

AGENTES DE POLINIZAÇÃO DA FLOR DO CAFEIEIRO (*COFFEA ARABICA* L.)⁽¹⁾

A. CARVALHO, *engenheiro agrônomo da Subdivisão de Genética e C. A. Krug*⁽²⁾, *engenheiro agrônomo, Diretor do Instituto Agronômico de Campinas.*

1—INTRODUÇÃO

Quando se esboçou, em 1932, o programa geral dos trabalhos com café, na Secção de Genética, incluiu-se, como um dos itens básicos, o estudo da biologia da flor do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). O conhecimento dêste assunto é de suma importância, não somente para delinear os melhores métodos de polinização artificial, mas também para elucidar se esta espécie é autógama ou até que ponto é de fecundação cruzada. Da solução dêste último problema, também dependia a escolha dos processos mais adequados de melhoramento.

Relativamente, poucos dados se encontravam então na literatura sobre o assunto. Cramer (1) cita os trabalhos básicos de von Faber, que observou a ocorrência de autopolinização dentro dos botões ainda fechados de *Coffea liberica* Hiern. Nesta espécie, os insetos também efetuam a polinização estranha, sendo que o pólen de outras plantas germina mais rapidamente do que o pólen próprio. No café Robusta (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner), Cramer verificou a ocorrência, principalmente, da polinização cruzada. Em seguida, êsse autor fez referência ao hábito de florescimento em *C. arabica*, nada adiantando, entretanto, sobre as modalidades de polinização.

Zimmermann (8) fez várias considerações sobre a biologia da flor do cafeeiro; chegou à conclusão de que as flores são caracteristicamente entomófilas, sendo muito procuradas por abelhas, vespas e môscas, principalmente quando se trata de pés isolados. Nas grandes culturas, no entanto, acha que o vento deve ser o principal agente de polinização, não ocorrendo os insetos em número bastante para efetuá-la convenientemente. Concluiu ainda, o mesmo autor, que a ocorrência das chuvas durante a florada é prejudicial, pois diminui a ação benéfica do vento, torna menos frequente a visita de insetos e pode fazer germinar o pólen dentro das próprias anteras.

Taschdjian (7), que trabalhou algum tempo no Instituto Agronômico, publicou as suas observações preliminares sobre o assunto, feitas em *C. arabica*, em 1932. Resumindo, concluiu: a) que não há autopolinização no botão ainda fechado; b) que há boa percentagem de frutificação, protegendo-se flores individuais com sacos de papel; c) que dos insetos que

(1) Trabalho apresentado à "Segunda Semana de Genética", realizada em fevereiro de 1949 na Esc. Sup. de Agric. "Luiz de Queiroz" de Piracicaba, São Paulo.

(2) Os autores expressam os seus agradecimentos aos colegas Célio S. Novais Antunes e Hermindo Antunes Filho e a todos os auxiliares que prestaram o seu valioso concurso à execução do presente trabalho.

promovem a polinização, em Campinas, são mais frequentes as abelhas comuns e a *Melipona testaceicornis* Lep., e d) que o vento também contribui para a polinização. Usou, pela primeira vez em café, a técnica sugerida por N. Heribert-Nilsson (3) e que consiste no emprêgo de **indicadores genéticos** para determinar a intensidade do "Viciniſmus" (polinização estranha). Valendo-se do indicador recessivo *purpurascens*, Tashdjian obteve, nos canteiros de sementeira, de 39 a 93% de mudas **verdes**, procedentes de sementes híbridas, em virtude da polinização cruzada natural. Concluiu daí que, nas condições do ambiente de Campinas, o cafeeiro *arabica* é, essencialmente, alógamo, não chegando a verificar qual a contribuição do vento e dos insetos nesta polinização estranha.

Vários outros pesquisadores ainda se dedicaram a êsse assunto, principalmente em Java, ocupando-se, entretanto, de preferência, com o café Robusta (*C. canephora*). Ferwerda, em recente artigo (2), nos dá conta dêstes trabalhos, concluindo que, para esta última espécie, em Java, o vento constituiu o principal agente de polinização. Expondo lâminas devidamente preparadas, verificou que é grande a quantidade de pólen que flutua no ar por ocasião das floradas, mesmo a 100 metros de distância do solo. Além do vento, apurou Ferwerda que também a gravidade exerce papel importante na polinização. Quanto à longevidade do pólen, verificou que, guardado em condições favoráveis, ainda germina até um mês após a deiscência das anteras.

Mesmo levando-se em conta os trabalhos de Tashdjian, poucas eram as informações sôbre a biologia da flor de *C. arabica*, de que dispúnhamos no início dos nossos trabalhos. Assim sendo, realizamos, nos primeiros anos, em colaboração com o engenheiro agrônomo J. E. T. Mendes, Chefe da Secção de Café do Instituto Agrônômico, uma série de observações preliminares, das quais se deduziu o seguinte: a) os botões florais do cafeeiro (*C. arabica*) abrem-se logo pela manhã, achando-se nessa ocasião ainda fechadas as anteras; b) em dias secos, a deiscência destas ocorre logo a seguir; c) o pólen é leve, sendo produzido em quantidade regular; d) tanto a gravidade como o vento e os insetos agem na transferência do pólen das anteras para os estigmas; e) em dias úmidos e chuvosos, os botões demoram para abrir, tendo-se então verificado a existência de pólen dentro dos botões ainda fechados, podendo dar-se a autopolinização; f) a ocorrência de chuvas durante as floradas parece prejudicar muito pouco a polinização, talvez aumentando a percentagem de autopolinização, e g) usando-se o mesmo indicador genético utilizado por Tashdjian, a var. *purpurascens*, apurou-se, na sementeira, a existência de cerca de 40 a 50% de mudas **verdes**, procedentes da hibridação estranha natural.

Os resultados obtidos nestas observações preliminares serviram de base para a escolha dos melhores métodos de castração e polinização artificial (4). Em consequência das observações de Tashdjian, que julgávamos confirmadas por novos dados, também obtidos com o indicador genético *purpurascens*, concluiu-se que, aparentemente, a percentagem de fecundação cruzada, nesta espécie de café, oscilava em tórno de 50% (5, 6).

Não satisfazendo, entretanto, os dados até então conseguidos, resolveu-se, em 1945, esboçar um novo plano bem mais minucioso, a fim de estudar, pormenorizadamente, o mecanismo da transmissão do pólen nas flores de *C. arabica*. Este foi pôsto em execução durante os últimos anos (1945 a 1947), na Estação Experimental Central do Instituto Agronômico, em Campinas (Alt. 687 metros ; lat. 22°5'18" ; long. 47°04'22"). O novo plano de estudos visou esclarecer, com a maior exatidão possível : a) qual a contribuição à fecundação, da autopolinização própria, isto é, da autopolinização natural dentro da mesma flor, sem o concurso do vento, dos insetos e da gravidade ; b) qual a contribuição, separadamente ou em conjunto (dois a dois e todos os três), destes agentes — vento, insetos e gravidade — tanto na autopolinização, como na polinização estranha.

Por vários motivos, nem todos os itens do programa estabelecido puderam ser efetuados, tais como : determinação da distância, horizontal e vertical, a que o pólen do café pode ser transportado pelo vento e pelos insetos ; longevidade do pólen ; duração da receptividade do estigma ; classificação dos insetos que visitam as flores, além de alguns outros problemas. Notou-se que a determinação do papel de um dado agente na polinização, quer isolado quer em conjunto com outros, é, muitas vêzes, bem difícil e sujeita a enganos. Lançou-se mão de muitos artifícios, a fim de serem obtidos resultados os mais acurados possível. Surgiram, porém, dificuldades que, às vêzes, não puderam ser superadas e, assim, os resultados que foram obtidos são apenas os mais aproximados possível.

Os dados adiante apresentados contribuem, no entanto, para esclarecer o mecanismo geral da polinização nas flores do cafeeiro.

2—MATERIAL E MÉTODO

Em pesquisas anteriores, efetuadas no Instituto Agronômico, sôbre o modo de transmissão do pólen, como já se mencionou, usou-se, como indicador genético, o característico recessivo *purpurascens*. Plantas purpurascens, localizadas no meio de plantas normais no cafèzal, foram selecionadas e seus frutos colhidos e semeados, determinando-se, em sua progênie, o número de plantas híbridas resultantes de cruzamentos naturais. Acontece, porém, que as plantas purpurascens são, aparentemente, mais fracas que as híbridas e a germinação de suas sementes menos satisfatória, o que pode prejudicar as relações finais. Daí os resultados um tanto elevados, obtidos por Taschdjian e pelos autores dêste trabalho.

Os dados mais adiante apresentados foram obtidos, em sua grande maioria, com o auxílio do indicador genético *cêra*. Trata-se de um fator que determina a coloração amarela do endosperma e que é recessivo em relação à côr verde normal. As próprias sementes resultantes do cruzamento de *cêra* com verde já são verdes (*xênia*), o que vem facilitar as determinações da intensidade de polinização estranha.

Na escolha dos cafeeiros *cêra*, no cafèzal, deu-se preferência a plantas rodeadas de cafeeiros normais. Quando o cafeeiro *cêra* escolhido se localizava ao lado de outra planta *cêra*, as flores dêste último cafeeiro eram tôdas eliminadas para impedir as contaminações.

Sòmente em raras ocasiões, as variedades *bourbon* e *typica* foram usadas, e isto quando não se tornou necessária a determinação da intensidade da polinização estranha.

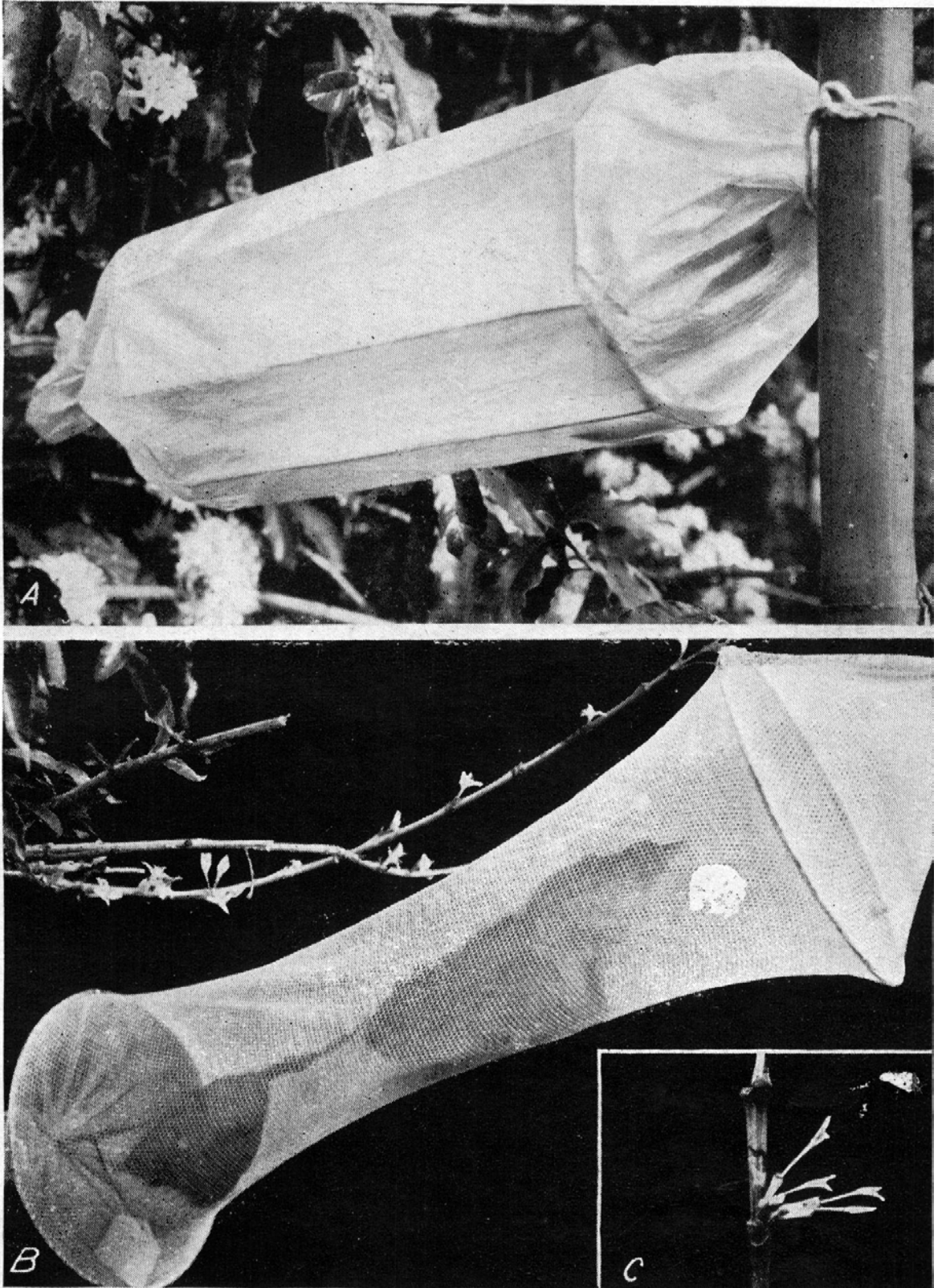
Sempre que foi preciso o afastamento das plantas do cafèzal, usaram-se cafeeiros plantados em barrica de madeira. Êstes foram transportados para diferentes localizações, a fim de se poder estudar, separadamente, o efeito dos vários agentes da polinização. Em alguns casos, tôdas as flores foram retiradas, deixando-se apenas aquelas correspondentes ao item em estudo.

Para a determinação da autopolinização própria, isto é, da polinização sem o auxílio do vento, dos insetos e da gravidade, usou-se uma armação especial de arame, recoberta por uma camada dupla de papel impermeável (est. 1-A). Ramos com um só botão floral por nó, ou com vários botões por nó, foram envolvidos por essas armações. As extremidades dessas armações e a base dos ramos foram amarradas em estacas de bambu, para impedir a movimentação dos ramos no seu interior. Na extremidade da armação prêsa à base do ramo do cafeeiro, usou-se algodão, para impedir a entrada de formigas. Não foi possível, entretanto, eliminar o efeito de Thrips, que, às vêzes, são encontrados mesmo no interior dos botões, ainda não abertos. Dêste modo, no item **autopolinização própria**, fica incluído o efeito de Thrips e de alguns outros insetos pequenos.

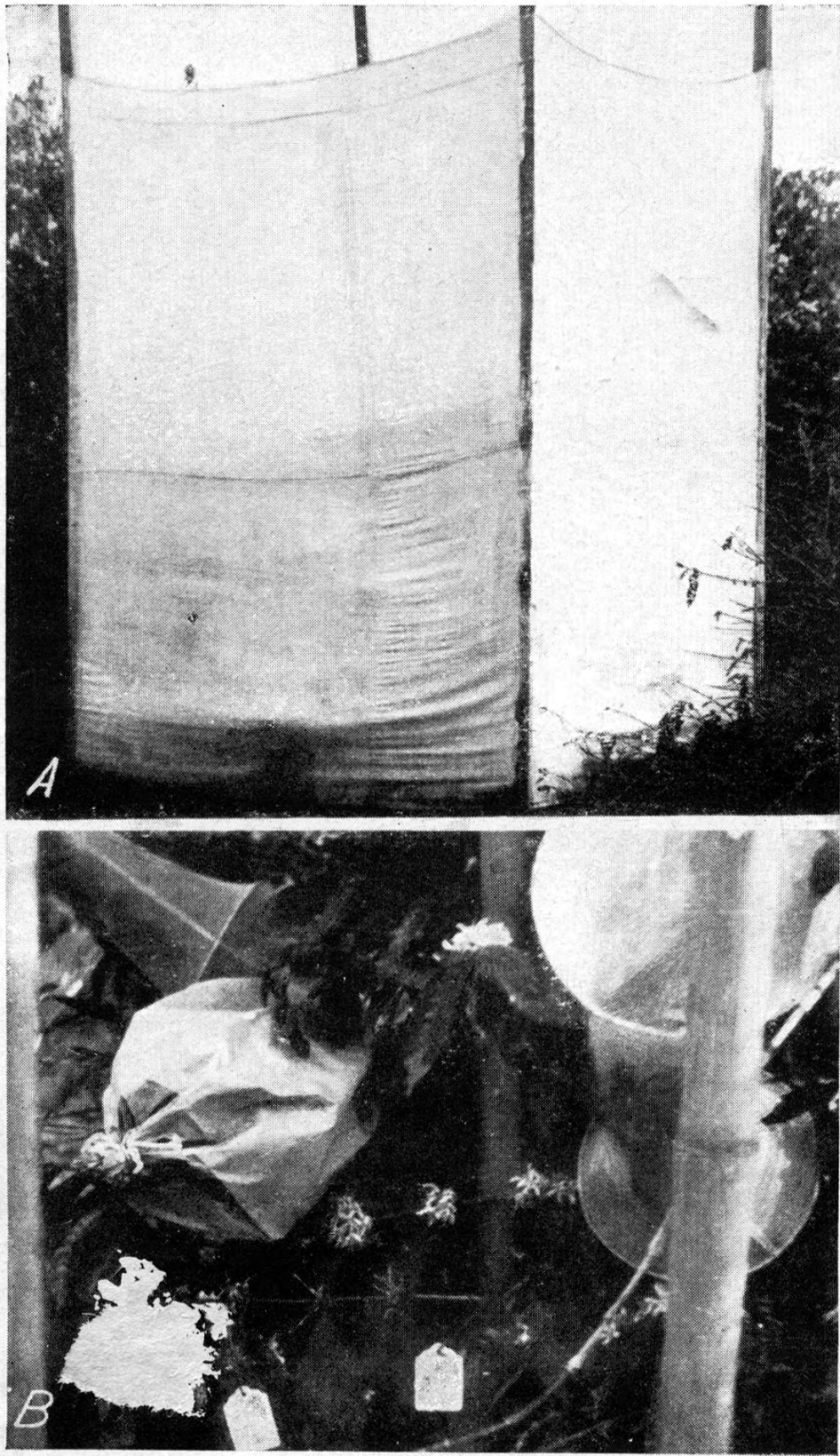
Na determinação do efeito máximo do vento na autopolinização, usaram-se cafeeiros da var. *typica* em barrica de madeira. Êstes foram transportados para a sede do Instituto Agronômico, onde não havia outros cafeeiros, e colocados no interior de uma estufa lateralmente protegida com tela de arame bem fino. O cafeeiro foi disposto de modo que ficasse com os ramos contendo flores normais voltados para o lado da entrada do vento predominante e com os ramos castrados e envoltos em armação de filó (est. 1-B) do lado oposto. A castração aqui usada foi do tipo comumente empregado nos cruzamentos artificiais (4) e que consiste na remoção completa do tubo da corola com as anteras, um a dois dias antes da abertura da flor (est. 1-C). A armação de arame com filó foi utilizada, por precaução, contra a entrada de algum inseto na estufa, e tôdas as flores localizadas acima dos ramos castrados foram eliminadas.

Para se estudar o efeito máximo do vento na polinização estranha, também não se tornou necessário usar a variedade *cêra*. Em plantas da var. *bourbon*, localizadas no meio do cafèzal, escolheram-se vários ramos ponteiros, cujas flores foram castradas e envôltas em armação de filó. Tôdas as demais flores da planta foram eliminadas. A castração adotada foi do tipo comum, já descrito. Na ausência de flores na própria planta, tôdas as sementes aí produzidas constituem o resultado da polinização pelo vento.

Ao se determinar o efeito do vento na polinização estranha, mas em flores normais, lançou-se mão de ramos ponteiros de plantas *cêra*, localizadas no cafèzal, cujas flores, não castradas, foram apenas protegidas com armação de filó. As sementes verdes produzidas nessas condições foram consideradas como resultantes da polinização estranha pelo vento, em flores normais.



Sistemas de controle da polinização. A — Armação recoberta com dupla camada de papel impermeável, usada para obter o item **autopolinização própria**. B — Armação de filó protegendo flores castradas. C — Flores castradas.



Contrôles da polinização. A — Proteção lateral de pano oleado para isolamento contra o vento. B — Ramos inferiores com flores castradas para o estudo do efeito máximo do vento, insetos e gravidade na autopolinização e polinização estranha.

Um novo tipo de castração das flores foi usado ao se determinar o efeito máximo dos insetos na autopolinização e na polinização estranha, isto é, castração sem eliminar a corola. Cêrca de dois dias antes da abertura dos botões, os lobos da corola são parcialmente afastados, e as anteras retiradas com o auxílio de uma pinça de ponta bem afilada. A seguir, o botão é novamente fechado. A cêra que normalmente cobre, em leve camada, as pétalas do botão, permite que o mesmo se mantenha fechado até o momento de sua abertura normal. Para a determinação do efeito máximo dos insetos na polinização estranha, usaram-se vários métodos, um dos quais consistiu no emprêgo de ramos ponteiros de cafeeiros cêra, no cafèzal, protegidos contra o vento por uma armação lateral de pano espêsso e pintado a óleo (est. 2-A), tendo-se efetuado a castração especial de flores. As sementes **verdes** colhidas dessas flores são o resultado de cruzamentos pelos insetos, e as sementes **cêra** representam a contribuição máxima dos insetos na autopolinização, dentro da planta. Também para se determinar o efeito máximo dos insetos na polinização estranha, usou-se cafeeiro plantado em barrica, que foi transportado para local distante do cafèzal, mas ao alcance dos insetos. As flores de alguns ramos foram castradas, sem eliminação da corola, e as demais flores da mesma planta, eliminadas. Tôdas as sementes aí produzidas resultam de cruzamentos pelos insetos.

Para estudar o efeito máximo da gravidade na autopolinização, o cafeeiro foi levado para uma sala fechada, ficando assim protegido contra insetos e vento. Flores de ramos inferiores foram simplesmente castradas, deixando-se as demais flores normais na parte superior da planta.

A fim de se verificar o efeito máximo e conjunto do vento mais insetos e mais gravidade na autopolinização, usaram-se cafeeiros cêra, no cafèzal, cujos ramos inferiores foram castrados e conservados sem nenhuma proteção (est. 2-B). As sementes **cêra** colhidas dão a percentagem total de autopolinização por êsses três agentes, e, as sementes **verdes**, o efeito dêsses mesmos agentes na polinização estranha.

Os demais efeitos conjuntos dos diferentes agentes de polinização foram obtidos por combinação dessas diferentes técnicas adotadas (est. 3-A).

Sempre que possível, vários itens foram efetuados no mesmo cafeeiro, para facilitar a colheita das sementes. Cada ramo foi devidamente numerado e etiquetado, anotando-se, em fichas especiais, além do número do cafeeiro, a variedade e a sua localização, o número do galho e o item correspondente e o número de flores. Dois a três meses após o florescimento, fêz-se uma contagem preliminar do número de frutos verdes para facilitar a frutificação.

Várias colheitas foram feitas para cada ramo, retirando-se, de cada vez, somente os frutos bem maduros. O número de frutos por colheita bem como as datas dessas colheitas foram registadas na mesma ficha. Os frutos foram despoldados à mão, para que não se perdesse nenhuma das sementes. As sementes foram sêcas em pequenos sacos de tela de pano e, a seguir, tirou-se, cuidadosamente, o pergaminho de cada uma delas, anotando-se, por esta ocasião, o número de sementes **chochas**. Para melhor

classificação de sementes em **cêra** e **verde**, usou-se limpar as sementes com algodão umedecido em água, removendo completamente a película prateada, a qual, quando muito aderente, impede a classificação das sementes.

As sementes foram divididas em tipos, cada um déles subdividido, conforme especificado no quadro 1, tendo-se anotado sempre a presença de sementes **chochas**.

QUADRO 1.—Classificação dos tipos de sementes de acôrdo com a coloração.

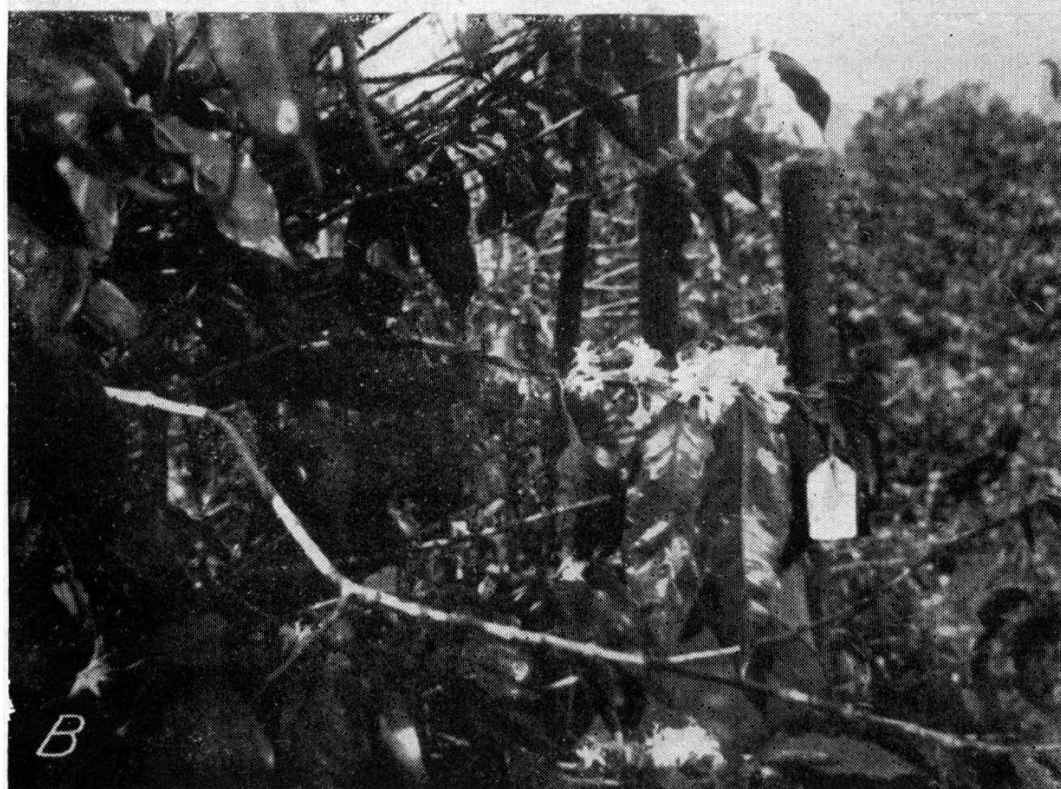
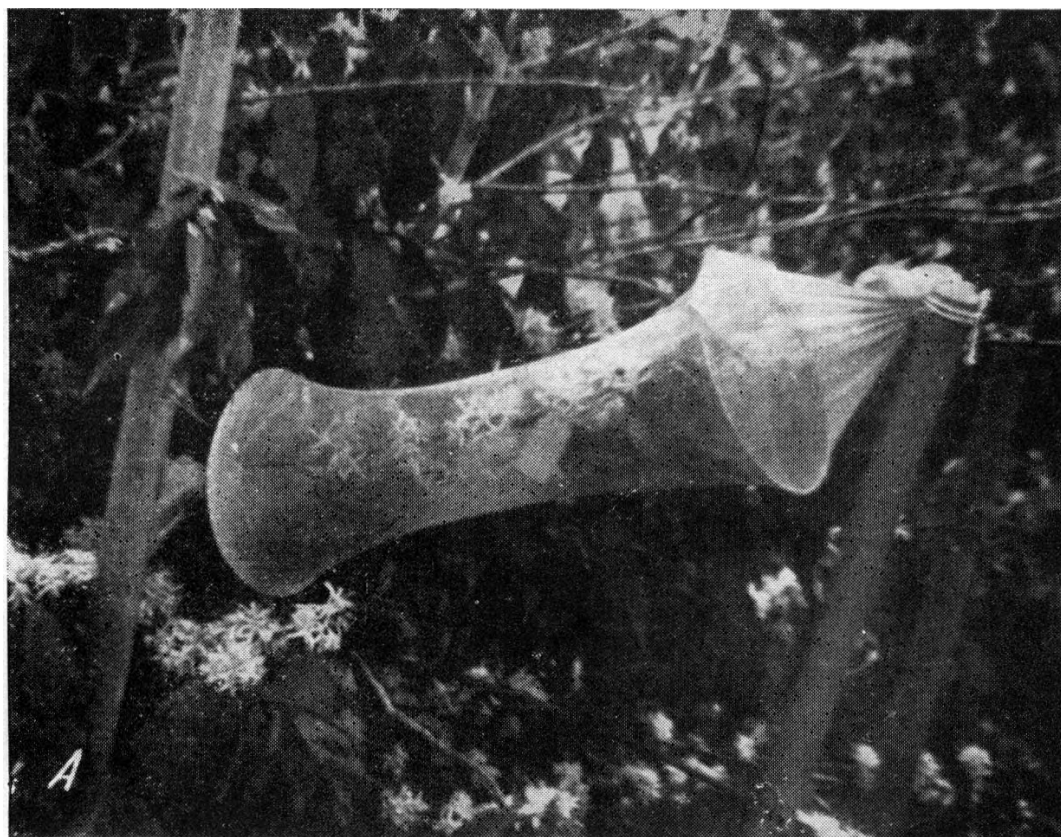
| Tipos de sementes | C o l o r a ç ã o |
|--------------------------|---|
| Chato | cêra ; verde ; |
| Moca | cêra ; verde ; |
| Concha | 2 cêra ; 2 verde ; 1 cêra e 1 verde |
| De frutos com três lojas | 3 cêra ; 3 verde ; 1 cêra e 2 verde ; 2 cêra e 1 verde ; 1 verde e 2 cêra ; 2 verde e 1 cêra. |

As variedades usadas possuem frutos com duas lojas, contendo cada uma delas, normalmente, um só óvulo. Quando os dois óvulos se desenvolvem, dão origem a um fruto com duas sementes do tipo **chato**. Quando um óvulo apenas se desenvolve, ficando a outra loja do fruto completamente atrofiada, o fruto apresenta uma única semente do tipo **moca**. Quando as lojas dos frutos se desenvolvem normalmente, encerrando apenas vestígios de sementes, estas são classificadas como do tipo **chocha**. Finalmente, quando dois ou mais óvulos se desenvolvem, conjuntamente, na mesma loja de um fruto, as sementes anormais resultantes são do tipo **concha**. Há alguns frutos que, possuindo três lojas normais, dão origem a três sementes, que são reconhecíveis pelo seu formato.

Alguns casos de concha com três sementes foram anotados separadamente, bem como quando essas sementes concha eram as constituintes de uma semente do tipo **moca**. No geral, foi fácil a separação dos grupos de sementes em **cêra** e **verde**. Sòmente em poucas plantas, a separação não se mostrou bem nítida. Provavelmente, neste último caso, a planta cêra usada possui alguns modificadores, que alteram para mais esverdeada a côr das sementes.

Os dados obtidos foram reunidos primeiramente por cafeeiro e depois por item, em anos separados. Juntaram-se, a seguir, os mesmos itens obtidos em anos diferentes, achando-se, para cada um déles, o número total de flores, o número de frutos, o número total de sementes, e o de sementes **cêra** e **verde**. Resolveu-se expressar o número de sementes produzidas em função do número inicial de óvulos das flores, o que será exemplificado mais adiante.

Sempre que se tornou possível, estabeleceram-se ramos contrôles para os cafeeiros onde foram efetuados diversos itens. Êsses contrôles consistem em ramos com flores normais e localizadas em vários pontos da planta e nos quais apenas se anotou o número de botões florais (est. 3-B). Os dados colhidos dessas testemunhas foram do mesmo modo registados em fichas,



Contrôles da polinização. *A* — Armação de filó, protegendo as flores contra a polinização pelos insetos. *B* — Contrôlé geral.

e as sementes classificadas como para um outro item qualquer. Para controle dos ramos castrados, utilizaram-se flores emasculadas que foram artificialmente cruzadas, usando-se abundante quantidade de pólen.

3—RESULTADOS OBTIDOS

O plano geral de estudos dos agentes da polinização se acha especificado nos quadros 2 e 3. Aí se apresentam, além da descrição minuciosa dos vários itens, as variedades usadas, a localização dos cafeeiros, a posição dos ramos, o tipo de tratamento das flores, o tipo de proteção, algumas outras observações particulares referentes aos itens, a percentagem de fecundação total, expressa em termos de sementes **cêra** e **verde**, bem como as percentagens de sementes **verde** colhidas.

QUADRO 2.—Relação e classificação dos itens referentes aos agentes da polinização estudados

| Efeito dos agentes da polinização nos cafeeiros | Agentes da polinização | Número de itens |
|---|---|-----------------------------|
| Máximo, na autopolinização na planta—(flores castradas). | Gravidade | 8 |
| | Vento | 9 |
| | Inseto | 10 |
| | Vento + gravidade | 11 |
| | Inseto + gravidade | 12 |
| | Vento + inseto | 13 e 25 |
| | Vento + inseto + gravidade | 14 |
| Máximo, na polinização estranha (flores castradas). | Vento | 22 |
| | Inseto | 23 |
| | Vento + inseto | 24 |
| Na polinização em geral, na planta (flores normais, sem castração). | Vento | 1 |
| | Vento + gravidade | 3 |
| | Vento + inseto | 5 |
| | Vento + inseto + gravidade | 6 |
| Na autopolinização na planta (flores normais, sem castração). | Autof. própria | 7 |
| | Autof. própria + vento | 16 |
| | Autof. própria + gravidade | 15 e Contrôle 15 e 8 |
| | Autof. própria + vento + inseto | 20 |
| | Autof. própria + vento + gravidade | 18 e Contrôle 9 |
| | Autof. própria + inseto + gravidade | 19 |
| | Autof. própria + vento + inseto + gravidade | 21 |
| Na autopolinização e na polinização estranha na planta (flores normais, sem castração). | Autof. própria + vento + inseto na autopol. + inseto na pol. estranha | 2 e 17 |
| | Autof. própria + inseto + gravidade na autopol. + inseto na pol. estranha | Contrôle 19, 16 e 12 |
| | Autof. própria + vento + inseto + gravidade na autopol. + inseto na polinização estranha | 4 e Contrôle 25 |
| | Autof. própria + vento + inseto + gravidade na autopol. + vento + inseto + gravidade na pol. estranha | Contrôle geral e Contrôle 7 |
| | | |

QUADRO 3.—Descrição dos itens e resultados obtidos

| Item Número | Variedade | Localização | Posição do ramo | Flor(1) | Proteção | Percent. de fecundação | | | Observações(2) |
|--------------------|-------------------------|--------------------|-----------------------|------------|--------------|------------------------|------------------|-------|----------------|
| | | | | | | Total | Sementes cêra | verde | |
| 1 | <i>cêra</i> | Cafézal Isolado | Ponteiro | Normal | Tela de filó | 41,9 | 36,9 | 5,0 | 11,7 |
| 2 | " | Cafézal | " Inferior | " | " | 56,3 | 21,9 | 34,4 | 38,8 |
| 3 | " | Cafézal Isolado | " | " | Tela de filó | 48,8 | 42,1 | 6,7 | 13,7 |
| 4 | " | Cafézal | Ponteiro | " | Nenhuma | 48,9 | 47,0 | 1,9 | 3,3 |
| 5 | " | " | " | " | " | 55,4 | 50,9 | 4,5 | 8,1 |
| 6 | " | " | Inferior | " | " | 46,9 | 42,6 | 4,3 | 9,0 |
| 7 | <i>cêra e typica</i> | " | Média | " | " | 24,1 | " | " | " |
| 8 | <i>typica</i> | Isolado | Inferior | Castrada | " | 33,6 | " | " | " |
| 9 | " | " | Ponteiro | Cast. esp. | " | 5,8 | " | " | " |
| 10 | <i>cêra</i> | Cafézal | " | " | " | 37,7 | 22,6 | 15,2 | 40,2 |
| 11 | " | " | Inferior | Castrada | Tela de filó | 26,8 | 11,4 | 15,4 | 57,6 |
| 12 | " | " | " | " | " | 30,5 | 22,7 | 7,8 | 25,4 |
| 13 | " | " | Ponteiro | " | Nenhuma | 21,5 | 13,8 | 7,7 | 35,7 |
| 14 | " | " | Inferior | " | " | 35,4 | 25,2 | 10,2 | 28,6 |
| 15 | <i>typica</i> | Isolado | " | Normal | " | 61,4 | " | " | " |
| 16 | <i>cêra</i> | Cafézal | Ponteiro | " | Tela de filó | 39,6 | 37,7 | 1,9 | 4,9 |
| 17 | " | Isolado | " Inferior | " | " | 51,8 | 51,8 | 0,0 | 0,0 |
| 18 | " | Cafézal | " | " | Tela de filó | 44,1 | 37,7 | 6,4 | 14,6 |
| 19 | " | " | " | " | " | 48,9 | 45,3 | 3,6 | 7,4 |
| 20 | " | " | Ponteiro | " | Nenhuma | 55,6 | 51,8 | 3,8 | 6,8 |
| 21 | " | " | Inferior | " | " | 56,7 | 52,6 | 4,1 | 7,3 |
| 22 | <i>bourbon</i> | " | Ponteiro | " | Tela de filó | 29,0 | " | " | " |
| 23 | " | Isolado | Variável | Castrada | " | 18,7 | " | " | " |
| 24 | <i>bourbon e typica</i> | Cafézal | " | Cast. esp. | Nenhuma | 56,5 | " | " | " |
| 25 | <i>cêra</i> | Isolado | Ponteiro | " | " | 40,2 | 40,2 | 0,0 | 0,0 |
| Contrôle geral | " | Cafézal | Variável | Normal | Nenhuma | 62,0 | 56,8 | 5,2 | 8,5 |
| " | <i>cêra e typica</i> | Isolado | " | " | " | 58,0 | " | " | " |
| " | " | " | " | " | " | 76,3 | " | " | " |
| " | <i>cêra</i> | Cafézal | " | " | " | 46,5 | 50,4 | 1,8 | 3,6 |
| " | " | Isolado | " | " | " | 52,2 | 61,2 | 0,0 | 0,0 |
| Contrôle castração | " | Cafézal | " | Castrada | " | 61,2 | 61,2 | 0,0 | 0,0 |
| " | " | " | " | " | " | 47,5 | " | " | " |

(1) Normal = flores normais, sem castração; castrada = flores castradas, com eliminação da corola; castração especial = flores castradas sem remoção da corola.
 (2) (a) = eliminadas as demais flores da planta; (b) = eliminadas as demais flores da planta e caféiro levado para longe do cafézal, mas ao alcance dos insetos; (c) = todas as demais flores foram deixadas na planta; caféiro longe do cafézal, mas ao alcance dos insetos; (d) = ramos isolados por armação especial de arame, recoberta por uma camada dupla de papel impermeável; (e) = planta isolada em uma sala fechada; (f) = planta isolada em casa de vegetação rodeada de tela de arame e longe do cafézal; flores deixadas do lado do vento e no resto da planta, com exceção daquelas acima das castradas; (g) = planta rodeada com armação de pano espesso e pintada a óleo, no cafézal; (h) = cruzamento artificial servindo de controle para as flores emasculadas.

Cada um dos resultados expressos no quadro 3 representa a média de dados obtidos em vários cafeeiros, num período de três anos consecutivos (1945 a 1947).

A **percentagem de fecundação** adotada representa a percentagem média de dados obtidos em relação ao número inicial de óvulos. O número inicial de óvulos é calculado multiplicando por dois o número de flores e acrescentando a êsse total um número igual ao de frutos com três lojas e mais a metade do número de sementes do tipo **concha**. Os frutos com três lojas encerram três óvulos, e as sementes concha, no geral, correspondem a dois óvulos por loja. Assim, no item **contrôle geral** (quadro 3) foram contadas 1228 flores que produziram um total de 1603 sementes, sendo 59 chochas e 1544 sementes normais; destas, 1413 eram do tipo cêra e 131 verde, classificadas no quadro 4.

QUADRO 4.—Número de sementes de café de diferentes tipos e coloração obtidas de 1228 flores, constantes do item **contrôle geral** do quadro 3

| Tipo de sementes | Número de sementes encontradas | | | | Total |
|------------------------------|--------------------------------|------------|------------------|-----------|-------------|
| | cêra | verde | 1 cêra + 1 verde | chocha | |
| Chato | 1213 | 99 | | 47 | 1359 |
| Moca | 140 | 20 | | 8 | 168 |
| Concha | 49 | 10 | 4 (1) | 4 | 67 |
| De frutos com três lojas ... | 9 | | | | 9 |
| Total | 1411 | 129 | 4 | 59 | 1603 |

(1) Em duas lojas se encontrou uma semente **concha-cêra**, ao lado de outra **concha-verde**, num total de 4 sementes (2 cêra e 2 verde).

O número inicial de óvulos foi assim calculado :

$$\begin{array}{rcl}
 \text{Número de flores} \times 2 & \dots\dots\dots & = 2456 \\
 \text{Número de frutos de 3 lojas} & \dots\dots\dots & = 3 \\
 \text{Metade do número total de sementes concha} & = & 31 \\
 & & \hline
 & & 2490
 \end{array}$$

A percentagem total de sementes, expressa em função de número de óvulos, é de 62,0%, e, a de sementes cêra e verde, de 56,8 e 5,2%, respectivamente.

Tornou-se necessário usar a percentagem de sementes em função do número inicial de óvulos, em vez da percentagem de frutificação, para dar

melhor idéia do número de sementes produzidas. Se se adotasse a percentagem de frutificação, os itens que dessem alta proporção de frutos moca ou de sementes chocha ficariam com valor exagerado.

Além disso, o cálculo da percentagem de fertilização, no contróle acima indicado, vem mostrar a capacidade total dos óvulos, no cafeeiro, de se transformarem em sementes.

Calculou-se, também, a percentagem de sementes **verde** colhidas, isto é, a percentagem de sementes **verde** em relação ao número total de sementes, que, no exemplo citado, é de 8,5%.

Nos quadros 2 e 3 podem-se, ainda, observar, alguns itens como 1 e 16, 5 e 20, 3 e 18 e 6 e 21, que, embora a princípio realizados em cafeeiros independentes e com finalidades diferentes, se tornaram perfeitamente comparáveis pelo fato de se terem empregado cafeeiros de variedade *cêra*. Isso somente foi notado por ocasião da reunião geral dos dados. Assim, no item 3, procurou-se determinar o efeito do vento mais o da gravidade na polinização em geral, item êsse que inclui a autopolinização própria e mais os efeitos da gravidade e do vento na autopolinização e os efeitos da gravidade e vento na polinização estranha. Para determinação dêsse item, realmente não havia necessidade de usar o *cêra*. Usando essa variedade, porém, a percentagem de fecundação, que foi de 48,8%, pôde ser decomposta em 42,1% para sementes *cêra* e 6,7% para sementes **verde**. A percentagem de sementes **verde** em relação ao total de sementes foi de 13,7%. O item 18 corresponde ao estudo da autopolinização própria e mais os efeitos da gravidade e do vento como agentes da autopolinização. Usando-se plantas *cêra* foi possível separar as sementes *cêra* que representam êsse item. A percentagem total de fecundação, neste caso, foi de 44,1%, que se compôs em 37,7%, para as sementes *cêra*, e 6,4 para as sementes **verde**. Neste caso, a percentagem de sementes **verde**, em relação ao total, foi de 14,6%.

Como se vê, êsses dois conjuntos de dados, obtidos em cafeeiros independentes e durante um período de três anos, se tornaram perfeitamente comparáveis e se mostraram bem concordantes.

Os dados obtidos nos contrôles serviram também para confirmar alguns dos resultados encontrados em vários itens.

Com os dados do quadro 3, organizou-se uma relação geral do efeito máximo de cada um dos agentes de polinização, isto é, do vento, dos insetos e da gravidade, tanto na autopolinização como na polinização cruzada e tanto separadamente como em conjunto. Determinou-se também o efeito dêsses mesmos agentes em flores normais, isto é, não castradas. Todos os resultados diretos obtidos foram comparados com resultados calculados por diferença entre as percentagens de fecundação de diferentes itens, encontrando-se, quase sempre, resultados concordantes. O efeito direto dos agentes, em alguns casos, não pôde ser obtido, usando-se, para representá-lo, os resultados calculados por diferença.

No quadro 5, são apresentados alguns dêsses resultados, reunidos em dois grupos principais, isto é, indicando a capacidade máxima dos agentes da polinização (flores castradas) e o efeito natural dêsses agentes em flores normais. A ação conjunta total dos agentes é igualmente especificada.

QUADRO 5—Efeitos dos agentes de polinização sôbre as percentagens de fecundação, em flores castradas e em flores normais do cafeeiro

| Agentes de polinização | Percentagem de fecundação | | | |
|-----------------------------------|--|-------------------------|---|-------------------------|
| | Efeito máximo dos agentes (flores castradas) | | Efeito natural dos agentes (flores normais) | |
| | Na autopolinização | Na polinização estranha | Na autopolinização | Na polinização estranha |
| Vento | 5,8 (*) | 29,0 | 6,4 a 13,6 | 1,9 a 5,0 |
| Insetos | 22,6 (*§) | 15,2 a 18,7 (§) | 6,1 a 21,9 | 1,9 |
| Gravidade | 33,6 | 2,5 a 9,6 | 0,0 a 18,9 | 0,3 a 4,8 |
| Vento + Insetos + Gravidade | 25,2 | 10,2 | 18,5 a 32,7 | 4,1 a 5,2 |

(*) significa polinização dentro da planta.

(§) significa castração sem eliminar a corola.

Com exceção de um só caso, notou-se que as percentagens de fecundação correspondentes à polinização estranha são inferiores às percentagens na autofecundação, isso não só quando se considera a capacidade máxima dos agentes da polinização, como quando se determina o efeito natural desses agentes em flores normais.

Para se achar a capacidade máxima dos agentes da polinização, tornou-se necessário submeter o cafeeiro a condições bastante artificiais de meio. Por esse motivo, foram considerados de maior importância prática os resultados colhidos sôbre o efeito dos agentes da polinização em flores normais, embora alguns deles só pudessem ser obtidos por diferença entre valores de dois outros itens.

Entre esses agentes se nota que o vento e os insetos têm, aproximadamente, o mesmo efeito (6,1 a 21,9%) na autopolinização, sendo menor e mais variável o efeito da gravidade. Quanto à polinização estranha, os dados indicam que o vento parece ser o agente principal.

O efeito conjunto dos três agentes variou, nas flores normais, de 18,5 a 32,7% na autopolinização e de 4,1 a 5,2% na polinização estranha.

A percentagem de sementes resultantes da polinização estranha, procedentes de flores normais no cafézal, oscilou entre 7,3 a 9,0%. Este dado é de bastante interesse, pois vem indicar que no cafeeiro arábica é bem reduzida a percentagem de polinização estranha. Essas percentagens

são bem mais baixas que as dadas por Taschdjian (7), Krug (5) e Krug e Costa (6), que obtiveram um valor aproximado de 50% de polinização estranha usando o indicador genético *purpurascens*. Como já se mencionou, podem ser apontadas como as possíveis causas dessa alta percentagem de fecundação obtida com a variedade *purpurascens*, a mais baixa percentagem de germinação das sementes comparada com a das plantas verdes híbridas, ou uma provável diferença na biologia da flor do *purpurascens*, quando comparada com a do cêra. Esta variedade se aproxima muito da var. *typica*, ao passo que a var. *purpurascens* difere da var. *typica* principalmente na coloração geral da planta, inclusive dos órgãos florais, sendo também menor o número de flores.

Em vista dos atuais resultados obtidos, as experiências com a var. *purpurascens* deverão ser de novo repetidas.

Considerando o cafeeiro como planta praticamente autógama, não seria de se esperar acentuado vigor híbrido nos cruzamentos dentro da espécie *arabica*. Os resultados até agora obtidos pela Secção de Genética parecem indicar que isto é realmente o que acontece.

De uma maneira geral, observou-se que os dados colhidos sofrem grandes oscilações, em virtude dos fatores do meio ambiente. Isso, aliás, era de se prever. Se o vento fôr mais intenso durante o florescimento, êle mostrará um efeito mais acentuado. Se, ao contrário, fôr menos intenso, os insetos poderão passar a desempenhar um papel mais relevante. Com chuvas durante o florescimento, tanto a ação do vento como a dos insetos deverão ser diminuídas. As variações das condições atmosféricas devem determinar, pois, acentuada variação nos dados colhidos, numa mesma planta, com o mesmo item, em vários anos, como foi amplamente verificado, tornando tarefa difícil a apresentação dos dados obtidos.

4--RESUMO E CONCLUSÕES

Após esclarecer a importância dos estudos em questão e apresentar um resumo bibliográfico, os autores relatam as diferentes técnicas de isolamento dos cafeeiros e de castração das flores, a fim de se poder estudar, separadamente e em conjunto, os efeitos máximos, em flores castradas, e os efeitos naturais, em flores normais, dos agentes da polinização. São apresentados e discutidos, a seguir, os resultados obtidos nas observações realizadas, durante três anos, na Estação Experimental Central do Instituto Agrônomo de Campinas, sôbre mecanismo de transmissão do pólen em flores de *C. arabica*.

Foi estudado o efeito da autopolinização própria (dentro da mesma flor), bem como do vento, dos insetos e da gravidade, sòzinhos ou em conjunto, tanto na autopolinização como na polinização estranha. Observou-se que a influência desses agentes da polinização está sujeita a grandes oscilações, em virtude de numerosos fatores do ambiente; apesar disso, os dados obtidos são bastante significativos e de grande interesse.

Tomando por base o número total de óvulos de 1228 flores normais, verificou-se que apenas 62% dão origem a sementes. Êste valor representa

a percentagem geral de fecundação, que deve ocorrer em condições naturais. Verificou-se que a autofecundação própria, isto é, a autofecundação sem o auxílio do vento, insetos e gravidade, promove, em média, 24% de fecundação (dentro das flores). Medindo-se o efeito combinado do vento, insetos e gravidade, achou-se que 18,5 a 32,5% de fecundação são devidos à autopolinização e, 4,1 a 5,2%, à polinização cruzada. A análise dos dados também mostra que, com exceção de um só caso, as percentagens de fecundação são sempre mais elevadas quando estas são promovidas pela autopolinização. Estes resultados ressaltam a importância dos efeitos da autopolinização em *C. arabica*.

Os dados colhidos em flores castradas se mostraram particularmente úteis na determinação dos efeitos máximos de cada um dos agentes da polinização, estudados sob condições especiais de isolamento.

A análise geral de todos os dados indica que, nas flores normais, a influência do vento e dos insetos em promover a autopolinização é praticamente igual, sendo menor e mais variável o efeito da gravidade. Quanto aos fatores que afetam a polinização estranha, o vento parece constituir o agente principal.

Baseando-se em diversas amostras de números elevados de sementes, obtidas de flores normais, achou-se que a percentagem de sementes resultantes da polinização estranha, no cafézal, oscila entre 7,3 a 9,0%. Estas percentagens são comparáveis às já mencionadas, de 4,1 a 5,2%; enquanto estes valores foram calculados a partir do número total de óvulos, os valores 7,3 a 9,0% foram obtidos, independentemente, a partir das sementes colhidas. Estes dados novamente mostram a limitada ocorrência da fertilização cruzada em *C. arabica*.

SUMMARY

This paper describes the methods used and presents an analysis of the results obtained from three years of study, to determine the separate and inter-related effects of various agents such as gravity, wind and insects, in the pollination of flowers of *Coffea arabica* L.

Observations were made and data obtained from several thousands of normal and castrated flowers that were maintained under natural and controlled conditions. It has been found that the importance of gravity, wind, and insects in pollination of the flowers may vary appreciably in relation to local environmental influences. The data obtained, however, indicate certain trends that are of definitive interest.

Based on the total number of ovules, it was found that in 1228 normal flowers observed, 62 percent produced seed. This value is believed to represent in general the percentage of fertilization that might be expected to occur naturally. In tests designed to exclude the influence of wind, insects, and gravity, it was found that an average of 24 percent fertilization (within flowers) occurred. In measuring the effects of the combined agents of wind, insects and gravity it was found that 18.5 — 32.7 percent fertilization occurred as a result of self-pollination and 4.1 to 5.2 percent was due to cross-pollination. Analysis of the data also show in all except one case, the percentage of fertilization resulting from self-pollination was higher than that from cross-pollination. These findings show the importance of self-pollination in *Coffea arabica*.

The use of castrated flowers was particularly helpful in determining the maximum effect of each of the pollinating agents studied under isolated controlled conditions.

The general analysis of all data indicates that in the case of self-pollinated normal flowers the influence of wind and insects are about equal and that the effect of gravity is relatively less and likely to be of variable importance. In the case of factors affecting cross-pollination of normal flowers, wind seemed to have the most important influence.

Based on a study of several different samples with large numbers of seed harvested from normal flowers, it was also found that the percentage of seed resulting from cross-pollination was 7.3 — 9.0%. This percentage range of 7.3 — 9.0 is comparable to that of 4.1 — 5.2 shown above, the latter percentage range being based on total ovules and the former on the total seed harvested. Again these data emphasize the relatively limited occurrence of cross-pollination in *C. arabica*.

LITERATURA CITADA

1. **Cramer, J. S. and P. C. van der Wolk.** *Em* Fruwirth, C. Handbuch der landwirtschaftlichen Pflanzenzüchtung. Kaffee. 5 : 143-161. 1923.
2. **Ferwerda, F. P.** A evolução do café em Java II. *A Fazenda* 43 : 32-35. 1948.
3. **Heribert-Nilsson, N.** Versuche über den Vizinismus des Roggens mit einem pflanzlichen Indikator. *Zeitschrift für Pflanzenzüchtung* 5 : 89-114. 1917.
4. **Krug, C. A.** Hybridization in Coffee. *Journal of Heredity* 26 : 325-330, fig. 14-18. 1935.
5. **Krug, C. A. e A. S. Costa.** Criação de variedades melhoradas de café. *A Fazenda* 42 : 35 e 46-47. 1947.
6. **Krug, C. A.** Melhoramento do cafeeiro. *Revista da Super. dos Serviços do Café de São Paulo* 20 : 863-872. 1945.
7. **Taschdjian, E.** Beobachtung über Variabilität, Dominanz und Vizinismus bei *Coffea arabica*. *Zeitschrift für Züchtung* 17 : 341-354. 1932.
8. **Zimmermann, A.** *Em* Kaffee. Auslandbücherei, Berlin. 1928.