

1 — INTRODUÇÃO

Devemos levantar em primeiro lugar a pergunta porque o milho ocupa uma posição especial nos trabalhos de melhoramento, tornando necessária a aplicação de métodos especiais. De um modo geral o melhoramento, em plantas ou animais, tem por fim a obtenção de um tipo homogêneo e que corresponda a um padrão anteriormente escolhido. Partindo de variedades agrícolas já existentes ou de híbridos feitos com a finalidade especial de combinar os caracteres desejados, se executa um trabalho de seleção, durante o qual se eliminam os indivíduos que não correspondem ao padrão e se dá preferência áqueles que os tem. Em termos genéticos isto quer dizer que queremos atingir um grau de homozigotia para certos genes, eliminando outros para que êles não estejam presentes nem em forma homozigota nem escondidos em forma heterozigota. O único processo que permite atingir um grau relativamente alto de homozigotia é a aplicação de reprodução por consanguinidade, pois cruzamentos livres manterão a heterozigotia, e o mais alto grau de consanguinidade obtém-se pela autofecundação, em geral aplicada em plantas. Porém o milho não suporta mesmo graus apenas leves de consanguinidade, perdendo logo o vigor vegetativo e sempre produzindo menos que em híbridos.

Este fato se tornou conhecido há muito tempo, aparentemente desde que o branco aprendeu dos índios como cultivar e usar o novo cereal americano. O fato tornou-se mais claro durante a primeira fase de melhoramento, mais ou menos entre 1830 e 1900 quando os trabalhos foram executados quasi que exclusivamente por lavradores nos Estados Unidos. Os técnicos se interessaram pelo problema somente no fim do século passado, e o melhoramento do milho em bases científicas data apenas do início dêste século. Tornou-se então claro que podem ser aplicados os métodos comuns de melhoramento para se obter combinações de caracteres novos ou para intensificar e homogenizar caracteres já existentes, porém, que precisava-se achar métodos especiais e novos para restabelecer o vigor e a produtividade e para aumentá-la ao máximo. Os métodos hoje em discussão ou já aplicados na prática podem ser classificados em dois grupos, existindo numerosas variantes de cada um.

O Método "*milho híbrido*" em estudos desde as primeiras publicações de *East* e de *Shull* em 1910: Obtem-se por autofecundação em linhagens "*pedigree*" um alto grau de homozigotia, fazendo-se ao mesmo tempo uma forte seleção de todos os caracteres para atingir o padrão estabelecido, excetuando-se nesta seleção apenas o vigor. As linhagens que sofreram pelo

menos 3 ou em geral 6 ou mais autofecundações, são depois submetidas a testes para avaliar sua capacidade combinatória, e as melhores são então combinadas para produzir híbridos chamados simples (de duas linhagens consanguíneas), híbridos "triplos" (de três linhagens consanguíneas) ou híbridos duplos (de quatro linhagens). Os híbridos assim obtidos garantem uma alta produtividade, bem como homogeneidade de acordo com os caracteres do tipo padrão.

O método das "variedades sintéticas" foi proposto por *Hayes and Garber* (1919): Estas são populações que podem manter os seus principais caracteres e a sua produtividade sob condições de reprodução livre e com uma certa intensidade da seleção, natural ou artificial. Como explica bem *Richey* (1950), os trabalhos experimentais sobre os sintéticos, executados antes de 1940, não deram resultados importantes, pois não foi observada a exigência que apenas linhagens com alta capacidade combinatória devem entrar na composição dos sintéticos. Satisfazendo esta condição, vários autores como *Hayes* e colaboradores, *Lonnquist*, *Welhausen*, etc., já obtiveram bons resultados que serão discutidos mais adiante neste trabalho. *Brieger* (1949, 1950a, b), acrescentou mais um princípio. É um fato conhecido que a segregação mendeliana de caracteres quantitativos causa variações maiores ou menores nas gerações avançadas de cruzamentos, e assim ele postulou que nas "populações ou sintéticas balanceadas", deverão ser combinadas apenas linhagens que darão um mínimo de segregação.

Assim, resumidamente podemos dizer a priori o seguinte:

Milho híbrido — Homogeneidade pronunciada. O material poderá ser usado pelo lavrador apenas numa geração, pois ele tem que adquirir novas sementes todo ano.

Sintético simples — Homogeneidade inferior ao anterior, mas o lavrador poderá produzir as suas sementes durante várias gerações, a partir de semente comparada.

Sintéticos balanceados — São intermediários em homogeneidade entre híbridos simples e sintéticos simples, mas podem ser usados pelo lavrador durante maior número de gerações ainda do que os sintéticos simples.

Antes porém de entrar numa discussão mais detalhada dos dois últimos métodos parece-me necessário considerar a pergunta, se é de fato necessário desenvolver métodos alternativos além do processo "milho híbrido". A este respeito escreve por exemplo *Richey* (1950), num resumo muito recente sobre o melhoramento do milho, o seguinte: "No momento presente, variedades sintéticas têm pouca importância para a produção

prática do milho nos Estados Unidos. Quando linhagens consanguíneas com alta capacidade combinatória estiverem á disposição em grande número, e quando estas produzirem materialmente mais do que as linhagens consanguíneas hoje existentes, então a situação pode mudar. Até esta data porém, a possibilidade do uso de sintéticos parece restrita a áreas nas quais por qualquer razão o emprêgo de híbridos duplos não é praticável" (p. 176). Pode parecer estranha esta opinião que recomenda um mesmo método tanto para o futuro no "corn belt" no qual os resultados do processo híbrido já atingiram o seu máximo, quanto para outras regiões onde a situação nem é ainda própria para a aplicação do processo híbrido. *Richey* assim parece recomendar os sintéticos tanto para um grau mais primitivo e o grau mais avançado possível do melhoramento do milho. *Lonnquist* (1949) é de opinião que os sintéticos podem ser uma melhor solução em certas regiões dos Estados Unidos como demonstra o seguinte trecho do seu trabalho: "Se sintéticos com produção satisfatória puderem ser obtidos, êles seriam de valor considerável nas margens externas do "corn belt" onde o preço de sementes híbridas é alto demais em relação ao valor da colheita". Assim êle repete nove anos mais tarde a opinião já expressa por *Jenkins* (1940), e isso apesar de grande divulgação do método híbrido entre 1942 e 1949. (pg. 153). *Welhausen* (1950) discutindo o problema do melhoramento do milho no México, escreve: "E' de se duvidar se o melhor método é estabelecer um programa de "milho híbrido" como se tem feito no "corn belt" dos Estados Unidos, dadas as condições sociais e agrícolas que prevalecem no México. Aproximadamente 80% das terras cultivadas são divididas em unidades de 4 hectares cada uma. A preocupação primordial dos agricultores destas unidades consiste em produzir milho suficiente para a subsistência da família. Muito pouco desta produção está disponível para transações comerciais. Os métodos dêstes produtores são primitivos, os sólos empobrecidos, e sua renda muito baixa. Para êste grupo de agricultores, as variedades melhoradas mais vantajosas serão aquelas que são multiplicadas por polinização livre e das quais podem ser guardadas sementes de um ano para outro". (pg. 120). Apenas para os 20% da área restante que estão na mão de agricultores mais progressivos, área esta menos subdividida, *Welhausen* recomenda o milho híbrido. Numa publicação, também do ano de 1950 e que conheço apenas por um resumo no "Estado de São Paulo", *Boerger* (1950) explicou também que para o Uruguay, e talvez a Argentina, a variedade sintética é preferível e não o mi-

lho híbrido. *Brieger* (1949, 1950 a, b), achou que em muitas regiões das Américas onde existe amplo material indígena, também em uso na lavoura, o complexo método de milho híbrido poderá ser evitado.

Assim temos a opinião de numerosos técnicos que estão pelo menos na dúvida se o processo do híbrido simples, duplo ou triplo será a solução adequada para regiões fora do "corn belt" dos Estados Unidos. *Richey* (1950) foi ainda mais longe, ventilando a possibilidade que mais tarde mesmo nesta região de cultivo mais intenso dos Estados Unidos os sintéticos terão o seu lugar no futuro.

Temos então que perguntar quais são as condições ou pre-requisitos que justificam a introdução do milho híbrido como método único no melhoramento em milho, e podemos destacar três pontos essenciais, de acordo com as experiências no "corn belt".

A) Em primeiro lugar, o número de linhagens consanguíneas que estão anualmente entrando em testes de hibridização é bastante grande, de modo que mesmo em áreas relativamente pequenas como nos Estados de Iowa ou de Illinois, um número grande de combinações híbridas são oferecidas aos lavradores, não existindo assim qualquer perigo de um monopólio de um ou poucos híbridos duplos. Sementes híbridas de procedência diversa estão sendo produzidas por inúmeros Institutos Universitários, por Estações Experimentais e Companhias particulares, em colaboração técnica e em competição econômica;

Para dar uma idéia mais concreta referente a este ponto basta tirar alguns dados de um dos "Tests of Corn Hybrids in wide use" realizados anualmente na Universidade de Illinois (1949). Neste teste entraram 61 Companhias particulares com cerca de 300 híbridos, além da Estação Experimental da Universidade com 20 híbridos. A maioria dos híbridos comerciais tem uma constituição que se considera como segredo da casa produtora, mas encontramos dados sobre a composição de 31 híbridos duplos, formados por combinações entre 34 linhagens consanguíneas. Três destas linhagens entraram em mais do que um terço dos 31 híbridos (WF 9 em 22 híbridos, 38-11 em 16 Hy em 10) 17 linhagens entraram em 2 a 9 híbridos e 14 linhagens foram usadas uma vez só. Para dar uma idéia do volume de trabalho das firmas particulares, basta mencionar que 7 Companhias entraram com mais de 10 híbridos cada uma (Funk com 18, Pfister A. G. com 17, Lowe com 15, Supercrost com 15, Pioner com 14, Bear com 14, De Kalb com 13). Das 61 Companhias, 7 têm a sua sede em outros Estados e os restantes 54, tô-

das em Illinois. Os testes, foram executados pelos técnicos da Universidade do Estado de Illinois em 8 lugares diferentes, distribuídos sobre a área estadual que mede aproximadamente 300 por 600 quilômetros. Como resultados finais de três anos de estudos e da análise estatística dos dados colhidos nos testes, foram destacados os 3 a 6 melhores híbridos em cada um dos oito lugares. É interessante notar que, excepto o híbrido duplo US 13, recomendado para duas regiões, todos os demais híbridos se destacaram apenas em uma região cada vez.

Podem parecer que o que acabamos de expor estaria contrário a uma opinião frequentemente citada, isto é, que o número de linhagens autofecundadas atualmente em uso no "corn belt" é muito pequena. Devemos porém lembrar o seguinte :

Partindo de apenas $N = 10$ linhagens, podemos obter :

híbridos simples diferentes:

$$\frac{N(N-1)}{2} = 45$$

híbridos duplos diferentes:

$$\frac{N!}{4!(N-4)!} = \frac{N(N-1)(N-2)(N-3)}{4!} = 210$$

B) A estrutura da economia agrícola é o segundo fator que deve ser tomado em consideração, pois o método do "milho híbrido" promete resultados satisfatórios e compensadores apenas quando há uma estabilidade econômica, isso tanto no que se refere ao trabalho do produtor de sementes como do lavrador que emprega as sementes híbridas. O sucesso do primeiro depende da possibilidade de se fazer previsões seguras sobre o volume de sementes que será procurado em cada ano. Em regiões como o "corn belt" dos Estados Unidos não existe problema neste sentido, pois o produtor de sementes sabe que praticamente toda a área disponível será plantada anualmente com sementes híbridas e assim o único problema consiste em vencer a concorrência dos demais produtores de sementes. Em regiões onde a área cultivada com milho flutua de acordo com as condições do mercado, a situação é porém bem diferente e

previsões tornam-se necessárias. Por exemplo, para produzir certa quantidade de sementes para o ano 1954, o produtor terá que começar o seu trabalho com três anos de antecedência: êle deve multiplicar as linhagens escolhidas em 1951, produzir os híbridos simples em 1952 e plantá-las em 1953 para a produção das sementes de híbridos duplos, que poderão então ser distribuídas em 1954. Sendo impossível de fazer previsões seguras com tanta antecedência, o produtor é assim obrigado a produzir uma quantidade excessiva de sementes, como medida de segurança e para não perder o mercado, tomando as providências necessárias para evitar a perda completa do volume porventura excedente. Provavelmente não será, por enquanto, compensadora a construção de grandes depósitos para guardar as sementes de um ano para outro, com garantias de não perder o poder germinativo. De outro lado, a venda do excesso no mercado comum encontrará dificuldades, pois se trata de material expurgado e em geral tratado com inseticidas bastante nocivas. O lavrador por sua vez, que planta as sementes híbridas, deve saber que estas darão uma colheita superior às variedades comuns locais, dependendo porém o lucro realmente obtido dos fatores econômicos do mercado que são bastante variáveis.

Em países onde se pretende introduzir o método do “milho híbrido” devemos lembrar ainda que o trabalho preparatório leva pelo menos uns dez anos até a obtenção de bons híbridos, e neste intervalo o produtor de sementes não receberá lucro algum. Este trabalho continuará ainda com a finalidade de obter cada vez melhores híbridos. As grandes despesas destas atividades do melhorista deveriam ser mantidas á parte na contabilidade, pois a sua inclusão no preço da semente aumentará êste último sobremaneira. De fato, em geral êste trabalho técnico inicial não é feito por produtores particulares, mas pelos técnicos de Universidade ou de Institutos do Govêrno.

C) Em terceiro lugar devemos fazer referência a um grave perigo inerente ao método do milho híbrido na maioria dos países americanos. O processo em discussão resulta no uso de uns poucos dezenas de linhagens, tôdas muito homogêneas, em substituição das velhas variedades agrícolas com a sua grande heterogeneidade gênica. O empobrecimento gênico que daí resulta pode se tornar um fator muito desvantajoso pois limita para o futuro o trabalho de melhoramento, por exemplo quando surgem novas exigências, novas pragas ou doenças. *E. Anderson* (1945) poz em evidência que a maior parte das linhagens usadas no “corn belt” provén de apenas duas antigas variedades, o Reid's Yellow Dent” e o “Lancaster Surcrop”, desapa-

recendo assim tôdas as demais variedades antigas da região em questão. Porém não se trata de uma perda muito grande uma vez que estas variedades são de origem relativamente recente, tendo sido originadas no início do século passado pelo cruzamento entre o "North-Eastern Little Flint", ainda existente no nordeste dos E. U. e no Canadá, e do "Gourd Seed" do Mexico, também ainda em cultivo neste último país. A perda de gens pode ser porém um fator muito sério nos países sul e central-americanos e também no México, onde existem variedades e raças em grande profusão há milhares de anos, representando uma fonte de gens de valor inestimável. E' verdade que praticamente todos os processos de melhoramento causam uma certa perda genica durante a fase da homogenização, porém nos sintéticos esta perda é muito menor do que nos métodos clássicos "híbrido".

Discute-se recentemente a instalação dos "bancos de sementes", destinados a conservar as antigas raças indígenas ou locais. Porém parece-me que serão ainda necessários estudos muito detalhados até que cheguemos a uma conclusão sobre a organização destes bancos, especialmente sobre o volume de sementes que terá que ser conservado e como estas sementes deverão ser escolhidas. Se este volume por raça ou variedade for muito pequeno, incorremos fatalmente no perigo da perda de gens pela consanguinidade, em consequência da redução do número de indivíduos geneticamente ativos. De outro lado se tentarmos manter o volume muito grande, a organização e manutenção dos "bancos de sementes" torna-se muito dispendiosa. Além disso, devendo ser organizados estes bancos em dependências dos Governos, não podemos infelizmente esquecer as consequências da instabilidade da administração governamental que não somente existe nos países latino-americanos, mas em maior ou menor grau em todo o mundo.

Tomando em consideração estes três pontos, temos que decidir a seguinte alternativa: O método "milho híbrido" é de fato o único meio eficiente do melhoramento deste cereal ou existem outras soluções, também satisfatórias do ponto de vista técnico. No primeiro caso, deveriam ser tomadas as providências necessárias a) para intensificar o trabalho técnico, co-ordenar e intensificar os esforços de todos para obter com a maior rapidez possível numerosos híbridos excelentes, b) para estudar medidas que darão ao mercado deste cereal a necessária estabilidade, c) para organizar "Bancos de sementes", não somente para o milho indígena, mas sim para as raças comerciais existentes. Se de outro lado existem métodos alter-

nativos êstes deveriam merecer a maior atenção para resolver quais as suas vantagens e desvantagens. Êste último caminho foi seguido, nos cinco anos passados, pelo "Centro del Investigaciones Agrícolas" do México, segundo *Wellhausen* (1950-1951) onde foram experimentados sintéticos provisórios, híbridos usando linhagens de uma só autofecundação e variedades levemente melhoradas. Estudei em Piracicaba durante os últimos 15 anos *Brieger* (1945, 1948, 1950) o método e a teoria dos sintéticos balanceados, porém o trabalho prático ficou forçosamente como ponto de segunda ordem dentro do nosso plano de estudos, devido a falta de espaço no campo experimental e de meios. A lista completa dos estudos sobre sintéticos, executados nos Estados Unidos, será dada no próximo capítulo.

2 — OS SINTÉTICOS SIMPLES

Denominei acima "sintéticos simples" aqueles obtidos pela mistura de linhagens, híbridos ou top-crosses, depois de uma seleção pela capacidade combinatória apenas.

O comportamento dos sintéticos de linhagens consanguíneas foram estudados principalmente nos Estados Unidos. Os resultados pouco satisfatórios obtidos por *Hayes* (1926), *Kieselbech* (1933) e *Sprague and Jenkins* (1943) não têm muito interesse, pois êstes autores ainda não fizeram uma seleção rigorosa das linhagens consanguíneas com respeito à sua capacidade combinatória. Resultados mais interessantes porém foram obtidos por *Hayes, Rinke and Tsiang* (1944), *Kinman and Sprague* (1945), e *Lonnquist* (1949).

Hayes, Rinke and Tsiang (1944) testaram 20 linhagens consanguíneas em todos 190 combinações de hibridização simples. Escolhendo os 8 linhagens com produção maior nos híbridos simples, isto é, com maior capacidade de combinação, os autores misturaram as sementes dos (8 x 7/2) ou 28 híbridos simples entre elas, plantando quantidades iguais de cada um em conjunto para a polinização livre entre elas. O sintético assim obtido manteve a sua alta produção durante três gerações de reprodução livre. A produção superou aquela da variedade comum original e igualou áquela de um bom híbrido duplo *Mihybrid 403*.

Kinman and Sprague (1945) analisaram os 45 híbridos simples entre 10 linhagens consanguíneas bem como vários sintéticos nos quais foi usado um número variável de linhagens, chegando os autores a conclusão que aparentemente os sintéticos com 4 a 6 linhagens davam melhores resultados. Todavia,

Richey (1950) lembra que êste resultado evidentemente não pode ser interpretado como indicando qual o melhor número de linhagens que deveriam ser combinadas nos sintéticos, pois 4 das 10 linhagens mostraram ter menor capacidade combinatoria, de modo que a sua omissão tinha que dar melhores sintéticos.

Lonnquist (1949) fez talvez o estudo mais detalhado, tomando em consideração as possíveis vantagens de usar linhagens de pouca consanguinidade, isto é, com uma só autofecundação. Ele autofecundou 200 plantas da variedade melhorada "Krug Yellow Dent", conservando apenas 36 delas (plantas da geração S0). As sementes destas espigas, dando agora a geração S1, foram plantadas e depois cruzadas com a variedade. No ano seguinte foram plantados os top-crosses de cada família S1 e verificou-se que aqueles de 8 linhagens S1 superaram a produção média de todos os top-crosses por uma vez o erro standard, 7 linhagens davam uma produção menor do que produção média menos uma vez o erro standard. Agora foram misturadas as sementes das melhores 8 linhagens S1, com maior capacidade combinatoria e, de outro lado, as sementes das 7 linhagens com menor capacidade combinatoria para tirar delas dois sintéticos, o "Alto" e o "Baixo". O estudo das primeiras gerações dêstes dois sintéticos foi depois executado, devendo-se lembrar que a geração Sy3 foi obtida da geração Sy2, por cruzamento livre combinado com uma seleção para as plantas mais vigorosas. A geração Sy2 "Alto", dando 88 bu/acre, superou significativamente a variedade original (produção 75 bu/acre) e a Sy2 "Baixo" era inferior (produção 66 bu/acre). A geração Sy3 deu em geral uma produção bem superior do que Sy2 o que demonstra que a seleção massal para plantas mais vigorosas era muito útil. A produção de Sy3 "Alta" com 95 bu/acre não diferiu estatisticamente da produção de um bom híbrido duplo, US 13, com 100 bu/acre, quando a Sy3 "Baixo" com 75 bu/acre atingiu agora a produção da variedade original "Krug Yellow Dent".

Sintéticos derivados de top-crosses foram propostos pela primeira vez por Mangelsdorf (1939) numa publicação mimeografada que conheço apenas de citações. O método foi aplicado com sucesso prático no México, mas sem querer desprezar o valor prático, o método serviu até agora apenas para solucionar uma situação especial: de superar muito rapidamente a produção de variedades comerciais ou raças locais. Entraram nestas combinações linhagens com poucas autofecundações (um ou duas) e variedades não melhoradas ou pouco melhoradas

apenas. Mas mesmo no caso de se usarem linhagens altamente consanguíneas e variedades melhoradas, terei dúvidas se êste método pode dar uma produção e homogeneidade comparáveis aos híbridos simples ou duplos obtidos pelo processo clássico, e nesta comunicação estamos apenas interessados em estudar em detalhe soluções tão eficientes com o processo do milho híbrido.

Roberts, Wellhausen, Palacios y Cuevas (1949) e Wellhausen (1950) publicaram dados destas experiências no México. *Wellhausen (1950, tabela 6)* mostrou que sintéticos (Sy1) obtidos da combinação de cruzamentos duplos entre linhas de uma autofecundação de duas variedades com uma terceira variedade deram uma produção superior à média dos dois top-crosses envolvidos, que demonstra a existência de uma boa capacidade combinatória. O melhor sintético, VS 101, foi resultado da combinação seguinte: top-crosses, cada um obtido cruzando linhas com um ou duas autofecundações com uma variedade estranha, combinando depois os top-crosses dois a dois em novos cruzamentos e finalmente misturando as sementes assim obtidas, como demonstra o seguinte esquema:

Mistura de dois híbridos:

(Rocamex 21-5 x Urquilla) x (Leon Uno 24 x Urquilla)
(Rocamex 21-64 x Urquilla) x (Leon Uno 24 x Urquilla)

Êste sintético produziu, num experimento, consideravelmente mais do que uma variedade local (3.089 kg/ha contra 2.598 kg/ha.), mas num outro era inferior a um híbrido triplo (3.217 kg/ha contra 3.748 kg/ha).

Garcin (1950) relatou os resultados da comparação do rendimento de um número considerável de sintéticos Sy1, derivados de top-crosses, mas no teste final nenhum deles superou variedades comuns, (Amarillo Comum e Venezuela I) ou um híbrido entre variedades (Cuba x Colômbia).

Tambem em nossos trabalhos em Piracicaba, usamos um método rápido para a obtenção de sintéticos e que de um modo geral parece dar resultados satisfatórios. Uma das principais finalidades foi de reconstituir, partindo de umas poucas espigas recebidas como material inicial e com a menor perda de gens de valor, uma raça ou variedade, que corresponderia a uma réplica melhorada do material inicial. O processo consistia em fazer sucessivos cruzamentos, com ou sem uma ou outra autofecundação inicial, e durante vários anos de cruzamentos múltiplos em pedigree proceder uma seleção rigorosa

em favor dos caracteres gerais do tipo e do vigor, e contra uma segregação demasiada. Os híbridos múltiplos que suportaram esta seleção, foram no fim plantados em mistura, resultando daí um sintético. Iniciando o trabalho em 1945, chegámos assim em vários casos até o Sy₂. Os sintéticos de alguns Catetos da nossa região, P-139 e P-140, bem como um derivado de material rio-grandense, P-138, deram resultados satisfatórios.

Dêste resumo podemos tirar às seguintes conclusões :

1) E' muito importante usar para a composição dos sintéticos apenas linhagens consanguíneas com boa capacidade combinatória, tornando-se indispensável um teste anterior para este fim.

2) Talvez possam ser usadas já gerações S₁, que tenham assim sofrido apenas uma autofecundação, quando a variedade original já era bastante melhorada como é o caso do "Krug Yellow Dent".

3) A seleção massal dos sintéticos de reprodução livre, contribui para o valor dos sintéticos nas gerações avançadas.

4) Sintéticos assim compostos podem não somente superar as variedades originais, mas até igualar a produção de bons híbridos duplos.

3) — CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS SOBRE OS SINTÉTICOS SIMPLES

Numerosos dos trabalhos acima citados baseiam-se em suas considerações teóricas numa fórmula, dada por *Sewall Wright* (1922), sem todavia tomar em consideração as premissas que permitem deduzir esta fórmula ou lembrar que hoje esta fórmula não é mais adequada. Segundo esta fórmula pode-se calcular a produção de um sintético, representada na fórmula por F₂, quando conhecemos a produção média de todos os cruzamentos simples (F₁) e das linhas consanguíneas (P), bem como o número N destas linhagens.

$$(S_y) = F_2 = F_1 - \frac{F_1 - P}{N}$$

Numerosos autores ainda aplicam esta fórmula não somente para a geração do sintético que corresponde a uma F₂, mas

também a tôdas gerações mais avançadas, argumentando que ela já correspondesse a um equilíbrio segundo a fórmula de *Hardy-Weinberg*, fórmula esta que de qualquer maneira não pode ser aplicada em populações que contêm misturados indivíduos de produção diferente e onde conseqüentemente está ocorrendo uma seleção contínua.

Faremos em primeiro lugar algumas referências a dados experimentais. *Neal* (1935) relatou resultados que reputa estarem de acôrdo com a fórmula de *Wright*. A mesma conclusão encontramos na publicação de *Aguirre* (1950), porém não podemos atribuir muita importância a curta nota publicada, que não contêm elementos para análise estatística e onde a produção das linhagens consanguíneas foi apenas interpolada e não experimentalmente determinada. De outro lado, os resultados dos experimentos de *Hayen, Rinke and Tsiang* (1944) e de *Lonnquist* (1949) não estão de acôrdo com a fórmula.

Para explicar a situação e discutir em detalhe a impossibilidade de aplicar a referida fórmula de *S. Wright*, darei em seguida a sua derivação para os dois casos nos quais temos dados experimentais.

Sintéticos obtidos pela mistura de indivíduos, em números iguais, de N linhagens consanguíneas (experimentos de *Lonnquist* 1949). A primeira geração Sy1 de sintético tem a composição seguinte: os cruzamentos entre indivíduos de linhagens diferentes darão híbridos simples, sendo a produção média de todos estes híbridos designada por (Hs). Além destas hibridações simples acontecerão também acasalamentos acidentais entre indivíduos que pertencem à mesma linhagem, e a produção média destas combinações será designada por (S). Devemos porém notar que esta média das combinações "intra-linhagens" não precisa ser a mesma do que a produção das linhagens usadas na composição do sintético. Isto seria apenas o caso se as linhagens foram da ordem de S5 ou superior, tendo sofrido cinco ou mais autofecundações. Linhagens com menor grau de consanguinidade, e especialmente linhagens S1 com uma só autofecundação contêm ainda tanta heterogenidade genética, que encontraremos muita segregação nos descendentes dos cruzamentos intra-linhagens. Assim a produção média dos cruzamentos intra-linhagens não correspondem necessariamente à produção média das linhagens autofecundadas.

Chegamos ao esquema seguinte:

Fig. 1

♂ \ ♀	S _A	S _B	S _C	S _N
S _A					
S _B					
S _C					
.....					
S _N					

Diagram description: A square matrix with a dashed diagonal line from the top-left to the bottom-right. The diagonal is labeled $N \cdot S_{\theta}$. The upper triangle is labeled $\frac{N(N-1)}{2} H_S$. The lower triangle is labeled $\frac{N(N-1)}{2} H_S$.

$$\begin{aligned}
 Sy1 &= \left[N(N-1)H_S + N S_{\theta} \right] \cdot \frac{1}{N^2} \\
 &= H_S - \frac{H_S - S_{\theta}}{N} \\
 &= F_1 - \frac{F - P}{N}
 \end{aligned}$$

Aparentemente chegamos a uma fórmula que parece idêntica àquela de *Sewall Wright*. Porém não devemos esquecer, como explicado acima, que o valor médio de S corresponde à produção média das linhagens autofecundadas apenas quando empregamos linhagens com alto grau de consanguinidade.

Sintéticos obtidos pela mistura, em números iguais, de híbridos simples entre N linhagens, (experimento de Hayes, Rinke and Tsiang 1944).

Se cada uma das N linhagens consanguíneas entrou em (N — 1) híbrido simples, então teremos $N(N - 1) : 2 = M$ híbridos.

Cada cruzamento de indivíduos de diferentes híbridos simples resultará na formação de híbridos duplos, sendo a produção média dos primeiros, respectivamente dos segundos assinalada pelas letras Hs e HD. Os cruzamentos acidentais entre indivíduos do mesmo híbrido simples darão em média uma produção que corresponde àquela de uma geração F2 do híbrido simples. De um modo geral é evidentemente difícil prever qual será o valor desta produção média, lembrando as numerosas possibilidades de uma interação de gens com efeito quantitativo. Para um caso especial, gens dominantes com efeitos simplesmente aditivos, podemos estabelecer porém a relação de *Wright*.

$$F_2 = F_1 - \frac{F_1 - P}{2} \quad \text{ou então} \quad H_s \ominus = H_s - \frac{H_s - S}{2}$$

Empregando de novo um esquema em xadrez para os (n/2) combinações possíveis entre os M híbridos simples chegamos ao seguinte resultado :

Fig. 2

♀ \ ♂	H ₁	H ₂	H ₃	H _M
H ₁					
H ₂					
H ₃					
.....					
H _M					

Diagram illustrating a matrix structure with rows and columns labeled H₁, H₂, H₃, ..., H_M. The matrix is divided into two main regions by dashed lines. The upper region contains the term $\frac{M(M-1)}{2} H_D$. The lower region contains the term $M \cdot H_{S\theta}$. The lower-left region contains the term $\frac{M(M-1)}{2} H_D$.

$$Sy1 = [M(M-1) H_D + M H_{S\theta}] : M^2 =$$

Supomos que podemos aplicar a fórmula dada

em cima :

$$\begin{aligned}
 Sy1 &= \left[M(M-1) H_D + M \left(H_S - \frac{H_S - S}{2} \right) \right] : M^2 \\
 &= \left[M^2 H_D - M H_D + M H_S - M \frac{H_S - S}{2} \right] : M^2
 \end{aligned}$$

Supomos que podemos postular $H_D = H_S = H$

$$\begin{aligned} Sy_1 &= \left[M^2 H - M \frac{H - S}{2} \right] : M^2 \\ &= H - \frac{H - S}{2M} \end{aligned}$$

Supomos ainda que cada linhagem S entrou

num só híbrido simples, de modo que $M = N : 2$

$$Sy_1 = H - \frac{H - S}{N}$$

O resultado final da derivação dada acima parece de novo ser igual á fórmula de *Sewall Wrigth*, mas não devemos esquecer que tínhamos que formular hipóteses adicionais para chegar a êste resultado: (1) que a segregação dos híbridos simples é causada apenas por genes dominantes com efeitos aditivos; (2) que a produção dos híbridos duplos fosse praticamente igual áquela dos híbridos simples, além de permitir que toda linhagem entrasse apenas em um híbrido simples.

Em resumo podemos dizer que a fórmula de *Sewall Wright* serve apenas em casos especiais para predizer a produção da primeira geração de um sintético (Sy_1). Todos que estão ao par da genética do milho, sabem que as premissas feitas são pouco prováveis e não podem ser aceitas como base geral de uma teoria. Além disso não se deve esquecer que tôdas as fórmulas foram derivadas supondo não somente que não houve nenhum processo seletivo, mas que os números de indivíduos sempre fosse bastante elevado de modo que a variação do acaso pode ser completamente desprezada.

Passando agora para as gerações mais avançadas, devemos em primeiro lugar repetir que o princípio de *Hardy-Weinberg* se aplica apenas a populações com reprodução cruzada livre e sem seleção alguma, e assim não pode ser aplicada nos casos em discussão. Na geração Sy_2 , em ambos os casos citados aparecem tanto tipos novos provindo de reprodução consanguínea, como de cruzamentos intra-linhagens, de cruzamentos intra-híbridos simples e retrocruzamentos linhagem x híbridos, como também cruzamentos múltiplos. Tentar desenvolver fórmulas para estes casos complexos exigiria a inclusão de tantas hipóteses secundárias de modo que a fórmula terá pouquíssimo valor. Além disso se tornará cada vez mais difícil evitar os efeitos da variação de acaso quando teríamos que usar médias de produção de tantos grupos diversos de forma diferente de reprodução.

Apesar desta crítica negativa, podemos tirar algumas conclusões de natureza geral sobre o comportamento de sintéticos:

a) A produção média dos sintéticos da primeira geração Sy_1 será menor que a produção dos híbridos simples, obtidas das linhagens consanguíneas.

E' fácil de dar uma demonstração matemática desta conclusão:

A produção média das linhagens consanguíneas de qualquer grau (S) será sempre menor do que a produção média dos seus híbridos simples (Hs), e do mesmo modo a produção média de cruzamentos conseguimos dentro de híbridos (Hs) sempre será menor do que aquela dos híbridos duplos (HD). Assim sintéticos (Sy_1) que permitem qualquer grau de acasalamentos consanguíneos, devem produzir menos do que os híbridos simples, rep. duplos.

b) A heterogeneidade dos sintéticos, devido a segregação mendeliana em combinação com o cruzamento livre, tenderá em geral a ser maior do que em híbridos simples e também em híbridos duplos.

c) A produção média em gerações avançadas dos sintéticos pode permanecer constante, pode diminuir se a seleção artificial não foi eficiente, e pode aumentar ainda, se ela for eficiente.

Como já mencionado, *Hayes, Rinke and Tsiang* acharam constância da produção de Sy_1 até Sy_3 e *Lonquist* um aumento considerável. Somente este último autor aplicou uma seleção artificial para plantas mais vigorosas.

A base teórica desta última conclusão é também fácil de ser compreendida. Mencionamos acima que nas gerações avançadas encontramos tanto acasalamento de grau vário de consanguinidade como cruzamentos dando híbridos múltiplos. Uma seleção em favor das plantas mais vigorosas significa uma seleção dos indivíduos mais híbridos e assim elimina com maior ou menor eficiência conforme o sucesso da seleção, os graus superiores de consanguinidade, elevando a média da produção na geração seguinte. Esta conclusão tornar-se-á mais clara ainda, quando discutiremos, mais adiante, os equilíbrios em sintéticos balanceados em sua relação aos sintéticos simples.

Sintéticos derivados de top-crosses (experimentos de Wehhausen e outros).

Numerosos autores citam uma fórmula de *Mangelsdorf* (1939) que permitiria calcular a produção dos sintéticos. Não conhecendo a publicação original, darei em seguida um modo como se pode chegar a esta fórmula. Temos que estabelecer a seguinte hipótese que não corresponde muito bem à situação genética: Partimos de N linhagens (S) autofecundadas que recebem N doses dos gens da variedade (V) usada no top-cross (HT) e supomos que mantermos intactos na mistura os complexos de genes de cada linhagem e da variedade. Assim chegamos ao seguinte esquema em xadrez, (pág. 788) no qual notamos:

As $N \times N$ combinações ($V \times V$) repetem a constituição da variedade V ;

As combinações S_a, S_b até S_n com as N dosagens de V dão top-crosses, com frequência igual a $2 \times N \times N$;

As $N(N-1)$ combinações entre linhagens diferentes resultam na formação de híbridos simples H_s , e finalmente temos ainda o cruzamentos intra-linhagens, dando linhagens derivadas que denominamos como antes S .

Fig. 3

$\begin{matrix} \nearrow \\ \sigma \\ \downarrow \end{matrix}$	S_A	S_B	$S_C \dots S_N$	V_1	V_2	$V_3 \dots V_N$
S_A	$\frac{N(N-1)}{2} H_S$ $N \cdot S$ $\frac{N(N-1)}{2} H_S$	$N^2 \cdot T$				
S_B						
S_C						
S_N						
V_1	$N^2 \cdot T$			$N^2 \cdot V$		
V_2						
V_3						
V_N						

$$\begin{aligned}
 Sy1 &= (N^2 V + 2N^2 H_T + N(N-1)H_S + NS) : 4N^2 \\
 &= \frac{1}{4} V + \frac{1}{2} H_T + \frac{1}{4} H_S - \frac{H_S - S}{4N}
 \end{aligned}$$

Esta é a fórmula dada por Mangelsdorf (1939) exceto que ele usa para a produção média da variedade a letra *a* em vez de *V*, para a média dos top-crosses *b* em vez de *HT*, para a média dos híbridos simples a letra *c* em vez de *Hs* e para a média das linhagens a letra *d* em vez de *S*.

Podemos ainda fazer algumas pequenas transformações na última equação e substituir por H os termos (V; HT; HS) que correspondem às combinações não-consanguíneas

$$\begin{aligned} Sy1 &= \frac{V + 2H_T + H_S}{4} - \frac{H_S - S}{4N} \\ &= H - \frac{H - S}{4N} \end{aligned}$$

Esta fórmula se aproxima bastante à fórmula de *Wright*, que já discutimos. A fórmula de *Mangelsdorf* também pode ser apenas aplicada em condições especiais, isto é, a) quando não há segregação sensível e quebra consequente dos conjuntos de gens introduzidos por cada linhagem consanguínea, b) quando não há nenhum processo seletivo, c) quando o número de indivíduos de constituição genética diferente é suficientemente grande de modo que as variações do acaso podem ser desprezadas. Assim podemos esperar, como no caso da fórmula de *Wright*, que dados experimentais serão em geral diferentes de expectativas calculadas pela fórmula.

Mas apesar destas restrições, podemos usar a fórmula para fazer alguns prognósticos. O valor do rendimento do sintético Sy 1 será no caso da mistura dos top-crosses pouco influenciada pela produção média das linhagens consanguíneas empregadas, pois o termo correspondente na equação de *Mangelsdorf*, na sua forma alterada dada por mim acima, corresponde à quarta parte do termo respectivo da fórmula de *Wright*. O rendimento dependerá em maior grau da produtividade dos híbridos simples e dos top-crosses, de modo que torna-se imprescindível a escolha de linhagens consanguíneas com alto grau de capacidade combinatória.

Será impossível, como nos casos anteriores de calcular fórmulas que permitissem prever a produção média das gerações avançadas dos sintéticos de top-crosses. Porém, considerando que metade dos genes destes últimos provêm da variedade comercial, podemos esperar que a seleção massal será de pouco valor. Encontraremos uma perda da produtividade na medida que o sintético se aproxima da variedade, ficando ao máximo talvez um pouco melhor do que esta última.

Em conclusão, podemos dizer o seguinte: a obtenção dos sintéticos pela mistura de top-crosses parece um método que dificilmente dará resultados comparáveis a híbridos simples e duplos, mormente se usarmos linhagens de uma ou duas autofecundações apenas a variedades não melhoradas. Porém este processo poderá dar resultados práticos quando é apenas visada a rapidez com a qual uma certa melhoria de variedades comuns pode ser obtida.

4 — DISCUSSÃO FINAL

Evidentemente, as gerações que foram denominadas gerações Sy1 nos três casos discutidos não são completamente comparáveis, apesar que elas sempre representam a primeira geração que é sujeito a reprodução livre. Para esclarecer a situação melhor, darei em seguida um "esquema básico" partindo para isso da hipótese que a geração inicial Sy0, formada pela mistura de sementes e deixada a reproduzir-se por cruzamento livre, era derivada de sementes de linhagens "inbred". Se o número de linhagens era N, então teremos para acasalamentos intralinhagens a frequência N/N^2 ou $1/N$ e para cruzamentos interlinhagens a frequência $N(N-1)/N^2$ ou $(N-1)/N$.

A geração seguinte Sy 1 será então composta dos seguintes tipos :

Número de linhagens combinadas	Descendentes	
	por consanguinidade(s)	híbridos simples (HS)
10	10%	90%
20	5%	95%
N	1: N	(N - 1) : N

Para poder fazer uma estimativa de composição da próxima geração Sy 2, temos que calcular as possibilidades de acasalamento na geração Sy1. Para simplificar a situação, parece indicado de supor que os indivíduos "inbred" (S) serão eliminados antes do florescimento, o que é bem possível devido a sua frequência relativamente pequena e a redução do seu vigor e da sua fertilidade. O cálculo combinatório permite calcular a probabilidade do acasalamento entre dois híbridos simples completamente idênticos, entre dois híbridos que tenham uma linhagem apenas em comum e entre aqueles que são completamente diferentes.

A geração S_y 2 assim será composta da forma seguinte :

Número de linhagens originais	Descendentes da combinação de híbridos simples		
	idênticos ("Inbreds")	Com uma linhagem em comum (1/2 consanguíneos)	completamente diferentes (Híbridos duplos)
10	2%	18%	80%
20	1%	9%	90%
N	$\frac{2}{N(N-1)}$	$(N-2) \cdot \frac{2}{N(N-1)}$	$\frac{(N-1)(N-2)}{2} \cdot \frac{2}{N(N-1)}$

Tomando em consideração que cêrca da metade dos indivíduos, derivados do cruzamento de indivíduos da geração Sy1 que tinham uma linhagem comum, sofrerão uma redução do vigor e da fertilidade, podemos supor que êles serão eliminados da população sintética junto com os descendentes de acasalamentos entre indivíduos que tenham ambas as linhagens em comum, e assim teremos como reprodutores na nova geração Sy2, apenas os indivíduos híbridos.

$$\begin{array}{l} \text{Eliminadas} \\ \text{(N linhagens iniciais)} \end{array} : \left[\frac{2}{N(N-1)} - \frac{N-2}{2} \cdot \frac{2}{N(N-1)} \right] = \frac{1}{N-1}$$

$$\begin{array}{l} \text{Mantidas} \\ \text{(N linhagens iniciais)} \end{array} : \left[\frac{N-2}{2} \cdot \frac{2}{N(N-1)} - \frac{(N-1)(N-2)}{2} \cdot \frac{2}{N(N-1)} \right] = \frac{N-2}{N-1}$$

A composição da *geração seguinte Sy3* poderá agora ser calculada do mesmo modo como foi feito para as gerações anteriores. Para simplificar, faremos de novo uma restrição, supondo que somente chegam a reproduzir-se, por cruzamento livre os híbridos duplos e aqueles híbridos múltiplos entre híbridos simples que tenham uma linhagem original em comum. Destacando os descendentes dos cruzamentos entre indivíduos que tenham, na sua ascendência, tôdas, três, duas, uma ou nenhuma linhagem em comum, chegaremos a seguinte situação:

(Quadro na pág. seguinte).

Supomos que de novo podemos fazer uma seleção dos indivíduos que deixarão decedentes, e teremos para a frequência de indivíduos com maior heterozigotica na geração Sy3:

para N linhagens: (N - 4) : (N - 3)

para 10 linhagens originais = 86%

para 20 linhagens originais = 94,1%

Não é possível, sem introduzir artifícios, calcular a composição de gerações mais avançadas do que Sy3, pois não podemos mais classificar os indivíduos de acôrdo com o número de linhagens originais que entraram na sua composição, pois agora o efeito da dissociação mendeliana torna-se cada vez mais pronunciado.

Se compararmos êste esquema básico com o procedimento seguido nos experimentos discutidos acima, chegamos ao seguinte :

Gerações Sy3	Número de linhagens originais		
	N	10	20
Completamente idênticos "inbreds"	$1 \cdot \frac{4!(N-4)!}{N!}$	--	--
Com 3 linhagens em comum "3/4 inbreds"	$\frac{(N-4)!}{(N-5)!} \cdot \frac{4!(N-4)!}{N!} = \frac{24(N-4)}{N(N-1)(N-2)(N-3)}$	3%	--
Com 2 linhagens em comum "2/4 inbreds"	$\frac{(N-3)!}{2(N-6)!} \cdot \frac{4!(N-4)!}{N!} = \frac{12(N-4)}{N(N-1)(N-2)}$	10%	3%
Com 1 linhagem em comum "1/4 inbreds"	$\frac{(N-2)!}{3!(N-5)!} \cdot \frac{4!(N-4)!}{N!} = \frac{4(N-4)}{N(N-1)}$	27%	17%
Completamente diferentes "híbridos múltiplos"	$\frac{(N-1)!}{4!(N-5)!} \cdot \frac{4!(N-4)!}{N!} = \frac{N-4}{N}$	60%	80%

Sy1 de *Lonnquist* — corresponde a Sy1 do esquema básico
 Sy1 de *Hayes et al* — corresponde a Sy2 do esquema básico
 Sy1 de *Wellhausen et al* — corresponde aproximadamente a Sy3 do esquema básico.

Em resumo, daremos a seguir, numa tabela, a frequência dos indivíduos provenientes de acasalamentos consanguíneos ("inbreds") ou não-consanguíneos ("híbridos múltiplos") durante as três primeiras gerações no nosso esquema básico, sempre supondo que em cada uma das gerações somente os indivíduos "híbridos" chegam a reproduzir-se. Se a eliminação dos indivíduos "inbreds" produzidos de novo em cada geração não fosse completa, a percentagem de consanguinidade tornar-se-á mais forte do que indicado no quadro seguinte :

Geração	Número de linhagens consanguíneas iniciais					
	N		10		20	
	"Inbreds"	"Híbridos"	"Inbreds"	"Híbridos"	"Inbreds"	"Híbridos"
Sy1	$\frac{1}{N}$	$\frac{N-1}{N}$	10%	90%	5,0%	95,0%
Sy2	$\frac{1}{N-1}$	$\frac{N-2}{N-1}$	11%	89%	5,3%	94,7%
Sy3	$\frac{1}{N-3}$	$\frac{N-4}{N-3}$	14%	86%	5,9%	94,1%

Este quadro mostra que as frequências de indivíduos "inbred" aumentam sempre nas gerações avançadas dos sintéticos, mas mesmo com apenas 10 linhagens originais este aumento é muito pequeno em relação à variação que se observa em experimentos de campo de modo que a redução do vigor, depois seleção natural ou artificial, ficará de um modo geral despercebida. Esta perda de vigor seria maior se não fossem eliminados os indivíduos "inbred" na sua maioria antes do seu florescimento, o que demonstra a importância da seleção na manutenção dos sintéticos. Assim explica-se a constância observada por *Hayes, Rinke and Tsiang* (1944) durante três gerações do seu sintético, de 1942 a 1944, que empregaram apenas uma leve seleção para "desirable plants". Se fosse possível conseguir a eliminação de todos os descendentes de acasalamentos consanguíneos e se os híbridos restantes possuissem todos uma alta capacidade combinatória, então obteríamos sintéticos que se aproximassem na sua produção a bons híbridos duplos. Por isso devem ser feitos sempre testes para incluir já na composição da geração Sy0 do sintético apenas linhagens de alta capacidade combinatória.

Conclusão — Ficou demonstrado, tanto experimentalmente como em teoria, que é possível a obtenção de sintéticos pela mistura de linhagens consanguíneas ou dos seus híbridos. Tais sintéticos podem igualar em sua produção média àquela de bons híbridos duplos.

Na obtenção destes sintéticos devemos tomar em consideração o seguinte :

a) escolher somente linhagens consanguíneas de alta capacidade combinatória.

b) executar uma seleção massal para maior vigor pelo menos nas primeiras gerações dos sintéticos (Sy1 a Sy3).

Na explicação teórica do método dos sintéticos simples não entramos senão em discussões da ordem da genética clássica. Evidentemente a explicação mais ascertada e moderna será aquela que emprega os princípios da genética em populações. Estudei, nos últimos 15 anos mais ou menos, possibilidades de obter sintéticos balanceados, ou populações balanceadas, e já mencionei que a diferença entre sintéticos simples e balanceados reside no seguinte. No processo da obtenção dos sintéticos balanceados não nos limitamos apenas aos dois pontos mencionados em cima. E de igual importância escolher linhagens que darão híbridos que em F2 e gerações seguintes darão o mínimo de segregação mendeliana.

Tratarei em outra publicação da questão das populações balanceadas, e então darei a teoria geral moderna dos sintéticos, baseada nos princípios da genética em populações.

5 — RESUMO

1) Inicialmente foi dado um breve resumo dos métodos básicos do melhoramento no milho os quais podem ser reunidos em dois grupos principais: o processo do milho híbrido, com as suas variantes, e os processos dos sintéticos. Estes últimos podem ainda ser subdivididos em duas categorias: os sintéticos simples e os sintéticos balanceados. Na obtenção dos sintéticos simples toma-se inicialmente em consideração a capacidade combinatória das linhagens a serem misturadas, e se executa em cada geração de sintético uma seleção massal de conservação. Nos balanceados devemos acrescentar uma forte seleção, na fase preparatória, contra todos os híbridos que dão segregações mendelianas fortes demais.

2) No curso de um breve resumo histórico ficou evidente que a ideia de se aproveitarem os sintéticos no melhoramento do milho, formulada pela primeira vez por *Hayes e Garber* (1919) deu resultados práticos apreciáveis. Assim *Hayes, Rinke e Tsinang* (1944) obtiveram produções de sintéticos que eram equivalentes de um híbrido duplo, Minhybrid 403. *Lonnquist* (1949) registrou produções de sintéticos idênticos ao híbrido duplo, US 13. *Roberts, Wellhausen, Palacios e Guaves* (1949) e *Wellhausen* (1950) relataram resultados bastante satisfatórios, obtidos no México.

3) Ficou demonstrado que as fórmulas de *Sewall Wright* (1932) e de *Mangelsdorf* (1939) não podem ser consideradas como explicações gerais do método, pois pela sua derivação pode-se mostrar facilmente que elas exigem certas premissas que nem sempre são justificáveis.

4) Para eliminar confusões na terminologia foi desenvolvido um esquema básico da constituição de sintéticos supondo que se parte de linhagens autofecundadas e que foram plantadas em conjunto para a reprodução de cruzamento livre. A geração que consiste das plantas autofecundadas, plantadas em mistura, é denominada Sy0. A geração seguinte, a qual contém uma maior percentagem de híbridos simples e uma menor percentagem de descendentes de cruzamentos dentro de mesma linhagem (descendentes consanguíneos) representa assim a geração Sy1. A geração que segue depois de novo cruzamento livre, Sy2, será então composta de híbridos entre quatro linha-

gens (híbridos duplos”), entre três linhagens (“three way crosses”), entre duas linhagens (“híbridos simples”) e descendentes de combinações consanguíneas, (“inbreds”). Porém se houver uma seleção em Sy1 que elimina todos os descendentes de combinações consanguíneas, sobrevivendo apenas híbridos simples, então a geração Sy2 será composta de híbridos entre plantas que não tem nenhuma das linhagens originais em comum, os que têm uma linhagem em comum e finalmente aqueles que têm duas linhagens em comum.

5) Empregando esta classificação das gerações, podemos verificar que a geração Sy1 de *Lonnquist* corresponde à geração Sy1 do esquema básico, a geração Sy1 de *Hayes et al* corresponde à geração Sy2 do esquema básico e a geração Sy1 de *Wellhausen et al* corresponde aproximadamente à geração Sy3 do esquema básico.

6) Uma teoria mais correta dos sintéticos deve-se basear nas regras da genética em populações, as quais foram empregadas por *Brieger* para justificar o processo dos sintéticos balanceados. Uma discussão mais detalhada desta teoria será assim dada numa outra publicação que se ocupara especialmente com os sintéticos balanceados.

6 — ABSTRACT

1) The author gives a short resumé of the principal breeding methods in maize. Since mass selection cannot be considered as a method for improving corn, two groups of methods remain: the hybrid corn method and the method of the synthetics. Reasons are given why it seems important that the latter should be applied, after a further improvement of the breeding technique and its theoretical basis. The method may still be subdivided into the method of simple synthetics and of balanced synthetics. In the preparation of the former, only the following two points have to be considered: selection for combining ability before the constitution of the synthetic, and mass selection against weak descendants of consanguineous matings after the establishment of the synthetic. In the case of the balanced synthetics, a third element is added: selection against or rather previous elimination of all hybrids which give too strong mendelian segregation in a synthetic.

2) The first proposal to use synthetics has been made by *Hayes* and *Gardner* in 1919. Positive results were obtained however only much later, since before 1940 the importance of selection for combining ability was not recognized. *Hayes*,

Rinke and Tsiang (1944) obtained a synthetic which equalled the double hybrid Minhybrid 403. Lonnquist (1949) obtained a synthetic which equalled the double hybrid US13. Roberts, Wellhausen, Palacios and Cuevas (1949), Roberts and Wellhausen (1948) and Wellhausen (1950) reported on satisfactory results from Mexico. Brieger (1944 and later) produced balanced synthetics of subtropical sweet corn.

3) The author demonstrates that the formulae of Sewall Wright (1922) and of P. C. Magelsdorf (1939) cannot be used satisfactorily to explain the composition of synthetics. Both these formulae start from certain assumptions which are not always satisfied, and disregard the principles of genetics in populations under selection.

4) In order to avoid confusion in discussions on the theory of synthetics, a basic scheme is proposed for the identification of subsequent generations. The first generation of plants, planted out in mixture and left to free pollinisation should be called So, and it should be composed of the offspring of individual selected plants which had suffered at least one selfing or more. The first generation after free pollinisation, or generation Sy1, consists thus mainly of simple hybrids except for some individuals resulting from consanguineous matings between sister plants. If there were no selection, the next generation Sy2 should be composed of individuals from matings between individuals which may have none, one, two, three or even four lines in their ancestry in common. However if artificial selection against weaker and less productive plants is carried out in the generations Sy1 and Sy2, then we may assume that only individuals remain from matings which had from none up to two ancestral lines in common.

5) Using this classification we can say that the generation Sy1 in Lonnquist's experiment corresponds to the generation Sy1 of the basic scheme, Sy1 of Hayes, Rinke and Tsiang correspond to Sy2 of the basic scheme and Sy1 of the Mexican authors corresponds to a generation of about the order Sy3.

6) A correct theory of synthetics should take fully into consideration the principles of population genetics, taking furthermore into consideration modern theories on the genetic basis of heterosis in maize.

7 — BIBLIOGRAFIA

ANDERSON, E., 1944 — The sources of effective germplasm in Hybrid Maize. *Ann. Miss. Bot. Gard.* 31: 355-361.

- AGUIRRE, S. C., 1950 — Comparacion de rendimiento de progenies F1, F2, F3, y F4 en algunos cruzamientos de maiz. 1° Asambl. Latino-Amer. Fitogen. 11-12.
- BRIEGER, F. G., 1944 — Estudos experimentais sobre origem do milho. Anais da E. S. A. "Luiz de Queiroz": 2: 225-278.
- , 1948 — Contribuições à Teoria de Genética em Populações. Anais da E. S. A. "Luiz de Queiroz": 5: 65-160.
- , 1949 — Heterosis in population genetics and evolution. *La Ricerca Scientifica*: pp. 1-13.
- , 1950 — The Genetic basis of heterosis in maize. *Genetics*, 15: 420-445.
- GARCIA, F. V., 1950 — Resultados obtidos em el mejoramientos del maiz amarillo a base de cruzamientos multiplos lines S1 X variedade, para producir variedades sinteticas. 1° Asambl. Latino-Amer. Fitogen., 96-107.
- HAYES, H. K., 1926 — Present day problems of corn breeding. *Journ. Am. Soc. Agron.*, 18: 344-363.
- HAYES, H. K. and GARBER, R. J., 1919 — Synthetic production of high protein corn in relation to breeding. *Journ. Am. Soc. Agr.* 11: 309-318.
- HAYES, H. K., RINKE, E. H. and TSIANG, Y. S., 1944 — The development of a synthetic variety of corn from inbred lines. *Journ. Am. Soc. Agron.* 36: 998-1000.
- JENKINS, M. T., 1940 — The segregation of genes affecting yield of grain in maize. *Journ. Am. Soc. Agron.* 32: 55-63.
- KIESSELBACH, T. A., 1933 — The possibilities of modern corn breeding. *Proc. World Grain Exhib. and Conf. Canada*, 2.
- KINMAN, N. L. and SPRAGUE, G. F., 1945 — Relation between number of parental lines and theoretical performance of synthetic varieties of corn. *Journ. Am. Soc. Agron.* 37: 341-351.
- LONNQUIST, J. H., 1949 — The development and performance of synthetic varieties of corn. *Agron. Journ.* 41: 153-159.
- MANGELSDORF, P. C., 1939 — Use of multiple topcrosses in southern corn improvement. *Mimeo. Rpt. First. Southern Corn Improvement Conf.* 1: 33-35.
- NEAL, N. P., 1935 — The decrease in yielding capacity in advanced generations of hybrid corn. *Journ. Am. Soc. Agron.* 27: 666-670.
- RICHEY, F. D., 1950 — Corn. *Breeding. Advances in Genetics* 3: 159-192.
- ROBERTS, L. M., WELLSHANSEN, E. J., PALACIOS, R. and CUEVAS, A., 1949 — Rocamex V-21 y Rocamex VS-101 Nuevas Variedades Mejoradas de Maiz de Madurez precoz

- para la Mesa Central. Folleto de Divulgación n. 7, Oficina de Estudios Especiales.
- SPRAGUE, G. F. and JENKINS, M. T., 1943 — A comparison of synthetic varieties, multiple crosses and double crosses in corn. *Journ. Am. Soc. Agron.* 35: 137-147.
- WELLHAUSEN, E. J., 1947 — Comparación de variedades del maíz obtidas en el Bajío, Jalisco y en la Mesa Central. Folleto Técnico n. 1, Oficina de Estudios Especiales S. A. G.
- WELLHAUSEN, E. J. and ROBERTS, L. M., 1948 — Rocamex V-7, Una nueva variedad de maíz para siembras de riego en la Mesa Central. Folleto de Divulgación n. 3. Oficina de Estudios Especiales S. A. G.
- WELLHAUSEN, E. J., 1950 — El Programa de mejoramiento del maíz en México. 1º. *Asambl. Latino-Amer. Fitog.*, 119-149.
- WRIGHT, S., 1922 — The effects of inbreeding and cross breeding on guinea pigs. *U. S. A. Bull.* 1121.