

OBSERVAÇÕES CITOLÓGICAS EM *PELARGONIUM* (1)

CÂNDIDA H. T. M. CONAGIN, engenheiro-agrônomo, Seção de Citologia, Instituto Agrônomo.

RESUMO

As variedades de pelargônio aromático existentes na Seção de Fumo, Plantas Medicinais e Inseticidas, do Instituto Agrônomo, são completamente estéreis. Atendendo a um plano de trabalhos em colaboração, um estudo citológico foi conduzido, como ponto de partida para as pesquisas sobre essa esterilidade.

Os processos da formação do pólen, do saco embrionário e da fertilização são normais; esta última, no entanto, é muito rara, e o embrião e o endosperma não ultrapassam o estado inicial.

Foi constatado um mecanismo para a esterilidade masculina, impedindo a polinização dos estigmas. Além disso, parece provável que causas fisiológicas, agindo após a fertilização, sejam responsáveis pela paralisação do desenvolvimento dos sacos embrionários fertilizados.

Em algumas variedades de pelargônio ornamental foram feitas observações paralelas, tendo sido verificado que, citologicamente, as variedades estéreis se comportam como as variedades aromáticas; diferem delas, entretanto, por não apresentar o mecanismo para esterilidade masculina; outras causas devem ser responsáveis pela esterilidade dessas variedades. Nas variedades férteis o processo da formação da semente é inteiramente normal.

1 — INTRODUÇÃO

Dentre os óleos essenciais de grande interesse econômico destaca-se o óleo de gerânio, largamente utilizado em perfumaria.

É necessário esclarecer, logo no início deste trabalho, que o nome «óleo de gerânio», embora adotado universalmente, não é cientificamente certo; as plantas produtoras desse óleo pertencem ao gênero *Pelargonium*, da família *Geraniaceae*; o único *Geranium* que produz óleo essencial e, assim mesmo, em muito pequena quantidade, é o *G. macrorrhizum* Picard, nativo na Bulgária e outros países dos Balcãs. São conhecidas como produtoras de óleo as espécies *Pelargonium graveolens*, *P. roseum*, *P. radula*, *P. capitatum*, *P. odoratissimum*, *P. fragrans*

(1) Recebido para publicação a 25 de novembro de 1963.

e *P. terebinthinaceum*. Segundo Guenther (8), duas destas espécies não são próprias para a indústria: a *P. odoratissimum*, por ter um odor desagradável, e a *P. fragrans*, cujo perfume é diferente do perfume do «óleo de gerânio».

O gênero *Pelargonium* é nativo na Província do Cabo (União Sul-Africana); no fim do século XVII (1690) estacas foram exportadas para a Europa, especialmente para a Inglaterra, onde as plantas foram intensamente hibridadas; de lá, foi o material re-exportado para a França e outros países. É muito provável, assim, que tôdas as espécies e variedades de *Pelargonium* produtoras de óleos comerciais sejam descendentes dos híbridos criados na Europa.

A hibridação das plantas de *Pelargonium* introduzidas na Europa explica o fato de ser muito difícil distinguir as numerosas variedades e formas hoje existentes, assim como explica também a dificuldade de serem obtidas sementes ou sua germinação quando são produzidas. Por essa razão, a propagação de *Pelargonium* é realizada sempre vegetativamente.

Na Seção de Fumo, Plantas Medicinais e Inseticidas, do Instituto Agrônômico, são cultivadas diversas variedades de *Pelargonium* aromático, produtoras de óleo; tôdas elas são estéreis, não tendo nunca sido observada uma semente sequer. A pedido daquela Seção foi estabelecido um programa de pesquisas citológicas básicas para esclarecer as razões da esterilidade. No programa de trabalho foram incluídas, como termo de comparação, formas férteis e estéreis de pelargônio ornamental, encontradas na Seção de Floricultura deste Instituto.

Os primeiros resultados das pesquisas são aqui apresentados.

Muito escassa é a bibliografia científica sobre *Pelargonium* correlacionada com o presente trabalho. Podem ser citadas as descrições botânicas encontradas em Bailey (2), Engler (6), Wettstein (20), Rendle (14) e Bower (4), além do ótimo resumo encontrado em Guenther (8). Sobre pesquisas citológicas, há os trabalhos de Schürhoff (15), Gauger (7) e Tamai, Tokumasu e Shinohara (18).

Dos três trabalhos citológicos, apenas o de Schürhoff (15) será discutido; os outros dois referem-se respectivamente à contagem do número de cromossomos e a tratamentos pela colchicina, assuntos esses que serão discutidos em outro trabalho.

2 — MATERIAL E MÉTODO

São as seguintes as variedades de pelargônio aqui estudadas:

a) *Pelargônio aromático*: Americano, Campos do Jordão, Carmelita, Moji, Peru, Pé de Galinha e Rancho Alegre;

b) *Pelargônio ornamental*: entre os vários tipos encontrados na Seção de Floricultura foram estudados os que numeramos P-1, P-2 e P-6.

No caso dos pelargônios aromáticos, trata-se, naturalmente, de nomes dos locais de proveniência, e sua identificação dentro da sistemática dependeria de estudos botânicos detalhados, que não fazem parte deste trabalho. Foram, entretanto, feitas algumas observações que permitiram uma descrição sucinta, salientando as suas principais características morfológicas.

Os estudos sobre o pólen, sobre a formação do saco embrionário e sobre a fertilização, foram feitos comparativamente nos pelargônios aromáticos e nos ornamentais.

Para estudar o pólen foi feito o esmagamento de anteras de diversas idades, em carmim acético.

As observações sobre a formação do saco embrionário e a fertilização foram feitas em botões de diferentes tamanhos e correspondente estado de maturação. Foi estudada a seqüência dos dois processos, em duas variedades aromáticas, ambas estéreis (Peru e Moji) e em três ornamentais, sendo uma fértil (P-1) e duas estéreis (P-2 e P-6). Foram examinados desde botões muito novos até flôres abertas, cujas pétalas e anteras já se tinham soltado, e também alguns mericarpos em desenvolvimento encontrados na variedade ornamental fértil.

Nas sete variedades de pelargônio aromático e nas três de pelargônio ornamental foi feito ainda o estudo comparativo dos ovários de flôres abertas.

Quando muito pequenos, os botões eram fixados inteiros; quando o seu tamanho o permitia, as sépalas, pétalas e estames eram retirados, sendo fixados apenas os ovários.

A fixação foi feita em Craf, sendo o material cortado a 10 micros e colorido pela hematoxilina férrica de Heidenhein.

As microfotografias foram tiradas com o Fotomicroscópio Zeiss (1).

(1) Agradecemos à Eng.ª-Agr.ª Dixier Marozzi Medina a colaboração na parte fotográfica deste trabalho.

3. — OBSERVAÇÕES

3.1 — DESCRIÇÃO BOTÂNICA DAS VARIEDADES ESTUDADAS

3.1.1 — PELARGÔNIO AROMÁTICO (2)

Variedades Rancho Alegre, Campos do Jordão, Moji, Peru, Carmelita e Americano — Subarbusto erecto, ramificado, piloso; pecíolo cêrca de 6 cm longo; estípulas cuneiformes, mucronadas; fôlhas com 11-13 cm de largura, limbo pinatifido, bastante recortado, denteado, margens revolutas, glabro na página superior e pêlos na inferior, principalmente nas nervuras; inflorescência umbela, com 5-9 flôres, pedúnculo cêrca de 7 cm longo, brácteas acuminadas; flôres pequenas, róseas, curto-pediceladas; cálice piloso, sépalas 5, setosas, mucronadas, cálice 5-partido, o segmento superior com o tubo nectarífero (espora) reduzido e aderente ao tubo do cálice; pétalas 5, as 2 superiores maiores, com estrias mais escuras na base e separadas das 3 inferiores; estames 10, sendo 7 anteríferos, anteras indeiscentes, filêtes concrecentes na base; ovário e base do estilo lanosos e estigma 5-partido.

Classificação botânica: *Pelargonium radula* L'Her. ou, mais provavelmente, um híbrido entre esta espécie e *P. graveolens* L'Her.

Variedade Pé de Galinha — Bastante variável com relação a certos característicos, esta variedade difere das anteriores nos seguintes detalhes: limbo das fôlhas bem menos recortado e bordos não denteados; cálice com 5 sépalas, às vêzes 4, diferentemente imbricadas; estigma indiviso, bifido ou laciniado, porém nunca 5-partido; ovário glabro ou com 1 ou mais carpelos glabros e os outros lanosos.

Classificação botânica: Parece tratar-se de mutação de uma das variedades acima.

3.1.2 — PELARGÔNIO ORNAMENTAL

Variedade P-1 — Flôres de 5 pétalas, côr rosa, muitas flôres por inflorescência. Botões alongados. Fértil.

Variedade P-2 — Flôres de 6-7 pétalas, côr rosa forte, muitas flôres por inflorescência. Botões globosos. Estéril.

Variedade P-6 — Flôres de muitas pétalas, vermelho, estéril.

(2) A descrição botânica destas variedades foi feita pelo Eng.º-Agr.º Oswaldo Bacchi, Chefe da Seção de Botânica, a quem agradecemos a colaboração.

3.2 — PÓLEN

Descrevendo sucintamente a microsporogênese das *Geraniaceae* Schürhoff (15) afirma que «o desenvolvimento do pólen segue o tipo normal das dicotiledôneas, a formação das tétrades sendo de acôrdo com a divisão simultânea das células»; segundo êle, a verificação de que no grão de pólen maduro já se realiza a divisão do núcleo reprodutivo foi

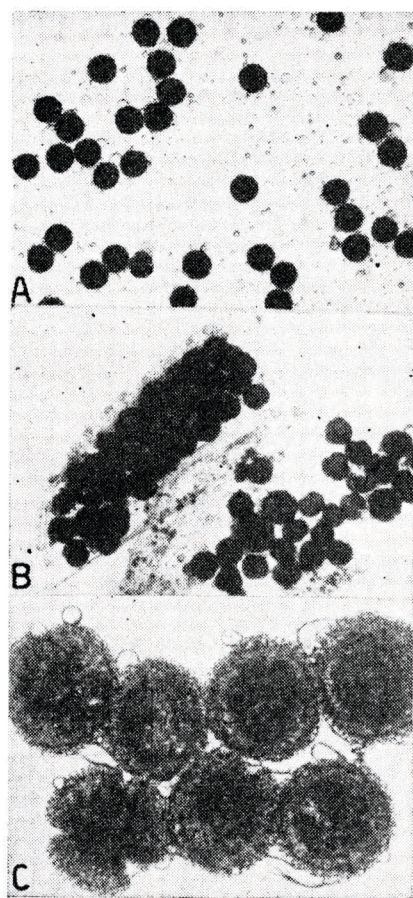


FIGURA 1. — *Pelargonium*. A. Variedade ornamental. Grãos de pólen soltos, 100x. B e C. Variedade aromática "Americano". Grãos de pólen ligados pelo periplasmódio. B, 100x. C, 410x.

feita pela primeira vez por Elfving (5) em *Geranium hookerianum*, e por Strassburger (17) em *Erodium cicutarium*.

Examinado em uma gôta de carmim acético, o pólen de pelargônio se apresenta esférico e de tamanho uniforme.

Nas variedades de pelargônio aromático, o exame de anteras e botões de diferentes idades mostrou que há formação de um periplasmódio; só em botões muito novos, nos quais os grãos de pólen são recém-formados, é que êstes se acham livres dentro do saco polínico; na época em que deveria se dar a deiscência das anteras, ela não se realiza e os grãos de pólen não se soltam, imersos que estão no periplasmódio (figura 1B e C).

Nas formas ou variedades de pelargônio ornamental estudadas, tanto férteis como estéreis, o que acontece é diferente: forma-se também um periplasmódio, o qual deve ser absorvido à medida que se processa o amadurecimento dos grãos de pólen, ficando êstes completamente livres dentro do saco polínico da antera madura (figura 1-A).

A formação de um periplasmódio, resultante do extravasamento do conteúdo das células do tapête, é um processo comumente encontrado (1, 10, 12, 19) e foi mesmo descrito em *Geraniaceae*: por Schürhoff (15), em *Pelargonium zonale* e *Geranium robertianum*, e por Strassburger (16), em *Geranium cristatum* e *G. sanguineum*. Entretanto, ao contrário do que acontece em todos os casos citados na literatura acima, nos quais o periplasmódio é consumido na época em que os grãos de pólen atingem a maturidade, nas variedades aromáticas em estudo o periplasmódio persiste mesmo em anteras de flôres abertas.

3.3 — DESENVOLVIMENTO DO SACO EMBRIONÁRIO

Os primeiros estudos sôbre a formação do saco embrionário em *Geraniaceae* foram feitos por Billings, em 1901 (3), nos gêneros *Geranium*, *Pelargonium* e *Erodium*. Verificando ser um processo comum para os três, o autor só o descreveu para *Geranium pratense*. O desenvolvimento do embrião foi descrito minuciosamente por Hegelmaier (9) nesse mesmo gerânio. Realizando os mesmos estudos em *Pelargonium zonale*, *Geranium robertianum* e *G. pyrenaicum*, Schürhoff (15) também verificou a uniformidade do fenômeno.

O mesmo foi constatado por nós para tôdas as variedades de pelar-

gônio aromático e ornamental estudadas. A formação do saco embrionário é do tipo normal (11).

3.3.1 — PELARGONIO AROMÁTICO

A célula-mãe do macrósporo se forma quando os integumentos ainda não estão diferenciados (figura 2-A), localizando-se na extremidade do óvulo e sendo recoberta apenas por duas a três camadas de nucelo. Ao se preparar para a meiose, a célula-mãe aumenta de volume, permitindo ver, nitidamente, o nucléolo e o enovelamento cromossômico em «sinizesis» (figura 2-B).

Em seguida, torna-se alongada, ao mesmo tempo em que são observadas certas modificações no óvulo: o nucelo, que era de 2-3 camadas na região apical, torna-se mais espesso, e os dois integumentos se completam, formando a micrópila; o integumento interno se apresenta com 2-3 camadas de células e o externo, um pouco mais espesso, com 4-5 (figura 2-C).

Na célula-mãe alongada se realiza a meiose, resultando, assim, primeiro dois, depois quatro macrósporos (figura 3-A e B), dos quais o chalazal é o macrósporo funcional; este, por mitoses sucessivas, dá dois, quatro e, por último, oito núcleos, os quais, depois de diferenciados, constituem os núcleos do saco embrionário (figura 3-C, D, E).

No saco embrionário se encontram uma oosfera e duas sinérgidas, na região micropilar, e dois núcleos polares na célula central; as antipodas têm duração muito efêmera, pois raramente são encontradas. Uma característica interessante de pelargônio é o tamanho do nucléolo dos núcleos polares, que é bastante grande, principalmente quando estes já se encontram fundidos.

Em virtude da dificuldade de determinar a idade dos botões, as observações citológicas foram sempre relacionadas com o desenvolvimento relativo de suas partes.

Em botões muito novos, nos quais mal se distinguem as anteras e o estigma, foram encontrados sacos embrionários que se desenvolveram até o ponto da segunda divisão meiótica da célula-mãe do macrósporo. Pela alta porcentagem de óvulos que apresenta a célula-mãe apenas diferenciada, pode-se deduzir que os óvulos permanecem um tempo relativamente longo neste estado.

Em botões gradativamente mais velhos, com as anteras bem dis-

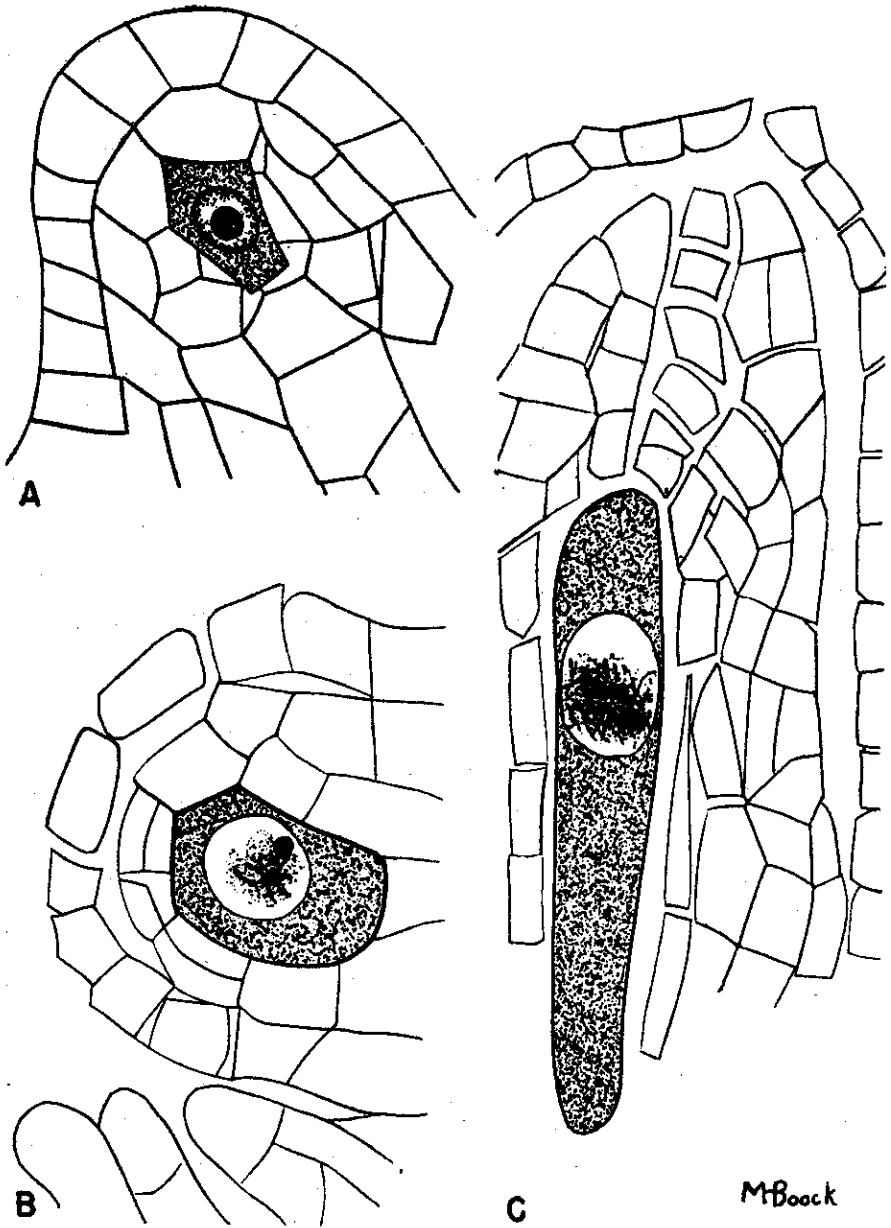


FIGURA 2. — *Pelargonium*. A, B, C. Estados progressivos do desenvolvimento da célula-mãe do macrósporo. 1000x.

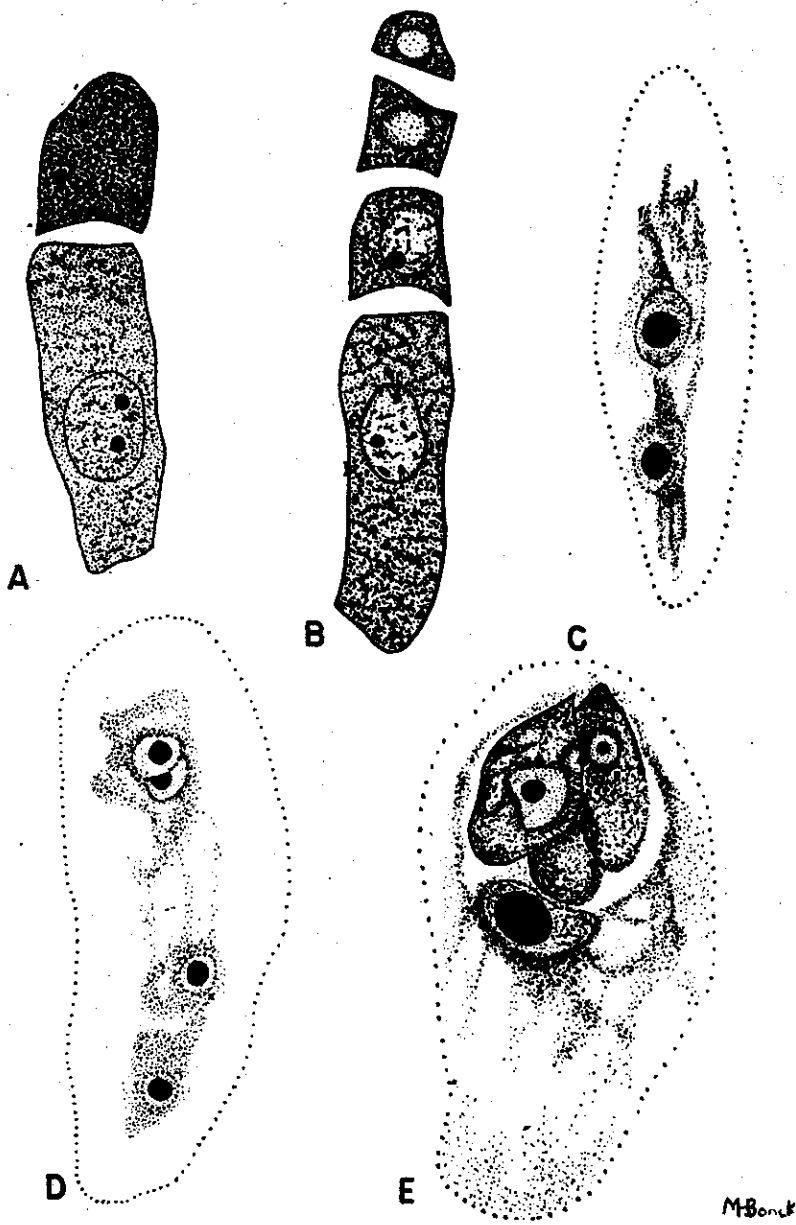


FIGURA 3. — *Pelargonium*. A, B. Primeira e segunda divisões da célula-mãe do macrósporo. 1000x. C, D. Saco embrionário com dois e com quatro núcleos. 670x. E. Saco embrionário formado, apresentando o conjunto micropilar e o núcleo secundário; as antípodas já não existem mais. 670x

MBont

tintas e cada vez mais maduras, também vão sendo encontrados estados mais adiantados dentro do óvulo. Nesses botões mais desenvolvidos, que serão analisados a seguir, duas classes de sacos embrionários foram analisadas com mais detalhes: os normais e os anormais.

Foram considerados normais:

a) os sacos embrionários completos, isto é, que apresentavam o conjunto micropilar e os núcleos polares separados ou fundidos, uma vez que a degenerescência das antípodas acontece muito cedo;

b) os sacos embrionários incompletos, isto é, aqueles nos quais faltava um destes elementos; as células ou núcleos presentes tinham, entretanto, aspecto perfeitamente normal;

c) os sacos embrionários fertilizados ou com evidência de fertilização; estes casos incluem presença do tubo polínico e de gametas junto à oosfera e aos núcleos polares, aspecto da oosfera fertilizada e presença de tubo polínico na região micropilar.

Foram considerados anormais:

a) os sacos embrionários com manchas, com restos de células ou com células deformadas, isto é, parcial ou totalmente degenerados;

b) os sacos embrionários sem células ou núcleos (vazios);

c) os sacos embrionários que apresentavam maior número de células ou outras anomalias, aliás, bastante raras.

Os pelargônios Peru e Moji, que foram estudados mais detalhadamente, permitiram ver que é a seguinte a marcha do desenvolvimento do saco embrionário: em botões com anteras verdes, predominam os óvulos que apresentam o macrósporo funcional ou as suas divisões dando os oito núcleos finais; quando as anteras estão maduras, amarelas, predominam os sacos embrionários completos e em início de degenerescência. O estado atingido pelos sacos embrionários em botões de anteras maduras permanece mais ou menos inalterado durante alguns dias, enquanto a flor expande a sua corola e mesmo depois que esta cai; em seguida, o ovário murcha e seca, juntamente com as outras partes da flor.

3.3.2 — PELARGÔNIO ORNAMENTAL

O estudo da formação do saco embrionário em pelargônios ornamentais mostrou que a marcha do processo é idêntica à das variedades

aromáticas; também é a mesma no caso das formas ou variedades férteis e estéreis do pelargônio ornamental.

Sempre se forma um saco embrionário normal com o conjunto micropilar e dois núcleos polares, sendo as antípodas de muito curta duração.

Em botões muito novos encontram-se células-mães do macrósporo apenas diferenciadas. À medida que os botões vão-se desenvolvendo dá-se a meiose normal na célula-mãe do macrósporo, e um saco embrionário idêntico ao já descrito para as variedades aromáticas é formado.

Considerando os botões fechados, é interessante notar que, como nos pelargônios aromáticos, também nos pelargônios ornamentais há uma alta frequência de óvulos nos quais está se processando a meiose no macrósporo funcional. Em óvulos de flôres abertas da variedade fértil foi muito alta a porcentagem de óvulos fertilizados.

3.4 — FERTILIZAÇÃO

O processo da fertilização nas variedades ou formas de pelargônio aqui estudadas, sejam elas férteis ou estéreis, aromáticas ou ornamentais, é perfeitamente normal e idêntico em tôdas.

O tubo polínico, descendo pelo estigma e penetrando nos óvulos, realiza a dupla fertilização pela fusão da oosfera com um dos gametas, e dos núcleos polares com o outro. O aspecto da oosfera fertilizada e dos núcleos do endosperma é normal em qualquer dos casos (figura 4-A, B).

As observações feitas em pelargônios aromáticos mostraram que em botões fechados foram encontrados sinais de tubo polínico, gametas dentro do saco embrionário e até mesmo evidências de início de endosperma. Embora muito raros, estes casos mostram que há possibilidade de um ou outro grão de pólen germinar no estilo da própria flor. Em flôres abertas foi relativamente alta a porcentagem de óvulos fertilizados, cujo desenvolvimento, entretanto, não ultrapassou de um embrião apenas inicial e de alguns núcleos de endosperma.

Considerando os pelargônios ornamentais, onde o estudo foi feito, comparativamente, da mesma maneira, foi observado que, mesmo nas variedades estéreis, houve oosferas fertilizadas e presença de tubos polínicos em botões fechados. Na variedade fértil o desenvolvimento

se completou, tendo sido possível colher algumas sementes, das quais, entretanto, muito poucas germinaram. É interessante acrescentar que, embora todos os ovários examinados apresentassem dois óvulos, apenas uma semente foi encontrada, preenchendo todo o espaço do mericarpo. Aliás, este fato é citado nos trabalhos botânicos nos quais o autor faz referência ao fruto e à semente (2, 4, 14).

O processo da fertilização em *Geranicaea* foi estudado por Billings (3), em *Geranium pratense*, e por Schürhoff (15), em *Pelargonium zonale*, *Geranium robertianum* e *G. pyrenaicum*, e descrito como um processo normal; ambos fazem referência à formação de um endosperma e de um haustório de suspensor.

No estudo aqui apresentado nenhum saco embrionário foi observado com o embrião se desenvolvendo; a oosfera fertilizada e os núcleos de endosperma foram as únicas evidências de que a fertilização se realizou.

Estados posteriores de desenvolvimento não foram analisados microscopicamente pelas seguintes razões: 1.º) nos pelargônios aromá-

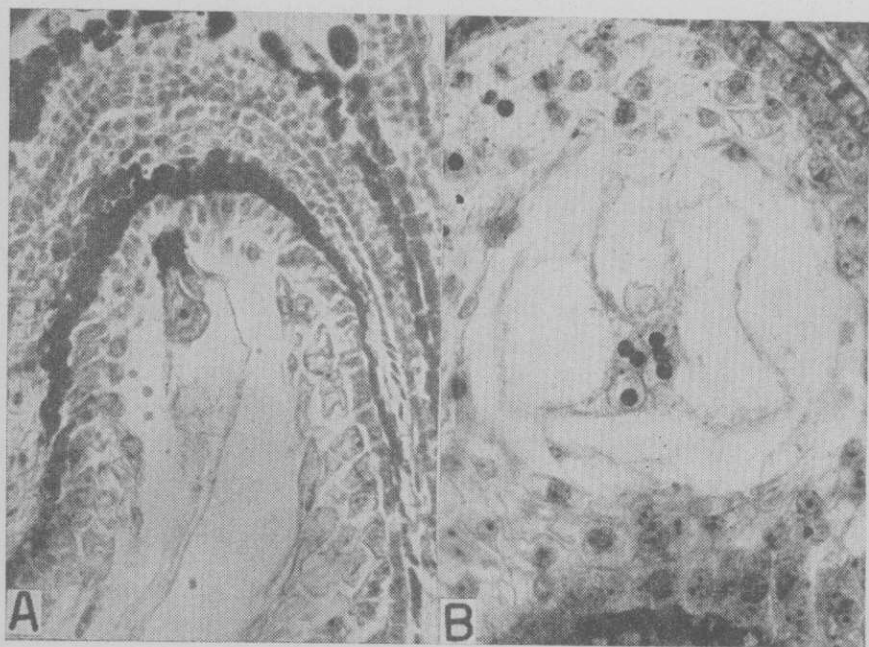


FIGURA 4. — *Pelargonium*. A. Oosfera fertilizada e restos de tubo polínico. 255x. B. Primeiros núcleos de endosperma. 382x.

tiços, que são absolutamente estéreis, não há estados posteriores, pois os ovários e óvulos murcham logo após a queda das pétalas; 2.º) nos pelargônios ornamentais, ou eles são estéreis e acontece o mesmo, ou a formação da semente nos mericarpos é a evidência que procurávamos da sua fertilidade, sendo desnecessário o estudo dos estados entre fertilização e o seu resultado final.

Conclui-se daí que, ao contrário dos nossos, os gêneros utilizados por êsses dois autores devem ser férteis.

Diz também Schürhoff (15) em seu trabalho que os sacos embrionários estéreis «deixam-se precocemente reconhecer, pois que o involúcro exterior da semente se colore de marrom, assim como uma camada interna do integumento» e que «essa camada marrom não se processa na chalaza».

Uma região de células esclerosadas, que se colore às vêzes de marrom e outras de quase negro pela hematoxilina, foi encontrada na parte mais interna dos integumentos, na região micropilar, coincidindo com a camada descrita por Schürhoff; entretanto, no material por nós examinado, ela foi encontrada em todos os pelargônios, tanto aromáticos como ornamentais, tanto férteis como estéreis.

4 — DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

As variedades de pelargônio aromático existentes no Instituto Agrônomo são estéreis, nunca tendo produzido uma semente, apesar de florescerem normalmente.

As observações realizadas revelaram que existe um verdadeiro mecanismo para a esterilidade masculina; logo após a abertura da flor as anteras murcham e se desprendem dos filêtes sem ter sofrido a deiscência; além disso, foi verificada a existência de um periplasmódio que persiste mesmo depois de a antera estar madura, ligando os grãos de pólen entre si em verdadeiras massas polínicas, impedindo-os de se espalhar e de se depositar sobre os estigmas da própria flor ou de flôres diferentes.

Citologicamente, foi verificado não haver anomalias; embora não tenha sido feito um estudo da microsporogênese, a uniformidade de tamanho dos grãos de pólen indica que ela é normal; a macrosporogênese e a formação do saco embrionário foram bem estudadas, revelando-se também perfeitamente normais; foram encontrados raros casos

de fertilização. A maioria dos óvulos, entretanto, murcha e seca sem produzir semente.

O estudo dos mesmos processos em pelargônios ornamentais revelou que eles são perfeitamente comparáveis em todos os pelargônios estudados. Entretanto, para as formas estéreis destes pelargônios não foi encontrado um mecanismo para esterilidade masculina, como no caso do pelargônio aromático, já discutido: as anteras são deiscentes e o pólen, completamente livre (o periplasmódio existente em estados jovens das anteras desaparece nas anteras maduras) recobre intensamente o estigma das flôres abertas; apesar disso, raros também são os casos de fertilização e estes não passam dos estados iniciais de embrião e endosperma.

Deixando para discutir em outro trabalho a questão da poliploidia, pode-se, em face dos conhecimentos adquiridos, pensar que nas variedades aromáticas de *Pelargonium* existe um mecanismo para esterilidade masculina, o qual, entretanto, não é o único responsável pela sua esterilidade; deve, além dêle, haver distúrbios fisiológicos que impedem o desenvolvimento posterior dos sacos embrionários fertilizados.

CYTOLOGICAL OBSERVATIONS ON *PELARGONIUM*

SUMMARY

This paper presents the basic cytological studies on some commercial varieties of *Pelargonium*, which have been cultivated in our Institute for oil production.

Pollen grains and embryo sac are formed after a normal process, but fertilization takes place very rarely; in the fertilized embryo sacs only initial divisions of the embryo and endosperm have been found.

There is a mechanism for male sterility besides some physiological disturbances in all these varieties.

Following the same scheme, some observations have been made on three varieties of showing *Pelargonium*. The sterile varieties are cytologically similar to the commercial varieties, but do not show a mechanism for male sterility. In the fertile varieties seed production is normal.

LITERATURA CITADA

1. AGRAVAL, J. S. The embryology of *Lilaea subulata* H. B. K. with a discussion on its systematic position. *Phytomorphology* 2:15-29. 1952.
2. BAILEY, L. H. *Geranium. Pelargonium*. In *The Standard Cyclopedia of Horticulture*, New York, The MacMillan Company; London, MacMillan & Co. Ltd., 1930. p. 1330-1332 e 2525-2534.

3. BILLINGS, H. Beiträge zur Kenntnis der Samenentwicklung. Flora, Bd. 88. 1901. [Original não consultado; extraído de SCHÜRHOFF, P. N. (15)].
4. BOWER, F. O. Order *Geraniales*. In Botany of the living plant. London, The MacMillan & Co. Ltd., 1939. p. 627-628.
5. ELFVING, F. Studien über die Pollenkörner der Angiospermen. Jena Zeitschr. f. Naturwiss. Bd. 13, 1878. [Original não consultado; extraído de SCHÜRHOFF, P. N. (15)].
6. ENGLER, A. *Geraniaceae*. In Das Pflanzenreich. Vol. IV. Leipzig Verlag von Wilhelm Engelmann, 1912. p. 1-640.
7. GAUGER, W. Ergebnisse einer zytologischen Untersuchung der Familie der *Geraniaceae*. I. Planta 26:529-531. 1937.
8. GUENTHER, E. The Essential Oils. Vol. IV. Individual essential oils of the plant families *Gramineae*, *Lauraceae*, *Burscraceae*, *Myrtaceae*, *Umbelliferae* and *Geraniaceae*. Toronto, New York, London, D. Van Nostrand Company, Inc., 1950. p. 679-737.
9. HEGELMAIER, F. Vergleichende Untersuchung über die Entwicklung dikotyledoner Keime. Stuttgart, 1878. [Original não consultado; citado por SCHÜRHOFF, P. N. (15)].
10. JOHRI, B. M. & KAPIL, R. N. Contribution to morphology and life of *Acalypha indica* L. Phytomorphology 3:137-151. 1953.
11. MAHESHWARI, P. The Angiosperm Embryo-sac. The Bot. Rev. 14: 1-5. 1948.
12. MAHESHWARI, S. C. The embryology of *Wolffia*. Phytomorphology 4:355-365. 1954.
13. RANDOLPH, L. F. New fixing fluid and a revised schedule for paraffin method in plant cytology. St. Techn. 10:95-96. 1935.
14. RENDLE, A. B. Order *Geraniales*. In The Classification of Flowering Plants, vol. II. Cambridge Biological Series, 1925. p. 267-273.
15. SCHÜRHOFF, P. N. Zytologische Untersuchungen in der Reihe der *Geraniales*. Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik: 63:707-759. 1924.
16. STRASBURGER, E. Über den Bau und das Wachstum der Zellhäute, 1882. [Original não consultado; extraído de SCHÜRHOFF, P. N. (15)].
17. ———. Neue Untersuchungen über den Befruchtungsvorgang der Phanerogamen. Jena, 1884. [Original não consultado; extraído de SCHÜRHOFF, P. N. (15)].
18. TAMAI, T., TOKUMASU, S. & SHINOHARA, K. Studies on the breeding of *Pelargonium* species used for the essential oil production. I — Artificially induced tetraploid plant in *Pelargonium roseum*. Jap. Journ. Breeding 7(3):139-140. 1958.
19. VENKATESH, C. S. The form, structure and special ways of dehiscence of anthers of *Cassia*. II. Subgenus *Lasiorhegma*. Phytomorphology 6: 272-277. 1956.
20. WETTSTEIN, R. Familia *Geraniaceae*. In Tratado de Botânica Sistemática. Buenos Ayres, Editorial Labor, S. A., 1944. p. 763-764.