

Partenocarpia induzida
com o
ácido β - naftóxi - acético
Parthenocarpy induced with β - Naphthoxy -
Acetic Acid.

Mário G. Ferri e Aylthon B. Joly

1948
São Paulo

INTRODUÇÃO E REVISÃO DA LITERATURA

O desenvolvimento do ovário de uma flor e sua conseqüente transformação em fruto exigem, em geral, a fecundação. A explicação hoje mais aceita para essa observação antiga é que o grão de polen traz uma reserva de hormônio que ao difundir-se no ovário através do tubo polínico excita o seu desenvolvimento. Não se deve, no entanto, esquecer que em muitos casos, especialmente de cruzamentos interespecíficos, o ovário não fecundado pode transformar-se num fruto aparentemente normal. Esses frutos, porém, são sem sementes. Uma explicação aceitável para esse caso é que os tubos polínicos parcialmente desenvolvidos, desprendem os hormônios que estimulam o desenvolvimento do ovário, mas como não ha fecundação (copulação da oosfera com o gameta masculino) os óvulos não podem se transformar em sementes.

Que o estímulo trazido pelos grãos de polen não pode ser senão de natureza química já se supunha desde ha muito. Em 1902, por exemplo, *Massart* (22) observou que polen morto colocado sôbre o estigma de uma orquídea era capaz de causar um pequeno desenvolvimento do ovário. *Fitting* (6) fez em 1909 extratos de polínios em água quente ou fria ou em álcool e observou que esses extratos, colocados sôbre estigmas, causavam análogamente um pequeno desenvolvimento do ovário. Esses resultados foram confirmados em 1932 por *Laibach* (21).

Yasuda (27) conseguiu mais tarde (1934) um notável desenvolvimento do ovário de beringela injetando-o com extrato aquoso de polen de *Petunia*. O ovário que tinha inicialmente 4,9 x 5,6 mm atingiu 41,1 x 73,00 mm. *Yasuda* (28) confirmou esses resultados para outras plantas e, em 1935, fez a observação de que extrato de polen de abóbora era ativo no ovário da mesma planta.

Todas essas pesquisas abriram o caminho para o grande progresso que na última década se fez neste campo. Com o conhecimento de compostos químicos que influenciam diversas

manifestações do crescimento e desenvolvimento das plantas (hormônios sintéticos, heteroauxinas), surgiu a pergunta se tais compostos não seriam capazes de induzir a partenocarpia, em outras palavras, se não teriam êles a capacidade de substituir o estímulo polínico.

Gustafson (8) abordou essa questão em 1936, realizando inúmeras experiências nas quais distribuiu suas plantas em 3 lotes: o primeiro, de plantas que foram polinizadas; o segundo, de plantas não polinizadas mas tratadas com uma mistura de uma heteroauxina em lanolina e o terceiro, de plantas nem polinizadas, nem tratadas, para controle. Experiências prévias tinham mostrado que lanolina só não tinha efeito sobre o crescimento do ovário; também o polen colocado sobre estigmas cortados não germinou. Assim, as plantas da experiência, quando tratadas com hormônio, não precisavam ser protegidas contra a polinização, porque seus estigmas eram sempre cortados. Os compostos químicos empregados por *Gustafson* foram: 3 compostos indólicos e o ácido fenil-acético, em geral na concentração de 1%. Inúmeras espécies de plantas foram usadas. Os resultados obtidos podem ser resumidos do seguinte modo: a) na falta de polinização e de tratamento nunca se formaram frutos nas condições da experiência; b) polinização determina formação de frutos normais; c) tratamento químico pode induzir formação de frutos, mas êstes são sem sementes.

Mais tarde *Gustafson* (9) publicou novas observações das quais a mais importante é a de que polen de várias plantas, extraído com clorofórmio, deixa por evaporação um resíduo que adicionado à lanolina e aplicado ao estigma cortado de certas plantas, produz desenvolvimento do ovário. As quantidades de hormônio extraído variam com a espécie de polen. Também a capacidade de reação dos ovários não é a mesma para todas as plantas.

Muitas vezes o crescimento é iniciado mas logo para, enquanto que nos frutos normais, o crescimento só termina quando o fruto está maduro. *Dollfus* (4) em 1936 emitiu a hipótese de que nos frutos normais o crescimento continua porque os óvulos em desenvolvimento funcionam como novos centros de produção e difusão de hormônio. Ele observou que quando os óvulos são retirados do ovário, o crescimento para, mas se no interior

do órgão for colocada uma mistura de heteroauxina e lanolina, um crescimento quasi normal é mantido.

Gardner e Marth (7) introduziram em 1937, na técnica de obtenção artificial de frutos partenocárpicos uma modificação muito interessante: o hormônio em solução aquosa era aplicado sobre as flores com um pulverizador comum para perfumes. Estes autores fizeram observações especialmente em *Ilex*, planta muito indicada para tais estudos porque, tendo sexos separados, permite evitar perfeitamente a polinização, somente colocando plantas femininas numa estufa inacessível a pássaros, insetos e outros agentes polinizadores.

O ácido α -naftalene-acético foi efetivo numa concentração de $1 \times 1.000.000$, enquanto que os ácidos indolil-acético, indolil-butírico e indolil-propiónico só o foram em concentrações mais altas. Com o uso do ácido α -naftalene-acético o desenvolvimento dos ovários foi mais rápido que com os outros compostos e até mesmo que com a polinização.

A aplicação no solo de uma solução contendo hormônio, leva também à produção partenocárpica de frutos (7).

Algumas observações feitas em *Ilex* foram confirmadas em morango. Aqui os aquênios se desenvolveram, sem formarem no entanto embriões; o receptáculo amadureceu normalmente, mas só um em cada inflorescência. Quando não tratado nem polinizado, nenhum desenvolvimento se verificou.

Com maçã e uva os métodos empregados não deram bom resultado.

Em 1938 *Gustafson* (10) publicou um pequeno trabalho onde nenhum dado novo se encontra. Trata-se de um resumo de observações anteriores; nesse resumo algumas prioridades são estabelecidas. Assim *Gustafson* considera que o primeiro autor a conseguir frutos partenocárpicos artificialmente foi *Yasuda* que injetou em ovários extrato aquoso de polen. O primeiro a produzir frutos partenocárpicos artificiais com o uso de compostos químicos conhecidos, aplicados ao pistilo, foi *Gustafson*. A primeira planta que deu artificialmente um fruto partenocárpico de tamanho normal foi tomate e os primeiros frutos maduros obtidos, o foram com o uso do ácido fenil-acético. *Gardner e Marth* foram os introdutores do método de pulverização.

Num outro trabalho, publicado ainda em 1938, *Gustafson* (11) analisa os efeitos produzidos por 13 compostos, entre os quais figuram: estrona, metil-colantreno, escatol, ácido pirrol- α -acético, ácido pirrol- α -carboxílico e indolil-acetato de potássio. De todos os 13, só os 3 últimos foram ativos, sendo que o indolil-acetato de potássio foi muito superior aos demais. Embora não muito nítidos, os efeitos obtidos com os compostos pirrólicos foram inegáveis o que parece indicar que o radical indolil, ou melhor, que o grupo fenil dêsse radical, não é indispensável para a atividade do composto.

Gustafson observou que inicialmente o crescimento era maior nos ovários partenocárpicos que nos polinizados; depois de algum tempo, porém, os últimos puderam alcançar e até ultrapassar os primeiros. Tendo em vista a idéia de que as sementes em formação têm influência marcante sobre o desenvolvimento, êle realizou a seguinte experiência: ovários de uma certa variedade de *Cucurbita Pepo* (Crookneck Summer Squash) foram cortados em vários níveis e depois tratados; os óvulos ficam de preferência na parte apical, de modo que tanto menos óvulos restaram, quanto maior a parte removida. O resultado foi um desenvolvimento tanto melhor quanto maior o número de óvulos deixados.

Em outra experiência, o grande estigma de abóbora foi cortado de sorte a variar o tamanho da parte restante; a polinização e, conseqüentemente o número de sementes, foi tanto maior quanto maior a parte remanescente do estigma. Os frutos, porém, foram de um tamanho uniforme. *Gustafson* concluiu então, que enquanto que a ausência completa de sementes inibe o desenvolvimento, a presença de poucas já é bastante para o crescimento completo do fruto.

As experiências mencionadas, especialmente a primeira, parecem pouco convincentes, porque o corte e a remoção de partes diferentes do ovário, causam injúrias não comparáveis.

Se o desenvolvimento do ovário tem como estímulo inicial o hormônio trazido pelo polen, de onde vem então o estímulo para o desenvolvimento partenocárpico natural de certos frutos como banana, uva, laranja, etc.? A resposta parece se encontrar num trabalho subsequente de *Gustafson* (12) no qual êle compara o conteúdo natural de auxina de ovários de plantas partenocárpicas com o conteúdo de auxina de ovários de plantas partenocárpicas.

cárpicas com o de plantas (de outras variedades mas da mesma espécie) que requerem fertilização. Os resultados mostram que nos primeiros ha sempre mais auxina na fase de botão; depois que o ovário começa a crescer (2 a 4 semanas) a auxina aumenta nos ovários com sementes e diminui nos sem. Em outro trabalho publicado no mesmo ano (1939) *Gustafson* (13) estuda a distribuição de auxina nas diferentes partes do fruto e verifica que nos frutos normais os óvulos em desenvolvimento e as sementes contêm mais auxina que a parede do fruto. Os frutos naturais mostraram mais auxina que os produzidos partenocárpicamente por aplicação de heteroauxina. Note-se que o composto empregado não tinha atividade no teste de aveia utilizado na determinação de auxina natural.

Em analogia ao que fez *Went* (29) para outras partes da planta, *Gustafson* imaginou que a auxina pudesse mobilizar substâncias especiais — que êle chamou de carpocalinas — que uma vez no ovário causariam seu desenvolvimento.

Com relação à porcentagem de frutos desenvolvidos, tamanho e pêso dos mesmos, *Gustafson* (14) indica que em tomate o tratamento com ácido fenil-acético provocou uma razão de crescimento e um tamanho médio final, idênticos ao normal, ao passo que o tratamento com ácido indolil-butírico melhorou um pouco os valores. Numa experiência em que comparou os resultados num mesmo lote de plantas, a porcentagem de flores que por polinização deram frutos foi 80, enquanto que por tratamento com ácido indolil-acético foi 90, com ácido indolil-butírico 80 e com ácido naftalene-acético foi 80 a 100. *Gustafson* admite que os frutos partenocárpicos eram, em média, um pouco menores, mas que por não terem sementes, formavam mais polpa, sendo assim preferíveis.

Uma pergunta logo se impoz: serão os frutos partenocárpicos equivalentes aos frutos normais no que concerne a sua composição química? *Byron E. Janes* (19) menciona o fato de que quando uma variedade produz a um tempo frutos partenocárpicos e frutos normais, os primeiros são sempre de melhor qualidade. *Ewert* (5) encontrou mais açúcar e menos ácidos em peras partenocárpicas que nos frutos normais da mesma variedade. *Condit* (3) reuniu dados de vários autores, mostrando

que o pêso sêco e o teor de açúcar eram maiores nos figos não caprificados.

Com a possibilidade de produzir frutos normais e partenocárpicos na mesma planta e até na mesma inflorescência, uma comparação sob condições mais exatas poude ser feita. *Byron E. Janes* afirma que cinco pessoas puderam distinguir pelo paladar o suco de tomates partenocárpicos que foi achado um pouco mais doce que o normal. Os valores de pH foram 4,00 e 4,18 e as porcentagens de ácidos 0,77 e 0,52 para os sucos de frutos normais e partenocárpicos respectivamente. A acidez titulavel foi a mesma nos dois casos, mas a distribuição foi diferente: nos frutos partenocárpicos a distribuição foi uniforme no interior e no exterior do fruto, mas nos normais a porcentagem era baixa no exterior e alta na região locular. A porcentagem de amido foi sempre um pouco maior nos frutos partenocárpicos durante todo o desenvolvimento, exceto nos frutos muito maduros quando todos, partenocárpicos e normais, tinham muito pouco amido. A porcentagem de açúcar aumentou nos partenocárpicos mais que nos frutos normais durante todo o desenvolvimento. A porcentagem de pêso sêco foi maior nos frutos partenocárpicos que nos normais, mesmo quando as sementes dêstes eram incluídas.

As variações químicas independem do método de tratamento. Como salienta dos resultados obtidos, as maiores diferenças residem na região locular o que indica que as sementes influem muito na composição química do fruto, seja retirando certas substâncias, seja elaborando enzimas que modifiquem o metabolismo do fruto.

Com a possibilidade de estimular artificialmente o desenvolvimento do ovário, surgiu a pergunta se não seria também possível estimular o desenvolvimento do óvulo sem que a fecundação interviesse. Teoricamente resumir-se-ia tudo em encontrar as condições necessárias para que a oosfera deixasse o estado de repouso e começasse a se multiplicar. Se isso acontecesse poder-se-ia obter uma planta haploide partindo de outra diploide. A primeira seria portadora de caracteres maternos somente e mais tarde, poder-se-ia tentar a duplicação dos cromosomas com colchicina. Com essas idéias em mente, *J. van Overbeek*, *Marie E. Conklin* e *A. F. Blakeslee* (26) injetaram com

uma seringa, nos ovários de diversas plantas, substâncias tais como auxinas, ácido traumático, biotina e ácido pantotênico. *Melandrium* deu frutos com óvulos bem desenvolvidos mas sem embriões. A oosfera não se tinha dividido. Embriões verdadeiros, aliás, não foram obtidos com nenhum tratamento. Em *Datura* tratada com auxina houve formação de pseudo-embriões que resultaram de divisões de células do endotélio. A combinação de auxina com outras substâncias inclusive vitaminas, não melhorou a situação.

Os autores discutem detalhadamente as várias fases do desenvolvimento do fruto e da semente. As primeiras fases de tal processo, inclusive o começo da formação do endosperma, são independentes da copulação dos núcleos sexuais; a mera presença do tubo polínico no saco embrionário é bastante para iniciar as divisões do endosperma. Para a divisão da oosfera, no entanto, a copulação é, em geral, indispensável.

Os autores arguem as idéias de *Gustafson* segundo as quais a auxina trazida pelo polen e difundida pelo tubo polínico inicia o desenvolvimento do fruto, desenvolvimento esse que seria depois continuado por mais auxina formada pelo embrião após a fecundação. Lembram os casos em que o embrião não se forma e aqueles em que, depois de atingido o estágio de proembrião o desenvolvimento para. Em ambos os casos, a segunda fonte de auxina seria, se não completamente anulada, pelo menos muito diminuída, e, no entanto, os frutos podem efetuar desenvolvimento normal. Em vista disto sugeriram o seguinte: o polen traz, além de auxina, um grupo prostético capaz de se adicionar a certas enzimas existentes no ovário, enzimas esses que então se tornam ativos na transformação de um precursor, existente também no ovário, em auxina atual. Dados recentes de *Muir* (24) parecem falar em favor desta hipótese. Esse autor verificou que pouco ou nenhum hormônio se encontra em forma ativa no ovário de *Nicotiana* e *Antirrhinum*, mas grandes quantidades dele existem em forma inativa. Um extrato aquoso de polen de *Nicotiana* é capaz de ativar "in vitro" o hormônio existente no tecido seco do ovário da mesma planta.

Zimmerman (30, 31) e *Zimmerman* e *Hitchcock* (32, 33, 34, 35) em numerosas publicações, estudaram vários assuntos concernentes à atividade de muitos compostos aplicados em várias

concentrações e segundo métodos diferentes. Observaram que flores muito velhas (tomate), já mostrando sinais de murchamento e botões muito novos, em geral não respondem ao tratamento e morrem. Para fins práticos convém pois aplicar a pulverização duas ou mais vezes, por exemplo quando as duas primeiras flores estiveram abertas e mais tarde quando flores mais jovens já apresentarem melhor desenvolvimento. Botões começando a abrir, pulverizados com uma solução de ácido β -naftóxi-acético (300 mg/L) mostraram persistência demorada das partes florais: a corola caiu só depois de 30 dias; os pistilos também persistiram e os estigmas pareciam continuar em estado receptivo por um período maior que o normal (33).

O intervalo de atividade dos compostos naftóxicos é de 50 a 300 ppm. em água ou emulsões. Para o ácido 2,4 diclorofenóxi-acético o intervalo é de 5 a 100 ppm. nas mesmas condições (34).

A aplicação do hormônio pode ainda ser feita sob a forma de vapores. Para se ter uma idéia de quão pequenas são as quantidades de hormônios exigidas para produção partenocárpica de frutos, resumimos em seguida uma experiência realizada por *Zimmerman* (30): no canto de uma estufa o equivalente a 5 gotas do ester etílico do ácido β -naftóxi-acético foi vaporizado em uma chapa quente; o aquecimento cessou 2 horas depois mas a estufa permaneceu fechada durante toda a noite; dentro de poucas horas os primeiros sintomas do tratamento eram visíveis em todas as plantas e em 48 horas o desenvolvimento dos ovários já era evidente; as plantas no canto mais afastado produziram frutos tão bem quanto aquelas que estavam no lugar mais próximo.

Em 1947 *Britten* (2) estudou o efeito do ácido α -naftalene-acético sobre o desenvolvimento de cariópses de milho. Aqui os efeitos do tratamento são nitidamente desfavoráveis no que concerne ao desenvolvimento das cariópses. A inibição do desenvolvimento é tão acentuada neste caso, que quando a espiga foi dividida em duas metades longitudinais, uma sendo tratada e polinizada ou não, e a outra só polinizada, o próprio sabugo curvou-se para o lado tratado, assim indicando um crescimento retardado. As cariópses controles eram mais largas, maiores e mais uniformes que as tratadas. Estas tinham peso de 14 a 33% menor.

Até agora as experiências foram em geral realizadas em plantas cultivadas em estufa, evitando-se a polinização. Resultados preliminares no campo, parecem mostrar que se o tratamento for feito no tempo devido, os frutos se desenvolvem sem ou com poucas sementes (30).

O presente trabalho parece ser o primeiro em maior escala com plantas cultivadas fora de estufas (cf. 23, pág. 108) sem que nenhuma medida tenha sido tomada para evitar a polinização.

MATERIAL E MÉTODOS

90 mudas de tomate (variedade Sta. Cruz), foram plantadas num canteiro ao ar livre tendo sido dispostas em 6 fileiras de 15 plantas. As plantas de 3 fileiras alternadas foram utilizadas para os tratamentos, as restantes ficando para controle. Iniciou-se o tratamento com a abertura das primeiras flores e o mesmo se estendeu por várias semanas. O método utilizado foi o de pulverizar as flores com uma solução aquosa de um hormônio sintético que foi o ácido β -naftóxi-acético aplicado na concentração única de 300 mg/L. O hormônio foi preparado por um dos autores, (M.G.F.) nos laboratórios do Boyce Thompson Institute, de acordo com a técnica descrita por Zimmerman e Hitchcock (33). Preparada uma solução estoque com concentração de 10 mg/cm³ em álcool absoluto, cada vez que se devia proceder a um tratamento fazia-se uma nova diluição desta em água.

O tratamento foi feito quando em geral 1 a 2 flores de uma inflorescência estavam abertas e outras se encontravam em estágios mais atrasados do desenvolvimento. O número de tratamentos por inflorescência variou de 1 a 5 vês. Uma vês tratadas, as inflorescências eram marcadas nos pedúnculos com uma gota de parafina corada.

A colheita começou logo que os primeiros frutos atingiram a maturidade, isto é, quando eles apresentaram uma côr vermelha uniforme e se prolongou até que um total de cerca de mil frutos, incluindo tratados e controles tinha sido colhido. Os frutos colhidos eram embrulhados individualmente, anotando-se a fileira, a planta e a inflorescência de origem. Em seguida

eram pesados e medidos. As medidas dos diâmetros longitudinal e transversal maior foram feitas com um paquímetro. Os frutos eram então abertos (Fig. 1) e as sementes, quando existiam, eram contadas. A contagem das sementes dos frutos normais se fez para 100 frutos. Com isso já se pode estabelecer uma média normal de número de sementes para a variedade

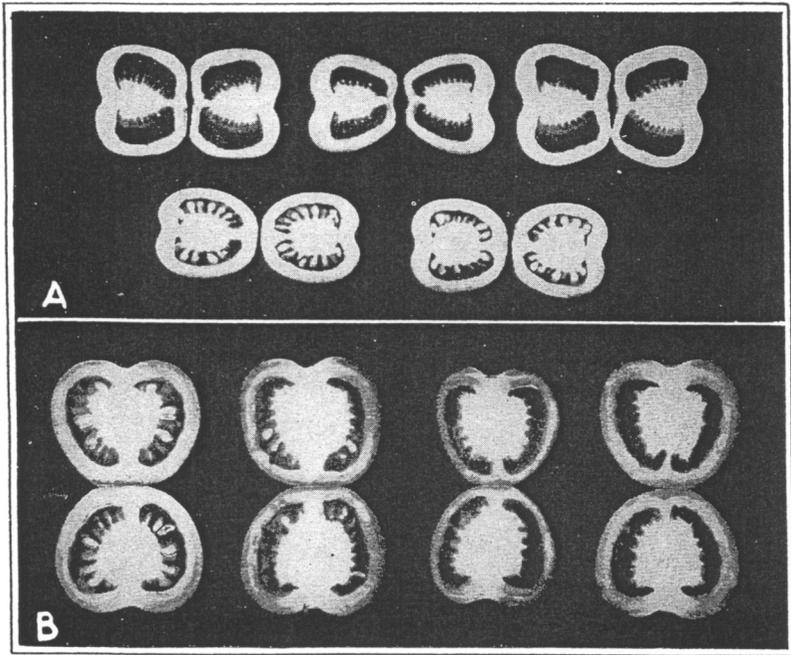


Fig. 1 Frutos abertos longitudinalmente segundo o plano mediano do maior eixo transversal. A — Em cima frutos tratados, sem sementes; em baixo frutos normais. B — Da esquerda para a direita, 1 fruto normal, 1 fruto tratado que formou algumas sementes especialmente na região apical e 2 frutos tratados, sem sementes. A — Seedless tomato fruits treated with β -Naphthoxyacetic acid, above; normal seeded fruits, below, B — From left to right, 1 control, 1 treated fruit with a few seeds mainly near the apex and 2 treated seedless fruits.

em estudo e nas condições do trabalho, afim de servir como termo de comparação.

RESULTADOS EXPERIMENTAIS

A primeira observação que se fez, poucos dias após o tratamento das primeiras inflorescências, foi a de que nas flores

tratadas os ovários já apresentavam um grau mais avançado de desenvolvimento. Esse fato, que concorda com observações de outros autores, se confirmou mais tarde pelo fato de que nas plantas tratadas os frutos começaram a amadurecer alguns dias antes que nas plantas controles. Como consequência, durante a fase inicial da colheita havia um predomínio de frutos trata-

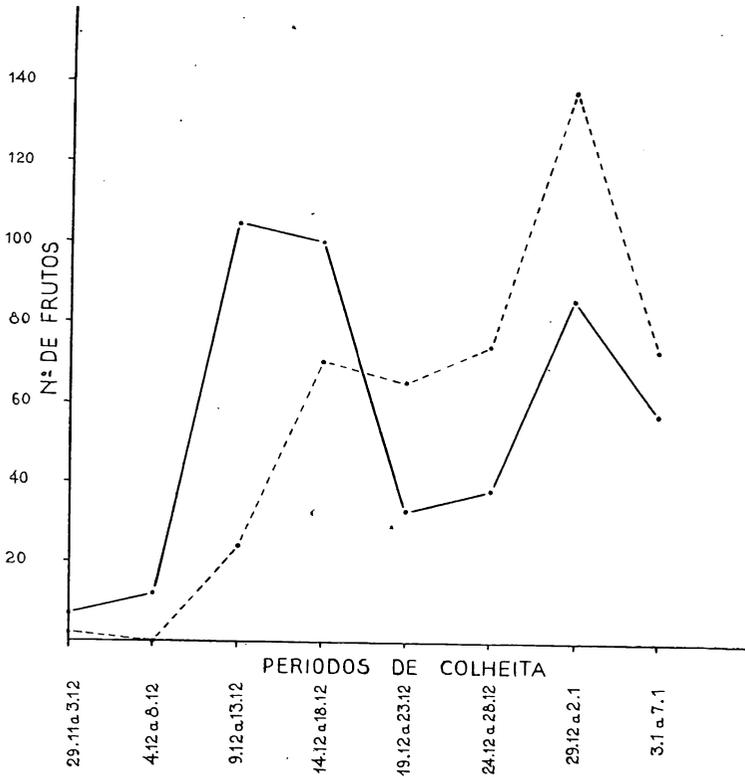


Fig. 2 Curvas da colheita total dos frutos tratados (linha cheia) e controles (em pontilhado).

Total harvest curves of treated — solid line — and control — broken line — fruits. In ordinate number of fruits, in abscissae 5-days harvesting periods, beginning November 29, 1947 and ending January 7, 1948.

dos sobre os normais; depois de cerca de 15 dias, normais e controles eram colhidos em igual número; daí em diante os controles ultrapassaram os tratados. A Fig. 2 mostra as curvas das colheitas dos frutos normais e controles durante um período de mais de um mês. Como nessas curvas os frutos formados em inflo-

rescências diferentes são computados em conjunto, só se pode ver o predomínio dos tratados sôbre os controles, no início da

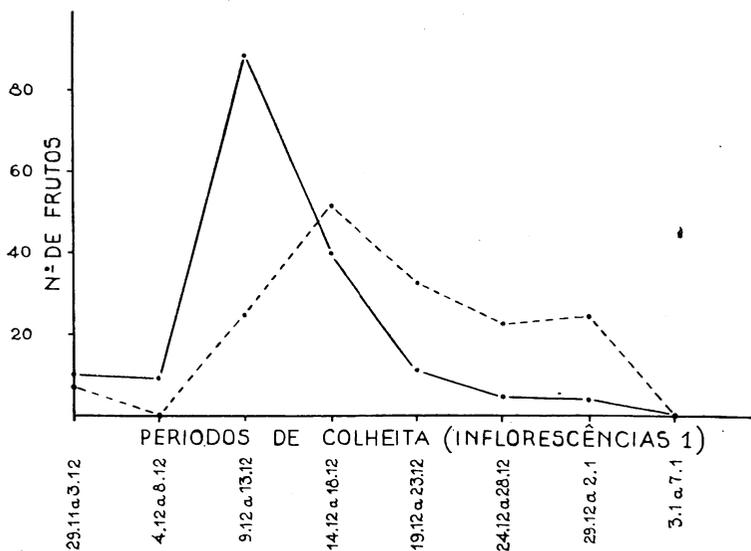


Fig. 3 Curvas da colheita dos frutos tratados (linha cheia) e controles (em pontilhado) formados nas inflorescências n.º 1.
Harvesting curves of treated — solid line — and control — broken line — fruits formed in clusters n.º 1.

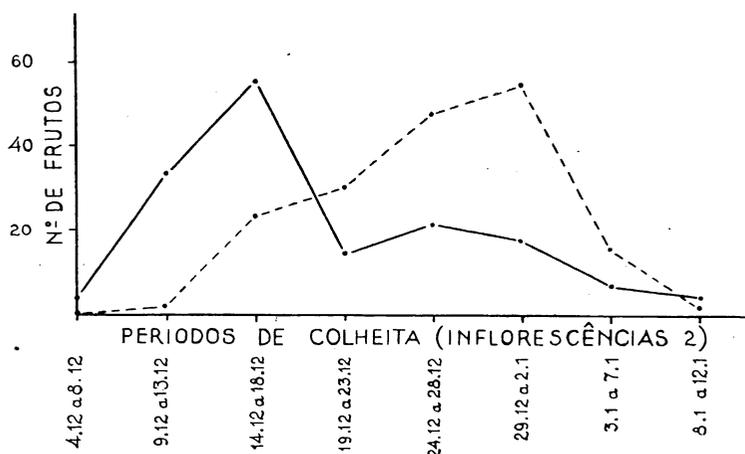


Fig. 4 Curvas da colheita dos frutos tratados (linha cheia) e controles (em pontilhado) formados nas inflorescências n.º 2.
Harvesting curves of treated — solid line — and control — broken line — fruits formed in clusters n.º 2.

colheita. Embora os frutos tratados das inflorescências sucessivas amadureçam mais rapidamente que os frutos controles de inflorescências equivalentes, esse fato fica obscurecido pela razão simples que quando os frutos tratados começam a amadurecer nas inflorescências mais novas, os frutos controles das inflorescências mais velhas são mais abundantes. Para se ter, por conseguinte, uma visão mais clara dos resultados, as colheitas de frutos provindo de inflorescências diferentes devem ser separadas. Assim nas Figs. 3 e 4 pode-se verificar que a precocidade dos frutos tratados sobre os controles se verifica nas inflorescências n.º 2 como nas n.º 1. O mesmo se poderia mostrar com relação às demais.

Os resultados expostos, obtidos numa cultura em escala relativamente grande, confirmam observações de autores anteriores como por exemplo de *Strong* (25) que verificou que tomates partenocárpicos amadurecem mais cedo que os normais.

Como foi mencionado acima, nenhuma medida se tomou para evitar a polinização das flores tratadas, produzidas por plantas cultivadas ao lado das controles. 100 frutos colhidos destas últimas foram abertos e suas sementes contadas; assim foi possível traçar uma curva de frequência dos frutos normais distribuídos em classes caracterizadas pelo número de sementes. Essa curva, apresentada em pontilhado na Fig. 5 indica que entre os frutos normais cerca de 65% tinham mais de 100 sementes, 16% de 91 a 100, 9% de 81 a 90 sementes, 8% de 71 a 80 sementes; estas 4 classes abrangem 98% do total; os 2% restantes representam frutos que tinham em média menos de 70 sementes. Como se pode ver, por conseguinte, as possibilidades de polinização das flores nas condições do presente trabalho eram bem grandes.

Quando, no entanto, igual curva foi traçada (Fig. 5) para os frutos provenientes de flores tratadas (aqui todos os frutos colhidos foram computados e os dados para a construção da curva são percentuais), verificou-se que 74,1% destes frutos tinham 0 sementes, 9,3% tinham de 1 a 10 sementes, 4,3% tinham mais de 100 sementes e os restantes 12,3% representavam frutos distribuídos pelas demais classes intermediárias. Este resultado indica que em cerca de 75% dos casos o tratamento foi capaz de impedir completamente a fecundação; em 15% reduziu-a

de 50% e somente em cerca de 10% dos casos a fecundação foi comparavel a dos frutos normais. Pode-se considerar que estes 10% representam frutos provenientes de flores tratadas tardia-

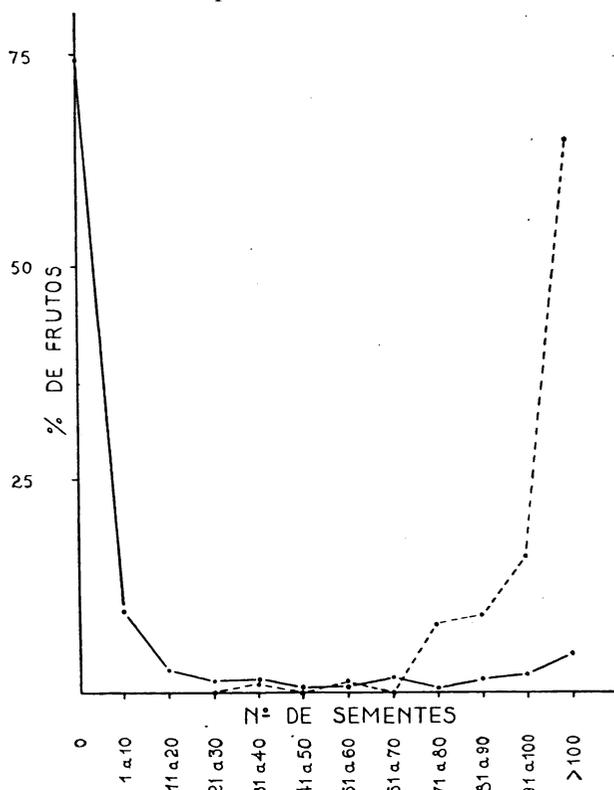


Fig. 5 Distribuição percentual de frutos tratados (linha cheia) e controles (em pontilhado) segundo o n.º de sementes por fruto. Percentual distribution of treated — solid line — and control — broken line — fruits according to the number of seeds per fruit.

mente, isto é, que já tinham sido amplamente polinizadas na época do tratamento (cf. 1, Fig. 1, pág. 160).

Estes resultados confirmam observações preliminares de Zimmerman (30) que indicou que se o desenvolvimento partenocárpico ocorrer antes da polinização da flor as chances para a fertilização dos óvulos são pequenas.

Cessada a colheita quando um total de 1.035 frutos abrangia 483 tratados e 552 controles, foi possível comparar médias de

pêso e medidas. A tabela 1 apresenta os pêso e os diâmetros longitudinal e transversal maior de todos os frutos colhidos.

TABELA 1

Tipo de fruto. (Type of fruit).	N.º de frutos. (N.º of fruits)	N.º de semen- tes por fruto. (N.º of seeds per fruit).	Pêso. (Weight) g	Diâm. long. (Long. diam.) cm	Diâm. transv. maior (Greater transv. diam.) cm
Controles (Controls)	552	> 100	37,2	3,7	4,0
Tratados (Treated)	360	0	37,6	4,0	4,2
"	123	1 a > 100	51,8	4,2	4,4
"	483	0 a > 100	39,1	4,0	4,2

Dos 483 frutos tratados, um total de 360 era completamente sem sementes. A segunda linha da tabela indica os pêso e medidas médios destes frutos, dados esses que comparados com os da primeira linha (frutos controles) já indicam ligeira vantagem do tratamento. A terceira linha mostra os valores para os frutos tratados que formaram pelo menos uma semente, excluídos os frutos totalmente estéreis; pode-se ver que então os valores são consideravelmente mais altos. Sendo finalmente, computados todos os frutos tratados (última linha) vê-se que os pêso e tamanhos são ainda sensivelmente superiores aos dos frutos controles.

Como se pode esperar, então, considerando separadamente as classes de frutos tratados e não, com igual número de sementes, verifica-se que o tratamento melhora tanto o pêso como o tamanho médio dos frutos. Assim, por exemplo, os frutos tendo de 91 a 100 sementes apresentaram um pêso médio de 34,4 g no caso de controles e 51,3 g no de tratados; o diâmetro transversal maior desses frutos foi em média 3,8 cm para os controles e 4,3 para os tratados, enquanto que o diâmetro longitudinal para os mesmos frutos foi 3,9 e 4,7 cm respectivamente. A Fig. 6 apresenta uma relação entre pêso médio dos frutos e número

de sementes. Pode-se ver claramente que tanto os frutos tratados como os controles aumentam seu pêso médio numa relação quase linear com o aumento do número de sementes. Esta influência das sementes é porém muito mais nítida entre os frutos controles que entre os tratados. Parece pois lícito admitir que o hormônio sintético fornecido ao fruto, substitue, pelo menos em parte, algum fator ou grupo de fatores que normalmente são fornecidos pelas sementes. Assim, quanto menor o número de sementes tanto mais evidente será o efeito benéfico do tratamento; quanto maior o número de sementes tanto mais apagado êsse efeito; teòricamente chegar-se-á a um número tal de

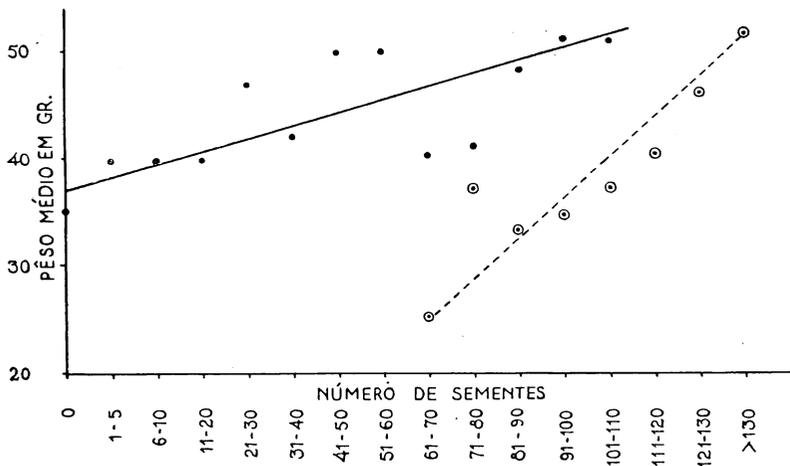


Fig. 6 Relação entre pêso médio e n.º médio de sementes nos frutos tratados (linha cheia) e normais (em pontilhado).
Relationship between average fruit weight (ordinate) and average n.º of seeds (abscissae) in treated — solid line — and control — broken line — fruits.

sementes em que o tratamento será ineficiente. Ai, provavelmente o fator produzido pelas sementes será encontrado em tal quantidade que deixará de ser um fator limitante.

Fica, dessa maneira, patenteado de um modo bastante claro o papel desempenhado pelas sementes no desenvolvimento do fruto. A técnica aqui empregada sem dúvida apresenta vantagens sobre a utilizada por *Gustafson* (11) em abóbora, pois, como já foi lembrado, êste autor, cortando ovários a níveis diferentes, introduziu um grau de injúria variável, trabalhando assim sob condições não comparáveis.

À afirmação de *Strong* (25) de que as sementes atraem alimento (*draw food*) para dentro do fruto, deve, possivelmente, ser substituída pela de que as sementes produzem hormônios (*draw hormones*) dentro do fruto, visto que o hormônio sintético utilizado agiu no mesmo sentido que o fator ou fatores originados nas sementes.

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Como se pode depreender da revisão bibliográfica sobre o problema da partenocarpia, publicada em 1942 por *Gustafson* (15), pelas referências de *Avery e col.* (1) e de outros autores (23), pouco se fez até o presente com respeito à produção de frutos partenocárpicos com o uso de hormônios sintéticos, em plantas cultivadas nas condições naturais do campo. Os últimos autores afirmam que até o presente os frutos sem sementes, de tomate, foram os únicos obtidos em uma escala comercial, porém as plantas foram cultivadas em estufas onde a polinização, quando não faltava perfeitamente, era pelo menos muito escassa.

O presente trabalho parece ser o primeiro a considerar um número relativamente grande de plantas cultivadas ao ar livre num lugar onde havia possibilidade para uma polinização abundante. 100% dos frutos controles apresentaram um número bastante grande de sementes, enquanto que cerca de 75% dos frutos tratados eram completamente desprovidos das mesmas, embora nenhuma medida tenha sido tomada para evitar a polinização. Isto confirma resultados anteriores de *Zimmerman* (30) que concluiu que se o desenvolvimento partenocárpico ocorrer antes da polinização da flor as chances para o desenvolvimento dos óvulos são pequenas. De outro lado *Zimmerman e Hitchcock* (33) afirmam, de um modo aparentemente contraditório, que nas flores tratadas não só a corola mas também os pistilos persistiram por um longo período e os seus estigmas pareciam continuar em estado receptivo por um período muito maior que o normal. Ora, se na verdade os estigmas continuassem em estado receptivo por maior prazo, as chances para a polinização deveriam ser aumentadas e não reduzidas. O problema continua,

pois, aberto e tudo parece indicar que, embora permanecendo por mais tempo aparentemente em condições de receptividade do ponto de vista morfológico, êsses estígmás, ou qualquer outra parte do gineceu, criam uma situação fisiológica de impossibilidade ou de menor possibilidade para a germinação dos grãos polínicos, ou para o desenvolvimento dos tubos, ou para a fertilização dos óvulos. Encontram-se na literatura referências ao fato de que grãos polínicos se tornam inativos quando em presença de misturas de lanolina com substâncias de crescimento (20, pág. 572).

Gustafson (15, pág. 639) diz cautelosamente que nenhuma generalização abrangendo uma comparação entre frutos partenocárpicos e normais pode ser feita e que a afirmação mais aproximada a um conceito geral é que em regra os frutos partenocárpicos são menores, mas que mesmo aqui encontram-se exceções. Menciona o fato constatado por *Hume* (18) de que em caqui (*Diospyros kaki*) os frutos sem sementes ou aqueles com uma a duas sementes apenas, são maiores que os normais; *Howlett* (17), *Gustafson* (14, 15) e *Strong* (25) acharam que tomates partenocárpicos produzidos com certos hormônios sintéticos são maiores que os normais; *Avery e col.* (1) citam alguns casos de aumento de peso de frutos por aplicação de hormônios, ainda que muitas vêses houvesse decréscimo de tamanho.

No presente trabalho constatou-se que o peso médio de todos os frutos sem sementes colhidos, não foi muito superior aos dos frutos normais, mas se se considerar que êstes incluem o peso das sementes, os tratados levam uma pequena vantagem. Alguns dados podem ilustrar a questão: em uma amostra 1669 sementes foram postas a secar ao ar e depois pesadas, indicando um total de 7,12 g; em outra amostra o mesmo número de sementes pesou 6,00 g de modo que considerando-se 100 sementes como média para cada fruto, do peso dêsse fruto devem se deduzir cerca de 0,4 g que são o peso das sementes; êste dado indica que em cada 1000 frutos perdem-se perto de 500 g de sementes (mesmo considerando-se apenas o peso de sementes secas!). Se se considerar toda uma colheita em grande escala onde milhões de frutos são produzidos, pode-se avaliar a grandeza da perda sofrida. Deve-se ainda lembrar que quando os frutos apresentam um certo número de sementes, os tratados

são nitidamente mais pesados e maiores que os controles (cf. também 20, pág. 573). Essa é outra vantagem oferecida pelo tratamento.

Evidência de terceira vantagem foi casualmente proporcionada por uma chuva de granizo de intensidade raramente observada que caiu na tarde do dia 29-12-1947. Esse granizo derubou 118 frutos dos quais 86 eram controles e 32 tratados. Dêstes últimos somente 2 eram jovens, enquanto que entre os frutos normais 32 o eram. Esses dados confirmam observações anteriores de que o tratamento torna mais vigorosos os pedúnculos dos frutos e mais resistente sua fixação aos mesmos. Assim, especialmente para as regiões freqüentemente atingidas por tais fenômenos, o tratamento se torna ainda mais aconselhável.

Não é demais salientar, entretanto, que muita cautela deve ser tomada na escolha dos compostos e das condições em que devem ser empregados. Na literatura se encontram inúmeras referências a injúrias causadas por certas substâncias utilizadas na produção de frutos partenocárpicos (cf. por exemplo 16).

RESUMO

1. No presente trabalho os autores fazem uma revisão rápida da literatura concernente à partenocarpia artificial. Em seguida o método de tratamento é descrito. O ácido β -naftóxiacético na concentração de 300 mg/L foi empregado no tratamento das flores, tendo sido aplicado com um pulverizador comum para perfumes.

2. 90 mudas de tomate (variedade Sta. Cruz) foram plantadas em 6 fileiras das quais 3 fileiras alternadas receberam tratamento, 3 não. A polinização não foi evitada. Um total de mais de 1000 frutos foi colhido, dos quais 483 eram tratados e 552 controles. Dos frutos tratados cerca de 75% tinham 0 sementes, 10% tinham tantas sementes quanto os normais e os restantes 15% tinham um número variável entre uma e muitas sementes. Nos controles, 65% dos frutos tinham em média mais de 100 sementes, 16% tinham de 91 a 100; 98% do total tinham de 71 a mais de 100 sementes e somente 2% tinham menos de 70 sementes.

3. O peso médio dos frutos tratados, com 0 sementes, foi apenas um pouco melhor que o dos controles, mas considerando-se frutos com igual número de sementes, os tratados apresentaram tamanho e peso médio bem maiores. O efeito benéfico do tratamento foi tanto mais notável quanto menor o número de sementes formadas; isso parece indicar que o hormônio exerce um papel que pode substituir, ao menos em parte, ao desempenhado pelas sementes.

4. Curvas comparando as colheitas de frutos tratados e controles põem em evidência o fato de que o desenvolvimento dos frutos tratados é acelerado em relação ao dos controles. Os primeiros amadurecem precocemente e assim são colhidos em maior número num período de cerca de 15 dias quando os controles os alcançam e depois os ultrapassam, sendo que no final da colheita praticamente os dois grupos produziram igualmente.

5. Esses resultados, em ligação com o fato de que os frutos tratados são mais vigorosamente presos às plantas, falam em favor do tratamento.

SUMMARY

Parthenocarpic tomato fruits were induced by spraying the flowers with a 300 mg/L solution of β -naphthoxyacetic acid. 90 plants (var. Santa Cruz) were grown out-of-doors and pollination was not prevented. Half those plants alternately selected were used for treatment, the other half being left as controls.

Untreated plants showed abundant seed formation. About 90% of the fruits produced by them had an average of more than 90 seeds per fruit; whereas among the treated plants around 75% of the fruits were seedless, 10% had less than 10 seeds and only 4-4.5% had almost as many seeds as the normally produced fruits. The remaining 10% of the treated fruits were distributed through the different groups according to the number of seeds they formed (Fig. 5).

These results indicate that in 75% of the cases treatment was able to completely avoid fertilization, and in about 15% the intensity of fertilization was reduced by 50%. The treated

fruits that formed practically as many seeds as the normal ones were probably grown from flowers that had already been abundantly pollinated at the time of treatment.

The rate of development showed by the treated fruits was greatly increased so that they were ripe and could be harvested earlier than the controls. During the first 15 harvesting days treated fruits were by far more numerous than the controls. From then on there was an increasing number of the controls over the treated fruits so that at the end the number of fruits formed was about the same for both treated and control plants (Figs. 2, 3, 4).

Table 1 indicates average weight and size of 1.035 fruits harvested. 483 of those were treated and 552 were controls. Considering only the seedless fruits (second line) the treated were only slightly better. If the seedless are excluded, the remaining treated fruits are much better (third line). Finally considering all treated fruits, they are still undoubtedly better.

Fruit weight increased proportionally to the number of seeds in the treated as well as in the control fruits. The differences in weight between fruits with different number of seeds were of such an order that they could not be accounted for only by the weight of the seeds. The influence of the seeds upon the fruit weight was much stronger in the control than in the treated fruits. When the number of seeds was the same the average fruit weight was higher in the treated fruits. To have the same weight, control fruits must have many more seeds than the treated ones. This fact seems to indicate that seeds are sources of some factor (or factors) that have influence upon fruit weight. This factor (or factors) can be at least partially substituted by heteroauxin treatment. Above a certain average number of seeds treatment seems (from the slopes of the curves) to be unable to further improve fruit weight. It seems, therefore, that from then on auxin is no more a limiting factor (Fig. 6).

BIBLIOGRAFIA

- 1 — AVERY, GEORGE S. JR. e JOHNSON, E. B. e *Col.* 1947: Hormones and Horticulture. 1.^a ed. McGraw-Hill Book Co. Inc. New York and London.
- 2 — BRITTEN, E. J. 1947: The effect of Naphthalene acetic acid on the developing maize caryopsis: *Amer. Jour. Bot.* 34 (4): 211-218.
- 3 — CONDIT, I. J. 1920: Caprifigs and caprification. *Univ. Cal. Agr. Exp. Sta. Bull.* 319 (cit. *Gustafson, Bot. Rev.* 1942).
- 4 — DOLLFUS, H. 1936: Wuchsstoffstudien. *Planta* 25: 1-21.
- 5 — EWERT, R. 1910: Parthenokarpie bei der Stachelbeere. *Landw. Jahrb.* 39: 463-470.
- 6 — FITTING, H. 1909: Die Beeinflussung der Orchideenblüten durch die Bestäubung und durch andere Umstände. *Zeits. Bot.* 1: 1-86.
- 7 — GARDNER, R. E. e MARTH, P. C. 1937: Parthenocarpic fruits induced by spraying with growth promoting compounds. *Bot. Gaz.* 99: 184-195.
- 8 — GUSTAFSON, F. G. 1936: Inducement of fruit development by growth promoting chemicals. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 22: 628-636.
- 9 — Idem 1937: Parthenocarpy induced by pollen extracts. *Amer. Jour. Bot.* 24: 102-107.
- 10 — Idem 1938: Induced parthenocarpy. *Bot. Gaz.* 99: 840-844.
- 11 — Idem 1938: Further studies on artificial parthenocarpy. *Amer. Jour. Bot.* 25: 237-244.
- 12 — Idem 1939: The causes of natural parthenocarpy. *Amer. Jour. Bot.* 26: 135-138.
- 13 — Idem 1939: Auxin distribution in fruits and its significance in fruit development. *Amer. Jour. Bot.* 26: 189-194.
- 14 — Idem 1940: Parthenocarpic and normal fruits compared as to percentage of setting and size. *Bot. Gaz.* 102: 280-286.
- 15 — Idem 1942: Parthenocarpy: Natural and Artificial. *Bot. Rev.* 8 (9): 599-654.
- 16 — HAVAS, LASZLO J. 1946: Parthenocarpy and accompanying Hormonal Syndromes induced by unrelated chemicals. *Nature* 157: 629.
- 17 — HOWLETT, F. S. 1941: Effect of Indole butyric acid upon tomato fruit set and development. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 39: 217-227.
- 18 — HUME, H. H. 1913: Effect of pollination on the fruit of *Diospyros Kaki*. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 88-93.
- 19 — JANES, BYRON E. 1941: Some chemical differences between artificially produced parthenocarpic fruits and normal seeded fruits of tomato. *Amer. Jour. Bot.* 28 (8): 639-646.
- 20 — KING, GENEVIEVE N. 1947: Artificial parthenocarpy in *Lycopersicon Esculentum*; tissue development. *Pl. Physiol.* 22: 572-581.
- 21 — LAIBACH, F. 1932: Pollenhormone und Wuchsstoff. *Ber. Deut. Bot. Ges.* 50: 383-390.

- 22 — MASSART, J. 1902: Sur la pollination sans fécondation. Bull. Jard. Bot. Bruxelles 1: 89-95.
- 23 — MITCHELL, JOHN W. e MARTII, PAUL C. 1947: Growth regulators. The University of Chicago Press, Chicago, Ill.
- 24 — MUIR, ROBERT M. 1947: The relationship of growth hormones and fruit development. Proc. Nat. Ac. Sci. 33 (11): 303-312.
- 25 — STRONG, MIRIAN C. 1941: The effect of various growth-promoting chemicals on the production of tomato fruits in the greenhouse. Mich. Agr. Exp. Sta. Quart. Bull. 24: 56-64.
- 26 — VAN OVERBEEK, J., CONKLIN, M. E. and BLAKESLEE, A. F. 1941: Chemical stimulation of ovule development and its possible relation to parthenogenesis. Amer. Jour. Bot. 28: 647-656.
- 27 — YASUDA, S. 1934: Parthenocarpy caused by the stimulus of pollination in some plants of Solanaceae. Agr. and Hort. 9: 647-656.
- 28 — Idem 1935: Parthenocarpy caused by the stimulation of pollination in some plants of the Cucurbitaceae. Agr. and Hort. 10: 1385-1390.
- 29 — WENT, F. W. 1938: Specific factors other than auxin affecting growth and root formation. Plant. Physiol. 13: 55-80.
- 30 — ZIMMERMAN, P. W. 1941: Growth regulators of plants and formative effects induced with β -Naphthoxy compounds. Proc. Nat. Ac. Sci. 27 (8): 381-388.
- 31 — Idem 1942: Formative influences of growth substances on plants. Cold Spring Harbor Symp. on Quant. Bio. 10: 152-157.
- 32 — ZIMMERMAN, P. W. e HITCHCOCK, A. E. 1939: Experiments with vapor and solutions of growth substances. Contrib. Boyce Thompson Inst. 10 (4): 481-508.
- 33 — Idem 1941: Formative effects induced with β -Naphthoxyacetic acid. Contrib. Boyce Thompson Inst. 12: 1-14.
- 34 — Idem 1942: Substituted phenoxy and benzoic acid growth substances and the relation of structure to physiological activity. Contrib. Boyce Thompson Inst. 12 (5): 321-344.
- 35 — Idem 1944: The aerosol method of treating plants with growth substances. Contrib. Boyce Thompson Inst. 13 (7): 313-322.