

Conhecimentos gerais sobre a Genética e a Citologia do gênero *Coffea* *

C. A. Krug e A. J. Teixeira Mendes

Instituto Agrônômico do Estado, em Campinas

I — Introdução

Em 1933 a Secção de Genética do Instituto Agrônômico organizou um extenso programa de trabalhos com o cafeeiro, incluindo os seguintes setores:

- 1) Pesquisas taxonômicas, principalmente no *Coffea arabica*.
- 2) Estudos sobre a biologia da flor.
- 3) Pesquisas citológicas em todo o gênero.
- 4) Análises genéticas, de preferência na espécie *C. arabica*.
- 5) Híbridações específicas visando, em parte, esclarecer a evolução que se processou neste gênero.
- 6) Melhoramento por seleção de linhagens e pela hibridação das variedades em cultivo.

Todos estes trabalhos vêm sendo executados normalmente. Os seguintes técnicos têm prestado ou ainda estão prestando a sua valiosa colaboração aos autores desta nota: Alcides Cavalheiro, Célio Novais Antunes, Cândida Helena T. Mendes, J. T. Mendes, Oswaldo Bacchi, Coaracy M. Franco e Alvaro S. Costa.

— Distribuição geográfica das espécies de *Coffea* e variabilidade constatada neste gênero

O gênero *Coffea* possui como centro de origem as regiões tropicais da África e da Ásia; na África tais centros se estendem desde a Abissínia, o Sudão em direção ao sul através da

* Introdução à discussão do dia 22-7-43

Libéria, o Congo, Moçambique, Madagáscar e algumas ilhas na costa oriental dêste continente; na Ásia êles se limitam de preferência à Índia Central e do Sul, ao norte atingindo as bases da região do Himaláia e no sul até a ilha de Ceilão. Algumas espécies também têm sido descritas como sendo originárias de Java.

O gênero contém cêrca de 200 espécies, em sua grande maioria até hoje mal conhecidas. A espécie *C. arabica*, de especial interêsse econômico no gênero, é encontrada, em estado selvagem, apenas na Abissínia; consta que a variedade "mokka" ainda é ali encontrada em estado selvagem. Não se conhecem, infelizmente, os limites exatos da distribuição, nem mesmo das principais espécies de *Coffea*, o seu grau de variabilidade e a ocorrência de hibridações interespecíficas naturais.

As espécies de maior interêsse econômico no gênero são as seguintes: *C. arabica* L., *C. canephora* Pierre ex Froehner, *C. excelsa* A. Chevaleier, *C. congensis* Froehner e *C. liberica* Hiern. Porém, as pesquisas taxonômicas feitas no Instituto Agrônômico têm se limitado por enquanto à única espécie cultivada no Brasil: *C. arabica* L.

III — Estabelecimento de coleções de espécies e variedades. Caracteres botânicos gerais de *Coffea*

A coleção de espécies e variedades de *Coffea* reunidas em Campinas conta atualmente com 12 espécies, 24 variedades, 4 formas e diversos híbridos, além de numerosas variações ainda em estudos.

Há espécies auto-férteis e auto-estéreis, sendo que nas primeiras a polinização natural, provocada principalmente por abelhas, se processa com cêrca de 50% do próprio pólen e 50% de pólen estranho.

A maioria das espécies é quase desprovida de um cálice, geralmente apenas presente em forma de pequenos dentes que circundam a base da corola gamopétala.

Existe uma diferenciação somática dos ramos nas várias

espécies estudadas: os ramos ponteiros são sempre “ortotrópicos” e os laterais “plagiotrópicos”, diferenciação esta que não pode ser alterada, nem mesmo pela enxertia.

IV — Citologia

1) NÚMERO DE CROMOSÔMIOS NAS ESPÉCIES E VARIEDADES

O número básico de cromosômios do gênero *Coffea* é onze. Já se conhecem os números de cromosômios de 14 espécies, 22 variedades e 2 híbridos, formando uma escala poliplóide com 22, 44, 66 e 88 cromosômios. Todas as variedades cultivadas de *Coffea arabica* têm $2n = 44$ cromosômios.

2) MORFOLOGIA DOS CROMOSÔMIOS

Os cromosômios de *Coffea* são bem pequenos. Somente em *C. excelsa*, onde aparentemente eles são maiores, um estudo mais ou menos detalhado das suas dimensões (1 a 3,6 μ) e morfologia foi efetuado.

3) MEIOSE

A meiose é normal nas espécies naturalmente diplóides e nas variedades tetraplóides de *C. arabica*. É bastante anormal nas penta-, hexa- e octoplóides.

Em uma única variedade diplóide (“di-haplóide”: $2n=22$) de *C. arabica*, 29% das diacineses apresentam somente univalentes; nos restantes 71%, além de univalentes encontra-se um número variável (1 a 6) de bivalentes. A alta esterilidade daí resultante motiva a formação de pouquíssimos frutos com uma única semente, donde o nome de “monosperma” dado a essa variedade.

4) HÍBRIDOS

a) Número de cromosômios dos híbridos intra-específicos (*C. arabica*) — As tentativas para se obterem plantas com 77

cromossômios pela hibridação das formas com 88 e 66 ainda não produziram resultado. Pentaplóides ($2n = 55$) resultaram da hibridação entre as formas com 66 e 44 cromossômios (plantas com 44 cromossômios também resultaram destes cruzamentos). As hibridações entre variedades tetraplóides ($2n = 44$) e a variedade "monosperma" ($2n = 22$) não produziram triplóides: os híbridos tinham sempre 44 cromossômios.

b) Número de cromossômios dos híbridos interespecíficos — A maior parte dos híbridos entre a espécie *C. canephora* ($2n = 22$) e *C. arabica* $2n = 44$) tem $2n = 33$ cromossômios. Indivíduos com 22, 44 e 55 cromossômios também foram obtidos nestas hibridações. Híbridos triplóides também foram sintetizados dentro da espécie *C. excelsa* pelo cruzamento de suas formas diplóide ($2n = 22$) e tetraplóide ($2n = 44$).

c) Meiose em alguns híbridos triplóides — Nas metáfases da 1.ª divisão meiótica de um híbrido triplóide entre *C. arabica* e *C. canephora* formam-se 14,4 I + 5,4 II 2,6 III. Isto sugere a existência de uma certa homologia entre os cromossômios destas espécies.

A distribuição dos cromossômios é bastante anormal nas anáfases. Na progênie desse triplóide a maior parte das plantas tem $2n = 44$ cromossômios.

Na progênie de um outro triplóide entre as mesmas espécies, o número de cromossômios encontra-se sempre ao redor de 55.

5) DUPLICAÇÃO DOS CROMOSSÔMIOS PELA COLQUICINA

Plantas tetraplóides foram obtidas pelo tratamento com colquicina de sementes das espécies diplóides *C. Canephora* e *C. excelsa*. O tratamento de sementes de *C. arabica* ($2n = 44$) produziu plantas com $2n = 88$ cromossômios.

Uma planta hexaplóide fértil foi obtida pelo tratamento de ramos do híbrido inter-específico triplóide estéril de *C. arabica* e *C. canephora*.

6) RELAÇÃO ENTRE NÚMERO DE CROMOSÔMIOS E ESTOMAS

Dentro da espécie *C. arabica* os octoplóides têm, por unidade de área, um menor número de estomas que os hexaplóides, estes menos que os tetraplóides, a variedade diplóide apresentando o maior número da espécie. As espécies naturalmente diplóides têm menor número de estomas por unidade de área que a espécie *C. arabica*.

7) NÚMERO DE CROMOSÔMIOS E ENDOSPERMA

A semente de café é em sua quase totalidade constituída de endosperma e não de perisperma como se acreditava até há pouco tempo. Mantida a relação entre o número de cromosômios do endosperma e do embrião em 3 : 2, a semente é normal; isso acontece nas variedades tetraplóides de *C. arabica*, nas espécies diplóides e no anfidiplóide com 66 cromosômios. Nos outros poliplóides aquela relação se modifica e as sementes são na maior parte das vezes, anormais.

V — Genética

1) COFFEA ARABICA

Dados completos ou quase completos sôbre o comportamento genético de 14 variações foram obtidos de 1933 para cá por meio de sucessivos cruzamentos e autofecundações. Algumas destas variações afetam o hábito de crescimento ou os caracteres gerais das plantas. Exemplifiquemo-las:

a) **Nana.** Um único par de fatores (*Na na*), cuja ação é influenciada por modificadores, determina em estado homozigoto recessivo o aparecimento de plantas anãs de fôlhas miúdas, internódios muito curtos, de lento crescimento, não ultrapassando em geral a 1 metro de altura. Indivíduos heterozigotos (*Na na*) caracterizam as plantas "murta". A condição homozigoto dominante (*Na Na*) é encontrada nas variedades "bourbon", "laurina", "semper-florens", etc.

Êste gen é bastante instável, mutando tanto do recessivo para o dominante como dêste para o recessivo.

b) **Maragogipe.** Uma mutação da variedade típica, no Es-

tado da Baía, produziu a variedade **Maragogipe**. Esta caracteriza-se por um porte acentuado, internódios longos e fôlhas, flores e frutos maiores que na variedade **typica**. Trata-se de uma mutação dominante; os indivíduos heterozigotos (Mg mg) são praticamente idênticos aos homozigotos dominantes (Mg Mg), porém um pouco mais produtivos.

c) **Erecta**. Esta mutação, já verificada nas variedades **typica** e **maragogipe**, caracteriza-se pelo desenvolvimento ortotrópico dos ramos laterais. O tipo heterozigoto (Er er) é idêntico ao homozigoto dominante (Er Er).

d) **Anomala**. Esta mutação recessiva é de extraordinário efeito sobre toda a planta: o seu hábito de crescimento, tipo de ramificação, comprimento dos internódios são completamente diferentes do tipo normal; as fôlhas são de tamanho e formato anormais; a maioria dos botões florais não chega a se desenvolver; as flores são pequenas; os frutos são esféricos, de disco grande. A falsa poliembrionia é alta nas plantas "anormais". O tipo heterozigoto (An an) é normal; porém, nêle de tempos em tempos aparecem algumas fôlhas de ápice anormal, o que deve ser provocado pela condição duplamente recessiva.

e) **Polysperma**. É uma mutação que, em estado duplamente dominante, produz uma intensa fasciação dos ramos, flores e frutos. O tipo heterozigoto é intermediário, isto é, apresenta fasciação menos intensa. Esta intensidade é influenciada tanto pelo meio ambiente como provavelmente por fatores modificadores.

f) **Semperflorens**. Trata-se de uma interessante mutação fisiológica recessiva caracterizada por um florescimento quase contínuo, por fôlhas menores e por ramos laterais que formam um ângulo um pouco mais agudo com o ramo ponteiro. Apesar de recessiva com relação ao tipo "selvagem", tal variação talvez teria maiores probabilidades de sobreviver numa população natural, devido à quase continuidade da produção de sementes.

g) **Laurina e Mokka**. São duas variedades de porte reduzido, ramagem densa e fôlhas pequenas, os frutos e sementes de

“laurina” sendo alongados e pontudos na base, ao passo que os frutos de “mokka” são bem pequenos e esféricos, as suas sementes sendo achatadas de face circular. O “mokka” ainda existe em estado selvagem na Abissínia. Conquanto ainda não terminada a análise genética destas variedades, os resultados a que já se chegou mostram que ambas são praticamente **recessivas** com relação ao tipo normal. Ambas encerram o par de gens Na na da variedade “bourbon”. Os caracteres de laurina provavelmente não dependem de um só par de gens; parece que 2 pares no mínimo, intimamente ligados, inter-agem aqui. Supõe-se que tanto o “bourbon” como o “laurina” são originários da Ilha da Reunião, na costa oriental da África, onde talvez tenha sido introduzido anteriormente o “mokka”.

h-i-j) A coloração **xantocarpa** dos frutos é condicionada por um par de fatores que acusam dominância incompleta em Fl, sendo um tanto instáveis, pois mutam às vezes da forma dominante à recessiva e vice-versa. A coloração **bronzeada** das folhas novas é também determinada por apenas um par de fatores com dominância incompleta em Fl. A coloração **purpúrea** dos frutos e das folhas novas na variedade **purpurascens** depende de um par de fatores completamente recessivos.

k) A coloração amarela das sementes da variedade **cêra** é determinada por 1 par de fatores recessivos; as sementes híbridas (amarelo x verde) apresentam uma coloração esverdeada (**Xenia**).

l, m, e n) A presença do cálice petaloide na variedade **calycantheme** é determinada por um fator dominante. O cálice foliáceo e persistente da variedade **goiaba** é determinado por um fator de dominância incompleta. O tipo **angustifolia** (folhas e frutos mais alongados) é recessivo com relação ao tipo normal.

Assim, estão em estudos 6 mutantes recessivos, 5 mutantes de dominância incompleta e 3 dominantes. Nenhum caso de linkage foi até agora encontrado.

2) OUTRAS ESPÉCIES

Nas espécies diplóides a análise genética é dificultada pela frequente auto-esterilidade.

Em *C. canephora*, a cor amarela dos frutos, a fasciação e o tipo anão são determinados, ao contrário do que se dá em *C. arabica*, por fatores **recessivos**.

Em *C. excelsa* também existe a fasciação, mas a sua natureza genética é ainda desconhecida.

As sementes de algumas espécies diplóides possuem endosperma amarelo idêntico ao da variedade cêra de *C. arabica*.

3) HÍBRIDOS INTERESPECÍFICOS

a) O gen para **fasciação** do *C. canephora* manifesta-se **recessivo** nos híbridos triplóides com *C. arabica*, pois que nestes ele não se manifesta.

b) O gen para fasciação de *C. arabica* manifesta-se ainda **dominante** nos híbridos triplóides com *C. canephora*, pois que eles se apresentam fasciados. Num híbrido tetraplóide, em que provavelmente se uniram 2 genômios de *C. canephora* com 1 de *C. arabica*, a fasciação é menos intensa: isto indica que duas doses do alelo normal da fasciação *canephora* reduzem a expressão de uma dose do gen fasciação *arabica*.

c) O fator **anão canephora** continua recessivo nos híbridos triplóides com *C. arabica*, não devendo ser homólogo ao gen **nana** do *arabica*, com cujo alelo dominante determinaria o aparecimento do tipo **murta**.

d) O fator **mokka (mo)**, quase recessivo em *C. arabica* demonstra a sua presença num híbrido interespecífico triplóide com *C. canephora*, o qual apresenta fôlhas bem menores do que o híbrido entre *arabica* normal e *canephora*.

e) O fator **erecta**, dominante no *C. arabica* continua dominante num híbrido com *C. excelsa* tetraplóide.

f) O fator **calycanthemea**, dominante no *C. arabica*, também assim se manifesta num híbrido tetraplóide obtido com *C. excelsa* tetraplóide.

V — Discussão

Após a apresentação dos dados acima expostos foram pelos autores sugeridos os seguintes assuntos para discussão:

1) ORIGEM DA ESPÉCIE C. ARABICA

A vista das observações feitas na meiose da var. **monosperma** ($2n = 22$) e do híbrido triplóide C. arabica e C. Canephora, e dos resultados da análise genética de vários mutantes em C. arabica, foi pelos autores apresentada a idéia da origem **alopoliploide** de C. arabica, o que foi, de um modo geral, aceita pelos presentes, havendo discussão em torno dos prováveis ascendentes (C. canephora e outros) e a respeito das pesquisas a serem efetuadas no futuro para maior esclarecimento d'êste problema.

2) HETEROSE EM HÍBRIDOS INTRA- E INTER-ESPECÍFICOS

Discutiu-se êste aspecto de modo geral; a percentagem de autofecundação natural sendo elevada (nas espécies autoférteis), o "inbreeding" não tem se revelado pernicioso, não se notando também vigor híbrido nos cruzamentos intra- e inter-específicos. Uma exceção talvez constitue o híbrido **bourbon x maragogipe**, cuja produtividade parece mais intensa.

3) ORIGEM DA VARIEDADE BOURBON E DOS SEUS DERIVADOS

Apresentou-se uma hipótese sôbre a origem da importante variedade econômica **bourbon**, segundo a qual ela se deriva da var. **mokka**, ainda encontrada em estado selvagem, por meio de duas mutações dominantes.

4) NOMENCLATURA BOTÂNICA DAS VARIAÇÕES DE C. ARABICA QUE SE ORIGINARAM POR MUTAÇÕES GÊNICAS OU POR VARIAÇÕES CROMOSÔMICAS

Algumas destas variações têm sido descritas como "espécies" distintas, outras vezes como variedades ou formas. Após

uma discussão geral sobre este assunto, concluiu-se que todas elas devem ser consideradas apenas como **genótipos** diferentes.

5) PODE O NOVO ANFIDIPLÓIDE, (ARABICA x CANEPHORA)
x 2, SER CONSIDERADO ESPÉCIE NOVA?

Após uma discussão geral sobre este assunto, concluiu-se que tal híbrido, se for autofértil e se não produzir híbridos naturais férteis com outras espécies de *Coffea*, pode ser considerado uma nova espécie.

6) CAUSAS DO APARECIMENTO DE FÔLHAS PARCIALMENTE ANORMAIS NOS HÍBRIDOS NORMAL x ANOMALA

Considerando-se que tal anomalia só é encontrada em pares de folhas, difícil se torna explicar a sua origem sem a anatomia da gema vegetativa, devendo, pois, proceder-se ao estudo detalhado sobre o desenvolvimento dos primórdios das folhas. Poder-se-á tratar de uma das duas causas sugeridas pelos autores:

a) perda de um fragmento de cromossômio e com este do alelo dominante que inibe a ação do gen **an**.

b) mutação somática de **An** para **an**.

Além dos assuntos acima mencionados ainda discutiu-se sobre os seguintes:

a) provável mecanismo de redução cromossômica somática verificada em vários casos no *C. arabica*;

b) possibilidades da var. *semperflorens* do *C. arabica*, se aparecesse em uma população selvagem, de dominar o tipo comum de café que geralmente só floresce uma vez ao ano;

c) causas da maioria das mutações de *C. arabica*, até hoje estudadas, serem dominantes ou acusando dominância incompleta em Fl.