

Methodos de Melhoramento e Conhecimen- tos actuaes da Genetica do Milho

CARLÔS ARNALDO KRUG
Chefe da Secção de Genetica do Instituto
Agronomico do Estado

III METHODOS MODERNOS DE MELHORAMENTO

1) Generalidades

Origens destes methodos Technica de autofecundar e cruzar

No melhoramento de quasi todas as plantas culturaes a hybridisação tem tido papel saliente, e assim se deu com o milho. Em projectos modernos de melhoramento os cruzamentos artificiaes para a obtenção de novas combinações de factores geneticos têm sido indispensaveis. O processo de hybridisação collocou o melhoramento do milho numa base completamente nova, abrindo largos horizontes para a sua especialisação.

A origem destes methodos baseados na hybridisação data do anno de 1876, quando **Beal (87)** na Estação Experimental de Michigan obteve um acrescimo de producção em F_1 de cruzamentos entre variedades de milho; este facto suggeriu a applicação pratica destes hybridos devido a sua maior productibilidade. **G. H. Shull (91)** foi o primeiro quem suggeriu em 1909 a idéa de se fazer cruzamentos entre linhagens autofecundadas; esta idéa foi posta em pratica por muitos breeders de milho, que no emtanto acceitaram esta innovação como sendo essencialmente theorica e provavelmente sem importancia pratica. East, Hays (H. N.) e Jones (D. F.) devem ser citados como os 3 breeders que ampliaram o methodo suggerido por Shull, methodo este que hoje pode ser considerado como o unico que traz real melhoramento neste importante cereal.

Techina de autopollinisar e de cruzar

Antes de discutirmos os diversos processos modernos de melhoramento do milho, torna-se opportuno fazer aqui algumas demonstrações sobre a technica de autopollinisar e de cruzar.

Autopollinisação

Devido a disposição especial das flôres masculinas e femininas o metodo empregado differe daquelle usado em outras plantas, onde se trata geralmente de flôres bisexuaes. No milho prosegue-se da seguinte maneira : antes do apparecimento das «barbas» na espiga nova, protege-se a ponta desta com um saquinho de papel impermeavel (6 x 15 cms.); quando as «barbas» attigem um comprimento de mais ou menos 4 á 5 cms. (1 á 2 dias apóz) corta-se com o canivete a ponta da espiga, eliminando-se deste modo tambem toda a barba saliente; no dia seguinte colloca-se um sacco especial (typo samphona) de \pm 17 por 40 cms, sobre a inflorescencia masculina (flexa); isto se faz de preferencia á tarde, de modo que o pollen, que émittido principalmente nas horas da manhã (logo apóz o apparecimento do sól), seja nelle accumulado. A duração da vitalidade do pollen é no maximo de 20 horas, de maneira que não se torna necessario proteger a flexa antes disso, pois que o pollen extranho, que por accaso tenha cahido sobre elle no dia anterior á protecção, já será inactivo na occasião da pollinisação artificial. Na manhã seguinte as «barbas» já terão attingido em condições normaes um comprimento de mais ou menos 3 a 4 cms. Com o fim de se obter a maxima quantidade de pollen, bate-se um pouco a flexa dentro do sacco de papel grande, em cujo fundo se accumula; em seguida tira-se com cuidado este sacco e despeja-se o pollen sobre a barba depois de haver eliminado o saquinho da ponta da espiga; isto tem que ser feito com rapidez e cuidado para evitar a contaminação da «barba» com pollen extranho. O sacco grande é então collocado sobre a espiga autopollinisada, fixando-o no colmo da planta de tal modo a permittir o crescimento e o engrossamento da espiga. Muitas difficuldades no emtanto apparecem

ao se praticar esse methodo; algumas variedades podem ser extremamente protandras, de modo que não ha mais pollen, quando as «barbas» apparecem, tornando, portanto, impossivel a autopollinisação; as condições metereologicas tambem difficul-tam muitas vezes o trabalho; com sufficiente habilidade consegue-se no emtanto uma bõa porcentagem de fertilisação.

A technica de cruzar envolve as mesmas regras com a unica differença de que as inflorescencias feminina e masculina protegidas pertecem á plantas de variedades ou linhagens diferentes; a pollinisação artificial é neste caso feita com pollen de uma outra planta. Os saccos nas espigas pollinizadas permanecem nellas geralmente até a colheita, não impedindo o desenvolvimento normal, destas, quando convenientemente fixados nos colmos.

Um outro methodo de pollinisação controllada consiste em cortar-se a flexa madura com o seu respectivo pedunculo, collocando-a junto com a espiga (cujas barbas foram protegidas como acima indicado) em um sacco de papel grande; a base cortada do pedunculo da flexa é collocada em um pequeno vidro com agua, que se amarra no colmo pouco abaixo do ponto de inserção da espiga; deste modo a flexa continua a emittir pollen durante alguns dias. Este methodo no emtanto requer mais tempo, sendo por isso de menor valor pratico.

Convem salientar aqui mais uma vez, que os processos de autofecundar e cruzar requerem extremo cuidado. Na occasião da pollinisação artificial, o ar, as folhas das plantas e tambem as mãos e as vestimentas do operador acham-se carregadas de pollen, donde se conclue que as possibilidades de contaminação são muito grandes.

2) Cruzamentos entre variedades

(8-9-30 51 82-83 87-94)

Muitas das nossas variedades actuaes de milho são resultados de hybridisação accidental. Assim suppõe-se que a variedade «Reid» tenha-se originado pelo cruzamento entre a variedade «Gordon Hopkins» e uma outra variedade precoce de cyclo curto; uma continua selecção entre os hybridos dahi re-

sultantes, fez apparecer esta variedade hoje tão bem conhecida.

A hybridisação artificial para a obtenção de novas combinações e de «vigor hybrid» só alcançou incremento ha poucos annos. Como já disse no capitulo anterior, foi Beal quem em 1876 executou os primeiros cruzamentos artificiaes entre variedades, tendo elle nesta occasião chamado a attenção para o vigor dos hybridos dahi resultantes, que muitas vezes produziam mais do que a melhor variedade usada em cada um dos cruzamentos. As desendencias destes hybridos no emtanto apresentam um decrescimo na sua productibilidade, chegando ás vezes a produzir menos do que a media das variedades originaes. A hybridisação artificial entre variedades de milho pôde ser considerada sob dois pontos de vistas :

1) Hybridisação com o fim de recomb'nar caracteres desejaveis de 2 variedades numa só, seguida por intensa selecção durante varias gerações.

2) Hybridisação entre duas variedades com a unica intenção de tirar proveito do vigor hybrid do F_1 . O uso da Heterose, obtida em cruzamentos entre certas variedades, como meio de melhoramento do milho, requer uma discussão detalhada. Depois de Beal, muitos outros seguiram este novo methodo. Prof. C. L. Ingersoll no Estado de Indiana. J. W. Sanborn em Maine, G. W. MacCluer, Marrow e Gardner em Illinois, e um pouco mais tarde, Collins, Hayes, Hartley, Jones e Griffee dedicaram-se demoradamente no estudo deste assumpto. Os resultados de alguns destes cruzamentos foram reunidos por Richey (82) :

Resumo de 244 comparações entre hybridos da primeira geração e as respectivas variedades originaes :

NUMERO DE CRUZAMENTOS								
Total	Produção inferior a da peor variedade usada	Produção comparada com a media dos paes		Produção superior a da melhor variedade usada				
		Acima	Abaixo	Total	nas seguintes porcentagens			
					0-5	6-15	16-25	26 -
244	14	201	43	136	50	60	20	6
% 100	5,7	82,4	17,6	55,7	20,5	24,6	8,2	2,5

Os resultados destes cruzamentos indicam, que 55,7% destes produziram F_1 s, mais productivos do que a melhor das variedades usada em cada caso, e somente 17,6% eram menos productoras do que a media dos paes; o augmento (em porcentagem) sobre o melhor dos paes, como se observou em cerca da metade do numero total de cruzamentos, era porem notavel só em menos da metade destes casos. Em muitos destes cruzamentos observou-se que os hybridos obtidos de variedades altamente productoras, tendem a revelar uma Heterose mais accentuada do que os hybridos de variedades pouco productivas, e que a Heterose é mais activa quando as variedades cruzadas forem de typo extremamente diferentes. Quanto mais proximo fôr o grau de parentesco entre as variedades cruzadas, tanto menor será a Heterose em F_1 . Estes resultados confirmam bem a hypothese de D. F. Jones com relação á supposição da existencia de factores dominantes que provocam o vigor da planta.

Que conclusões praticas podemos tirar destes resultados? Será a hybridisação artificial entre variedades um methodo recommendavel para a producção de sementes melhoradas? Si tivermos á disposição variedades que são typicamente diferentes, ambas boas productoras e que tenham revelado um bom grau de Heterose em experiencias preliminares, estas variedades podem ser usadas commercialmente para a producção de sementes hybridas. Este methodo tambem é aconselhavel em casos em que duas variedades tenham soffrido uma diminuição na sua productibilidade devido a uma excessiva selecção unilateral em projectos de selecção em massa ou pelo methodo «ear-to-row»; a combinação artificial de taes variedades deve indiscutivelmente resultar na producção de hybridos mais viçosos.

Um exemplo interessante para elucidar um caso semelhante constitue uma experiencia realisada por **Smith e Brunson (94)**: 4 grupos de cruzamentos foram ensaiados; 2 grupos encerravam cruzamentos entre variedades commerciaes bem conhecidas, milhos duros, dentes, doce e pipoca, sendo que nos outros dois grupos empregaram as conhecidas linhagens com altas e baixas porcentagens de oleo e proteina, que foram cruzadas entre ellas e tambem com as variedades commerciaes. Em

12 cruzamentos dos primeiros dois grupos o aumento e a diminuição da produção variavam de + 1,89 a - 5,67 bushels de grãos por Acre (+ 119,0 á - 357,2 Kgs./Ha.); em 8 destes cruzamentos, os F_1 produziam menos do que a melhor das variedades usadas em cada um dos cruzamentos, e só 4 produziram mais. Cruzando no entanto as linhagens mencionadas e que foram seleccionadas por muitas gerações por um determinado característico (% de óleo e proteína) obtiveram uma média de aumento de 9,19 bushels por Acre sobre a melhor das linhagens usada em cada um dos cruzamentos.

Como conclusão geral podemos dizer que o simples cruzamento entre variedades communs nem sempre acarreta um aumento de produção, sendo as probabilidades para se obter um insucesso muitas vezes maiores do que para se obter um real proveito, principalmente quando se considera o tempo e o trabalho que se despence para produzir sementes hybridas desta natureza. Recentemente outros methodos têm sido postos em pratica para utilizar-se da hybridação no melhoramento do milho, e estes serão detalhadamente discutidos no seguinte capitulo.

3) Cruzamentos simples, duplos e triplos variedades syntheticas.

O recente progresso no melhoramento do milho mostrou o alto valor da hybridisação não só sob o ponto de vista do tecnico, mas tambem devido á sua applicação directa na produção commercial de sementes hybridas. Como concluimos no capitulo anterior, os hybridos de variedades geralmente não são de muito valor economico, por isto tornou-se necessario desenvolver um outro methodo de hybridisação que pudesse offerecer maiores garantias de successo. G. H. Shull e E. M. East foram os primeiros que em 1908 chamaram a attenção dos breeders para um novo processo que consistia em cruzar-se linhagens de milho que tinham sido autofecundadas por varias gerações; os hybridos assim obtidos geralmente produziam mais do que a variedade (ou variedades) que tinha fornecido as linhagens. Este facto animou muitos breeders, entre elles H. K. Hayes de Minnesota, D. F. Jones de Connecticut e outros tantos do Departamento Federal de Agricultura dos Estados Unidos.

Os principaes caracteristicos do methodo de cruzamento simples podem ser resumidos no seguinte :

- 1) Isolamento pela continua autofecundação durante varias gerações de um grande numero de linhagens de uma ou varias variedades commerciaes.
- 2) Selecção rigorosa nestas linhagens, tendo por base os seguintes caracteres :

Vigor geral da planta

Resistencia ás molestias e insectos

Desenvolvimento normal da chloropylla

Resistencia ao acamamento.

(O factor producção não é de interesse primordial, como será esclarecido mais adeante).

- 3) Cruzamento destas linhagens, quando attingiram praticamente a Homozygose.

- 4) As sementes obtidas destes cruzamentos são usadas para o plantio commercial.

Este methodo é baseado nos seguintes principios geneticos :

- 1) Isolamento de linhagens praticamente puras pela autofecundação e constante eliminção de caracteres indesejaveis que segregam como consequencia de autofecundação e que estavam «acobertados» em condição heterozygota nas variedades originaes.

- 2) Aproveitamento da Heterose cruzando-se duas destas linhagens ; o apparecimento desta explica-se pela acção complementar no hybrido de factores dominantes de vigor.

Com relação aos efeitos da autofecundação, que já foram discutidos, limitamo-nos a repetir aqui que a redução geral do vigor da planta é um dos phenomenos mais communs observados ; esta redução é devida á separação ou distribuição de factores ou linhagens favoraveis ao crescimento entre as linhagens resultantes ; obtida a homozygose, não ocorre mais re-

dução no vigor. Em alguns casos constatou-se que linhagens que eram consideradas absolutamente homozygotas, segregaram com relação a um ou mais característicos, quando transferidos para uma outra região; este phenomeno pode ser explicado, assumindo-se que as condições do meio onde se purificou a dita linhagem, não permittiam a verificação de caracteres, que continuavam a segregar, pois que nenhuma selecção era possivel para eliminá-los. Para fins praticos de melhoramento, as linhagens devem ser autofecundadas no minimo por 6 gerações consecutivas. As linhagens autofecundadas pelo maior numero de gerações acham-se actualmente na Estação Experimental de Connecticut (U. S. A.) onde E. M. East iniciou a autofecundação em 1906; com poucas interrupções esta tem sido continuada até o presente.

Com relação á selecção a ser applicada entre as linhagens durante as gerações autofecundadas os breeders de milho têm apresentado sugestões diversas, principalmente no que diz respeito á producção. Em muitos casos verificou-se que os hybridos (F_1) obtidos de linhagens relativamente productivas não têm sido melhores do que aquelles obtidos de linhagens menos productivas; até o presente infelizmente não é possivel identificar numa linhagem algum característico que seja um indice de seu valor quando cruzada com uma outra; por isso concluimos que não convem eliminar grande numero de linhagens baseados unicamente na sua pequena productibilidade, pois deste modo é provavel que se descarte material de valor futuro. O que decide o valor de uma linhagem é o resultado do seu cruzamento com uma outra.

Com relação ás grandes diferenças geneticas que se têm achado em taes linhagens, citamos em seguida algumas, que são de valor economico:

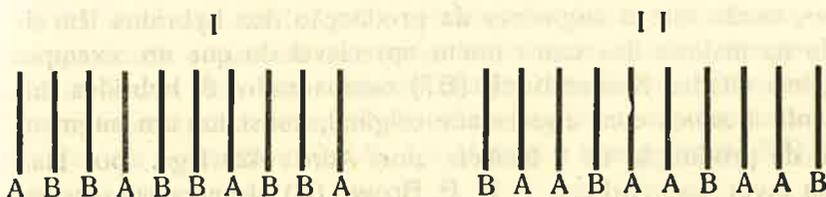
Diferenças com relação á capacidade de aproveitar elementos nutritivos do solo.

Diferenças na susceptibilidade ao acamamento.

Diferenças quanto á resistencia ás molestias, insectos damninhos, etc.

Diferença com relação á resistencia á secca e ao frio, etc.

A escolha das melhores linhagens para recombiná-las em híbridos comerciais é a parte mais árdua de um tal projecto de melhoramento, para isto torna-se necessário fazer um grande numero de cruzamentos para estudar o valor das combinações. Depois de encontradas as melhores linhagens, faz-se os cruzamentos comerciais em grande escala com o fim de produzir a semente híbrida. O methodo mais commum consta em estabelecer-se dois campos distantes um do outro, plantando-se as duas linhagens A) e B) da seguinte maneira :



No campo No. 1 elimina-se na ocasião do florescimento as "flexas" de todas as plantas da linhagem B, sendo que a linhagem A fornecerá o pollen não só para si mesma (produzindo sementes puras de A), como também para as plantas da linhagem B, que formarão as sementes híbridas; no campo o II procede-se de modo semelhante, eliminando na ocasião do florescimento as flexas da linhagem A.

Por este methodo nós mantemos sempre puras as duas linhagens e obtemos ao mesmo tempo o material híbrido dos dois cruzamentos reciprocos.

Si por um accaso estes dois cruzamentos reciprocos não forem de identico valor, estabelece-se somente um campo de cruzamento como o acima indicado, e a linhagem de cujas plantas se eliminam as flexas é propagada isoladamente em um outro campo. Estes cruzamentos deverão ser repetidos annualmente, pois que futuras gerações (F_2 , F_3 etc.) dos híbridos obtidos soffrerão sensivel diminuição no vigor, na productibilidade, etc. que se explica á base da segregação.

O quadro abaixo indica os resultados obtidos por **Jones e Mangelsdorf (54)** em uma das suas numerosas experiencias :

	Produção média	
	Bushels/Acre	Kgs./Ha.
Variedade "Century (110)	47,5	2293,5
Cruzamentos simples entre duas, linhagens (110-2 x 110-4)	51,2	3235,6
Variedade "Leaming" (112)	44,4	2797,2
Cruzamentos simples entre duas inhagens (112-1 x 112-4)	45,6	2872,8

Outros experimentadores têm obtido resultados, semelhantes, sendo que o aumento da produção dos híbridos têm sido na maioria dos casos muito apreciável do que no exemplo acima citado. **Kiesselbach (87)** comparando 8 híbridos durante 4 annos com a variedade original, constatou um aumento de produção de 7 bushels por Acre (420 Kgs. por Ha.) em favor dos híbridos. — **H. B. Brown (8)** alcançou em seus estudos um aumento de 13 o/o á 20,1 o/o na produção dos híbridos.

Até agora somente tratamos dos cruzamentos feitos entre linhagens da mesma variedade; pode-se no emtanto também utilizar linhagens pertencentes ás variedades diferentes; estes ás vezes tem até differido na côr dos grãos, sendo que neste caso o híbrido é geralmente de côr uniforme; cruzando-se linhagens pertencentes a variedades diferentes ainda acarreta a probabilidade de reunir-se no híbrido 2 grupos de factores de crescimento diferentes o que provoca um vigor híbrido ainda mais accentuado.

As principaes desvantagens do cruzamento simples são: o methodo é dispendioso, e a semente que se obtém é em pequena quantidade e de má qualidade pois fora produzida por plantas mais ou menos fracas que soffreram o effeito desfavoravel da continua autofecundação.

Para evitar-se estes defeitos, alguns autores propuzeram o methodo do cruzamento *duplo*, que hoje está sendo adoptado com successo por muitas Estações Experimentaes e Companhias Americanas Productoras de sementes hybridas. Este consiste em combinar-se 2 híbridos da primeira geração (F_1) no anno que se segue ao dos dois cruzamentos simples:

A x B

C x D

F₁ N.º IF₁ N.º IIF¹ N.º I x F¹ N.º II

Emprega-se portanto neste methodo 4 linhagens puras ; ambos os cruzamentos (simples e duplo) são feitos seguindo-se o eschema acima indicado (para cruzamentos simples). As 4 linhagens precisam ser mantidas puras.

As sementes obtidas pelo cruzamento duplo são de melhor qualidade e tambem em maior quantidade. Excellentes resultados foram com este methodo obtidos em diversas Estações Experimentaes ; como exemplo damos a seguir uma comparação feita em Connecticut (U. S. A.): (Jones e Mangelsdorf 54).

		Kgs./Ha
Cruzamento simples (110-2 x 110-4)	51,2 bu/acre	3225,6
Cruzamento simples (112-1 x 112-4)	45,6 bu/acre	2872,8
Cruzamento duplo (110 2 x 110-4	x	
(112-1 x 112-4	69,8 bu/acre	4397,4

Alem dos methodos até agora discutidos, alguns outros ainda foram ensaiados com certo successo, e os quaes passamos a descrever :

O methodo do *cruzamento triplo* (3-way-cross) consiste em cruzar-se um hybrido F¹ obtido uum cruzamento simples com uma terceira linhagem que fornecerá o pollen (eliminam-se as flexas das plantas F¹), de maneira que no hybrido final nós teremos a combinação de 3 linhagens escolhidas. Este methodo tem a vantagem de que somente tres linhagens têm que ser mantidas puras, sendo que o producto final pôde ser considerado tão bom em qualidade e quantidade como aquelle obtido nos cruzamentos duplos.

Os "cruzamentos multiplos" ou o processo de se produzir "variedades syntheticas" está ainda em experiencias ; elle consiste em combinar-se racionalmente diversas bôas linhagens numa nova variedade, que deverá produzir bem durante futuras gerações sem controle artificial de pollinisação, e que dif-

fere da variedade original por ser isenta de todos os caracteres desfavoráveis que esta encerrava. Ao que parece, este methodo produz boas variedades syntheticas quando se trata de alcançar resistencia ás molestias (34) insectos, etc mais do que quando o fim é melhorar a productibilidade.

4) "Top-Crosses" (64)

E. W. Lindstrom apresentou recentemente em um artigo no Journal of the American Society of Agronomy um interessante trabalho do qual elle relata os resultados obtidos com um novo emprego de linhagens puras num projecto de melhoramento de milho; este methodo consiste em pollinizar-se uma bem adaptada variedade regional com pollen de uma linhagem pura de caracteres especiaes. O autor applicando este processo surpreendeu-se com a extraordinaria prepotencia de algumas linhagens (usadas como fornecedoras de pollen) sobre a variedade commercial, com relação aos diversos caracteres, taes como, forma da espiga, resistencia ao acamamento, ás molestias etc. O hybridado assim obtido tambem produzia em geral bem mais do que a variedade commercial usada. Os resultados destas experiencias mostraram que "uniformidade e boa producção podem ser facilmente conseguidas pelo cruzamento de uma linhagem prepotente com uma variedade commum, geralmente bastante variavel devido a sua heterozygose". Nestas experiencias a variedade "Krug" foi pollinizada com o pollen de diversas linhagens, que já se tinham mostrado serem de valor em outras combinações hybridas (cruzamentos simples e duplos). Os ensaios realizados pelo autor acima referido nos annos de 1829 e 1930 resultaram um augmento dos hybridos F_1 de 5 á 45 o/o sobre a variedade Krug, distinguindo-se estes tambem por uma perfeita homogeneidade; alem disso o typo dos grãos obtidos era mais uniforme, a porcentagem de plantas improductivas fôra reduzida ao minimo, havendo ao mesmo tempo um augmento da reistencia contra o carvão (Ustilago Zeae) e contra o acamamento.

Semelhantes experiencias foram feitas com milho doce (*Zea sacharata*), uma variedade que deve caracterisar-se por uma

perfeita uniformidade de amadurecimento; tambem aqui obtiveram resultados animadores.

“Comparando-se este methodo “Top crosses” com as difficuldades encontradas no uso dos cruzamentos duplos, onde se torna necessario manter puras 4 linhagens, e onde 2 annos são precisos para effectuar os cruzamentos, resulta que o Top-cross é extremamente simples e directo” como o caracterizou o proprio Lindstrom.

Mas apesar de sua simplicidade, encontraram diversas difficuldades no seu emprego. Torna se principalmente difficil achar a melhor linhagem para a variedade a ser melhorada; esta linhagem deve ser abundante productora de pollen, as suas flexas devem ser da mesma altura ou mais altas do que a altura das espigas da variedade a ser cruzada, pois os dois serão plantados em ruas alternadas no campo (2 da variedade, cujas flexas serão eliminadas e 1 da linhagem); a linhagem deve emittir o seu pollen na occasião em que a maioria das plantas da variedade já tenham produzido abundantes “barbas”; e finalmente é preciso que a linhagem exerça sufficiente prepotencia sobre a variedade para induzir um apreciavel, melhoramento. Uma outra difficuldade está na eliminção das flexas da variedade, principalmente quando esta é composta de plantas muito altas; este trabalho deve ser feito com toda a precisão pois que a linhagem usada deve ser mantida pura para uso futuro.

Não se pode duvidar no emtanto que o presente methodo é extremamente simples, podendo com facilidade ser applicado por breeders e companhias prodctoras de sementes.

5) Methodo de Reconstituição (46-47)

Um outro esforço no sentido de encontrar um novo methodo simples de se applicar a hybridisação no melhoramento do milho foi feito recentemente por C. M. Woodworth e W. J. Mumm da Universidade de Illinois.

O methodo, chamado por elles “Reconstituição” consiste em autofecundar um grande numero de plantas duma boa variedade, misturando em seguida as sementes daquellas linhagens (provenientes cada uma de uma espiga autofecundada)

que tiverem apresentado os melhores resultados. A autofecundação por certo elimina uma certa porcentagem de gens desfavoráveis e uma selecção continua nos annos a seguir na "população synthetica" obtida, na qual haverá pollinisação natural, resultou um augmento de producção de cerca de 3 bu/acre (189 Kgs./Ha.)

Devemos no emtanto tomar em consideração que este methodo ainda esta sendo experimentado; duvidamos que estas "variedades reconstituídas possam concorrer com os hybridos de cruzamentos duplos e os obtidos pelo systema dos "Topcrosses", pois que uma só autofecundação é insufficiente para eliminar todos os gens desfavoráveis que existem numa variedade commercial, e uma selecção demasiadamente rigorosa na população synthetica resultante deve por certo diminuir de novo a sua productibilidade.

6) Melhoramento convergente de linhagens autofecundadas

Ha cerca de 6 annos F. D. Richey do Departamento Federal de Agricultura dos Estados Unidos propoz num trabalho original publicado no "American Naturalist" (86) uma nova idéa que marcou mais um passo no aperfeiçoamento dos methodos modernos de selecção do milho; o fim do seu trabalho é o melhoramento de linhagens puras deste cereal, tornando-as aproximadamente tão productivas como os hybridos F_1 obtidos por estes.

Este fim pode ser alcançado theoreticamente por dois modos: ou por uma extensiva selecção entre linhagens de variedades communs, ou pela selecção entre linhagens derivadas de hybridos de um cruzamento anterior entre 2 dellas; o primeiro methodo poucas probabilidades de successo offerece, pois que até hoje não se obteve em nenhum dos numerosos projectos de melhoramento por linhas puras uma linhagem cuja producção pudesse ser explorada commercialmente. O plano suggerido por Richey envolve os seguintes principios:

- 1) Cruzamento entre duas linhagens autofecundadas praticamente homozygotas.
- 2) Estabelecimento de duas series de "back crosses"
* cruzando se por varias gerações 2 grupos, cada um com uma das linhagens originaes.
- 3) Durante este periodo deve-se praticar constante e meticulosa selecção das plantas mais vigorosas e productivas.
- 4) Depois de cruzal-os (back-crosses) os dois grupos são autofecundados no minimo por duas gerações praticando se sempre rigorosa selecção
- 5) As duas linhagens que se readquire são novamente cruzadas, e repete se novamente todo o programma.
- 6) As linhagens "convergentes" resultantes deste processo são homozygotas em relação a uma grande porcentagem de factores que determinam o vigor e a productibilidade; ellas poderão constituir uma nova linhagem ou serão usadas para cruzamentos (simples e duplos), sendo que os hybridos resultantes deverão ser mais productivos do que aquelles obtidos pelo cruzamento das suas linhagens primitivas.

Em que base genetica estabeleceu o autor este processo? Vimos que este consiste num systema definido de cruzamento, "back-crosses" e autofecundações, tudo acompanhado por uma constante e rigorosa selecção com o intuito de melhorar duas linhagens sem diminuir o seu valor na combinação hybrida. Os principios geneticos envolvidos neste methodo podem ser deduzidos das seguintes considerações :

- 1) Num hybrido altamente productivo obtido pelo cruzamento de duas linhagens A e B nós temos combinado em estado heterozygote um grande numero de factores determi-

* Entende-se sob a denominação de "back-cross" cruzamento hybrido com um dos paes.

nando o vigor e a productibilidade, factores estes que se achavam distribuidos entre as duas linhagens.

2) Cruzando-se de novo o hybrido AB com A durante varias gerações traz como consequencia o augmento em AB da porcentagem de factores *homozygotas* de A ;

3) Uma constante selecção de plantas vigorosas e productivas durante este periodo de "back-crossing" evita até certo ponto a perda dos factores "B" do hybrido, que nelle existem em condição heterozygota, pois que a linhagem "A" vai introduzindo ao mesmo tempo os recessivos normaes destes factores "B".

4) A autofecundação sob constante selecção durante ao minimo 2-3 gerações augmentará o numero de factores homozygotas "B".

5) A linhagem deste modo restabelecida será portanto homozygota para a maioria dos factores da linhagem "A", e ao mesmo tempo manterá em sua constituição genetica tantos factores de "B" quantos a constante selecção conseguiu reter ; theoreticamente portanto a linhagem restabelecida deve ser mais vigorosa e productiva do que a primitiva linhagem "A".

6) As duas linhagens reciprocamente restabelecidas não de differir em um numero menor de gens dominantes do que as linhagens primitivas. "Repetindo-se este programma, usando-se estas linhagens restabelecidas como ponto de partida, deve-se conseguir um melhoramento reciproco, obtendo-se uma convergencia gradual dos gens dominantes favoraveis de A e B numa unica linhagem" (Richey).

Varias difficuldades, porem, surgiram na applicação deste methodo : o numero de gerações as quaes devem ser "back-crossed" para obter os melhores resultados, é um factor ainda duvidoso, pois que o numero de gens que determinam o vigor é prova-

velmente muito elevado. Applicando-se a formula:
$$\left[\frac{(2r-1) n}{2rn} \right]$$

pode-se determinar a porcentagem de plantas homozygotas para n factores que entram no cruzamento sómente forne-

cidos pela linhagem homozygota com a qual cruzou-se o hybridado e as progenies dahi resultantes. Assumindo-se 50 factores, a quinta geração ($r = N.^{\circ}$ de "back-crosses") possuirá somente 20 o/o dos factores homozygotas vindos da linhagem pura ao passo que a 10^a geração deverá ter 95 o/o destes factores homozygotas. Uma outra difficuldade é a existencia de "linkage" entre estes factores que determinam o vigor, que previne o funcionamento ideal deste methodo. Um terceiro ponto de importancia é o effeito nem sempre seguro da selecção effectuada com o fim de reter na linhagem convergente o maior numero possivel de factores favoraveis; a escolha destas plantas é um problema bem difficil de acertar-se.

Em trabalho mais recente (90-1930) o mesmo autor em cooperação com G. F. Sprague relata os primeiros resultados obtidos com este methodo apoz 6 annos de trabalhos. Assumindo-se a producção media de duas linhagens como sendo 0 e do hybridado entre elles de 100, observaram que as primeiras 3 gerações de "back-crosses" tiveram como consequencia um consideravel decrescimo de producção, sendo um total de 50 o/o na primeira geração, 70 o/o na segunda e 77 o/o na terceira; na 6^a geração a linhagem convergente produzia somente 6,25 o/o mais do que a media da producção das 2 linhagens primitivas, o que vem provar que houve consideravel perda de gens favoraveis de productibilidade de outra linhagem (não usada para o back-crossing) apezar de effectuar-se constante e rigorosa selecção. Hybridados obtidos pelo cruzamento de duas linhagens "reciprocamente convergidas" durante 4 gerações accusaram uma producção aproximadamente identica áquella obtida do hybridado primitivo. Entre seis hybridados de linhagens convergentes encontraram no emtanto tres que produziram mais do que os respectivos hybridados primitivos, e os autores pensam que este methodo sirva não só para melhorar em si as linhagens, mas tambem para augmentar o valor dos hybridados resultantes de seu cruzamento.

A explicação genetica deste resultado só pode ser baseada na supposição de existirem factores de crescimento, (growth-factors) que accusam o phenomeno de dominancia incompleta; si o novo hybridado produz mais do que aquelle obtido pelo cru-

zamento das linhagens primitivas, este phenomeno só pode ser explicado devido a um augmento da porcentagem de factores duplamente dominantes, que devem ter um effeito mais accentuado do que em estado heterozygata.

Não somente a possivel applicação pratica deste methodo no melhoramento do milho o torna de interesse geral, mas elle tambem será de valor contribuindo para elucidar alguns problemas theoreticos, como por exemplo o mechanismo do "Vigor Hybrido". A hypothese da existencia de factores dominantes que impellem o crescimento e a productibilidade da planta e que se admite serem distribuidos mais ou menos uniformemente pelo complexo chromosomico, encontra nos primeiros resultados deste methodo uma bôa confirmação, pondo ainda mais em duvida a hypothese da "estimulação physiologica".

Mais alguns annos de estudos com este projecto de aperfeiçoamento de linhagens por certo virão esclarecer o seu valor.

7) Companhias productoras de sementes hybridas

Depois de discutir os diferentes methodos de applicar a hybridisação no melhoramento do milho, julgamos de conveniencia dedicar um capitulo á applicação pratica de alguns destes methodos na producção em escala commercial de sementes melhoradas deste cereal. Não pode haver duvida que o milho representa actualmente um excellente exemplo da applicação da hybridisação racional por parte de companhias productoras de sementes. De todos os methodos acima descritos, os cruzamentos duplos e triplos foram até agora preferidos para a producção de sementes em grande escala. Os Estados de Minnesota, Illinois e Iowa (U. S. A.) estão actualmente na vanguarda quanto ao uso pelos fazendeiros de sementes hybridas. Nestes Estados algumas companhias têm consideravelmente contribuido na introducção deste novo typo de sementes na agricultura local. Elevado numero de hectares são annualmente plantados por estas companhias em linhagens para obtenção de F_1 's e com estes F_1 's para produzir os hybridos duplos.

A eliminção das flexas de parte das linhagens, que deve ser feito com todo cuidado, representa a parte mais dispendio-

sa na produção de milho híbrido: o preço actual nos Estados Unidos varia de \$6.00 a \$8.00 por bushel desta semente, sendo que o fazendeiro precisa adquiril-a novamente todos os annos. Apesar desta desvantagem e do preço um tanto elevado, o augmento de produção que se obtem com estas sementes, paga sobejamente a sua applicação. A adaptabilidade do milho híbrido a diversos meios (climas, solos) parece ser muito mais limitado do que aquelle de uma variedade commum sendo portanto a sua distribuição mais ou menos limitada.

Mencionemos aqui algumas das companhias que se especialisaram ultimamente na produção de sementes híbridas:

a) *Funk Brothers Seed Comp.* Bloomington, Illinois, fundada em 1824. A selecção de milho foi iniciada por esta Companhia ha 35 annos, sendo que a produção de linhagens iniciou-se em 1916. Grande numero de Hectares é annualmente plantado com linhagens autofecundadas e F_1 's, sendo que a eliminação das flexas é feita em grande escala; os cruzamentos duplos e triplos são os mais usados, e os híbridos Ns. 250, 365 e 517 já são bem conhecidos em Illinois e outros Estados, devido a sua alta productibilidade, resistencia ao frio, ás molestias e ao acamamento.

b) No Estado de Minnesota as sementes da firma "*Northrup King & Comp.*" são bem conhecidas, principalmente o milho Sterling Seed Corn; principiaram a autofecundação em 1922, e tanto os híbridos duplos como algumas variedades syntheticas têm tido optima acceitação; a variedade "Minnesota N.º 13 Special strain" é uma combinação de 14 linhagens puras oriundas da variedade "Minnesota 13" sendo aquella mais precoce e mais productiva do que esta. "King's Cross" é um híbrido F_1 de duas variedades, sendo uma de grãos duros e outra de grãos "dentes".

Julga-se que em 1932 cerca de 5 o/0 de todo milho cultivado no Estado de Minnesota foi de natureza híbrida, sendo as sementes fornecidas pelas Companhias Agricolas e pela Estação Experimental de St. Paul.

c) No Estado de Iowa a "*Hi-bred Corn Comp.*" tem executado excellente trabalho no melhoramento moderno do milho sob a direcção de H. A. Wallace; os seus híbridos são alta-

mente productivos sendo bem adaptados neste Estado e em alguns Estados limitrophes.

d) *Henry Field's Nurseis* (Shenandoah, Iowa) são conhecidos no Centro dos Estados Unidos pelo seu "mule-corn", obtido principalmente por cruzamentos duplos.

e) Em Connecticut (U. S. A.) a "*Everett B. Clark Seed Comp.*" adquiriu bôa fama com o seu excellento milho hybridado doce (*Zea saccharata*) excellento em producção e uniformidade no amadurecimento.

Algumas outras Companhias Agricolas, taes como: K. C. Livermore em New York, a Will Comp. em North Dakota, Geo Carter em Connecticut, e a Mangelsdorf Seed Comp. em Kansas, estão applicando commercialmente os novos methodos de melhoramento de milho, demonstrando assim o seu valor pratico. Como adiante dissemos, não devemos esquecer os trabalhos executados por algumas Companhias, que no presente têm contractado technicos especialistas no assumpto. A sua importancia como productores de sementes melhoradas sem duvida augmentará sempre.

CONTINUA

Programma de acções constructivas

Para obter resultados é preciso adoptar a unidade de acção e os methodos de trabalho de grande rendimento.

Sede inventivos, mas não para multiplicar as objecções, e sim para achar bôas soluções. Sabei assumir as responsabilidades e vencer as difficuldades.

Aquelle cujo espirito procura argumentos para nada fazer ou para fugir ás responsabilidades não consegue grande cousa. O pessimista que por definição veja tudo preto, perde a meta-de de seus meios de acção; um e outro não tem faculdades efficientes.

Sabemos bem que as iniciativas dão frequentemente margem para criticas da parte sobretudo daquelles que não as tem. O unico meio para estes ultimos é provar que estão com a razão fazendo melhor.

PAUL DE VUYST