.S.A.) 21 : 16-26, 1935.

NEMÉC : Multipolare Teilungsfiguren und vegetative Chromosomenreduktion. Biologia Generalis, 2 : 96 - 103, 1926.

PLATE, L : Vererbungslehre I Jena, 1932.

SHAMEL, A. D. and C. S. POMEROY : Bud mutations in horticultural crops. Jornal of Heredity 27: 487-494, 1936.

STERN, KURT : Somatic crossing-over and segregation in Drosophila melanogaster. Genetics, 21 : 625-730, 1936.

—:—

Explicação das figuras

Fig. 1) — Photographia de um exemplar de Herbario; o galho superior com internodios curtos e folhas pequenas provém de um ramo mutado. O galho inferior é da parte normal do cafeeiro.

Fig. 2) — Diagramma indicando a posição dos ramos secundarios com folhas variegadas num cafeeiro da Fazenda Jaçutinga, Pompeia, C. P.

Fig. 3) — Photographia de outro exemplar de Herbario; o ramo inferior, com folhas typicas da variedade Nacional ($2n = 44$), foi produzido num cafeeiro de variedade Bullata ($2n = 88$), cujas folhas estão representadas na parte superior da photographia.

Figs. 4, 5 e 6) — Diagrammas mostrando a posição dos ramos tetra — e octoploides em 3 cafeeiros diferentes.

Os desenhos foram feitos por José F. Pompeu.