

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

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

II. METHODOS ANTIGOS DE SELECÇÃO

1) Selecção em massa (1-19 28-83 87-105)

Quando discutimos a Phylogenia do milho, notamos que é impossivel avaliar-se quanto a especialização deste cereal deve aos trabalhos instinctivos de selecção executados pelos Indios. Sendo uma das suas principaes plantas alimenticias, não pode haver duvida que elles melhoraram-na durante as centenas de annos de cultivo. Espigas de milho que hoje encontramos frequentemente em excavações nas Americas e as variedades até hoje cultivadas por tribus isoladas de indios, mostram de facto pouca differença dos exemplares das nossas variedades commerciaes. A selecção em massa deve ter sido praticada por elles para a obtenção de boas sementes, e é facil deduzir-se a importancia deste methodo de selecção no seu melhoramento já naquelles tempos. O effeito constante da escolha, durante seculos, de boas espigas para sementes, ou talvez de boas plantas nos campos de cultura, deve ter produzido um melhoramento gradual mas constante.

Para discutir a "Selecção em Massa" e a sua importancia actual num projecto de melhoramento de milho, torna-se necessario tratar dos seguintes tóipcos:

- 1) Natureza do material que pode ser melhorado por este methodo.
- 2) Technica do processo.

3) Resultados e os limites de melhoramento; efeito desfavoravel do "too-close-breeding" (Seleccção rigorosa durante muitas gerações visando um ou mais caracteres especificos).

1) A natureza do material com o qual se inicia um projecto de melhoramento é um factor capital na escolha do methodo a ser empregado para garantir os melhores resultados. O principio da seleccção em massa numa planta de fecundação cruzada como o milho, consiste em seleccionar-se continuamente durante um certo numero de gerações, plantas ou espigas de um typo determinado, permittindo-se sempre a polinisação cruzada. O material deve ser sufficientemente heterozygote com relação aos caracteres a serem melhorados, para que uma variabilidade mais ou menos pronunciada na expressão destes caracteres nos offereça uma base para seleccção; em linhagens autofecundadas por muitas gerações (praticamente homozygotas) esta seleccção será de efeito nullo, e de pouco valor em um material que já vem soffrendo o efeito continuo da propria seleccção em massa ou de qualquer outro methodo de melhoramento. Muitas variedades commerciaes portanto, que não foram submettidas ha muito tempo a algum projecto de seleccção, e que representam uma população mais ou menos heterozygota (muitas vezes mistura de variedades) podem ser consideravelmente melhoradas pela seleccção em massa.

O alvo de um projecto de seleccção é produzir uma variedade ou typo de milho com os seguintes caracteristicos geraes :

bem adaptada á região onde é cultivada
bem productiva
resistente ás molestias e aos insectos

2) Técnica do processo: Mencionemos aqui os methodos principaes da seleccção em massa:

a) *Seleccção pelo typo da espiga após a colheita .*

Esta seleccção é unicamente baseada nos caracteres da espiga, e muitos estudos tem sido feitos para estabelecer-se um "Standard de espiga ideal". As opiniões dos antigos "breeders"

parecem ter divergido a este respeito, quando comparamos as variedades "Leaming", "Hickory King" com as variedades de espigas pequenas ("Prolifics"). O systema de "Score-card" nas exposições de milho favoreceu o "breeding" para a obtenção de espigas de conformação especial, porem, os resultados que se obtinham nem sempre eram os desejados. Em diversos Estados productores de milho as Estações Experimentaes iniciaram experiencias para determinar as correlações entre a estructura da espiga e sua capacidade productora. Na seguinte tabella extrahida de Richey (82) damos um resumo destas comparações entre espigas (para sementes) que differem na expressão de 6 caracteres especificos:

Caracteres da espiga	Numero de comparações feitas			
	Total	Em favor de espigas que possuem o caracteristico mencionado nos graus abaixo assignados		
		Alto	Medio	Baixo
Peso	39	35	—	4
Comprimento	56	43	3	10
Circumferencia	22	10	4	8
Porcentagem de grãos (Shelling percentage)	40	11	0	29
Numero de linhas	59	19	14	26
Excavação na superficie superior do grão (Indentation)	16	3b	2	11c

b - rugosa

c - lisa

Apezar do facto de que na maioria destas experiencias as diferenças na produção não eram muito sensíveis, deduzimos que alguns caracteres da espiga são de real importancia. Seguindo-se os dados desta tabella, concluimos, que devemos seleccionar para a obtenção de sementes as espigas com os seguintes caracteres:

Peso elevado

Compridas

Com baixa porcentagem de grãos

Com numero reduzido de linhas de sementes

Com grãos de superficie superior (na espiga)
mais lisa. (Nos milhos "indentata" com pequena excavação)

Love e Wentz (67) em parte confirmam estas ascerções e mostram nos resultados de suas experiencias que a circumferencia media da espiga tamhem é um caracteristico que é correlacionado com a productibilidade; estes autores no entanto são de opinião de que unicamente um bem installado ensaio de progenie é capaz de revelar a capacidade productora de uma espiga. Richey e Willier (88) forneceram nos excelentes dados estatísticos sobre as relações entre 8 caracteres de espiga e a productibilidade, sendo as experiencias baseadas no estudo de um total de 3.365 espigas. Determinando os coeficientes de correlação, elles concluíram que: "seleccionando-se espigas compridas, pesadas, com sabugos pesados e com um numero relativamente pequeno de linhas de grãos largos e grossos, é um meio de conseguir-se boa semente para plantação".

Cunningham (16) mostra nos seus resultados que em antigos projectos de selecção prestou-se demasiada attenção a determinados caracteres da espiga, que não têm nenhuma correlação com a produção.

Outros caracteres que devem ser tomados em conta na selecção de espigas são; a espiga deve ser approximadamente

cylindrica, as linhas de grãos bem direitas, a base e a ponta bem cobertas de grãos e nenhum indício de molestia deve estar presente. As espigas seleccionadas devem ser armazenadas em ambiente secco e ventilado protegidas contra o ataque de insectos. Um ensaio germinativo tem provado ser de muita utilidade: de cada espiga tira-se de diversos pontos cerca de 10 a 15 grãos e faz-se germinal-os em germinador apropriado para determinar a porcentagem de germinação e para a constatação da presença de alguma molestia cryptogamica: eliminam-se nessa occasião todas as espigas infeccionadas e as que revelem uma porcentagem baixa de germinação.

Usando-se semeadores mechanicos para o plantio, é practica commum semear somente os grãos da parte central da espiga que são mais uniformes; as sementes, porem, da base e da ponta da espiga têm o mesmo valor genetico e só variam com relação á quantidade de materias de reserva que possuem.

Executa-se o mesmo processo de selecção acima descripto durante varias gerações.

Uma das principaes desvantagens deste methodo é o facto de nós não conhecermos as plantas que produziram as espigas escolhidas. O periodo vegetativo destas plantas pode não ter sido o ideal para a região, muitas dellas podem ter sido infeccionadas com molestias ou outras pragas ou ainda podem ter sido affectadas de qualquer outro character indesejavel. O effeito nefasto do "too-close breeding" será discutido no fim deste capitulo.

East (17), criticando a selecção baseada unicamente em caracterees de espiga, affirma: "Uma idéa mais exacta sobre a eficiencia productiva de uma espiga individual só pode ser obtida baseando-se no valor médio de sua *progenie*; este é um indice mais correcto para a productibilidade da espiga "mãe" do que a simples extractura desta, pois que pequenas differenças na fertilidade do solo, humidade ou illuminação podem influir consideravelmente sobre o seu formato". Esta idéa de se estabelecer um rigoroso ensaio de progenie de cada espiga representa a base do methodo "ear-to-row" (uma espiga por linha) que será explicado mais adeante.

h) *Seleccionando plantas no campo:*

Este methodo evita uma das principaes desvantagens do processo acima descripto: presta-se especial attenção ao estudo e escolha das plantas que nos fornecerão as espigas para sementes. Estudos detalhados realizados sobre as correlações entre certos caracteres da planta (24-29), revelaram que existe uma associação definida entre, o vigor (desenvolvimento vegetativo) e productibilidade; isto ficou evidente, quando se comparou o peso de espigas de plantas sadias e de outras fracas, cujo crescimento e desenvolvimento foram minuciosamente observados durante o seu periodo vegetativo. **Grantham** achou uma differença de 74 % em favor das espigas de plantas bem desenvolvidas.

Observações feitas por **Kyle (61)** revelaram que certos caracteres de crescimento (growth-characters) observados logo no inicio do desenvolvimento da planta, podem ser correlacionados com alta productibilidade.

A epoca melhor para se effectuar as selecções no campo é o periodo em que as plantas se approximam da completa maturação, estando porem ainda mais ou menos verdes. A escolha de plantas tardias ou precoces deve ser determinada pelas exigencias da região. Na selecção destas plantas, que devem ser marcadas com etiquetas ou outra marca qualquer, deve-se observar os seguintes factores:

- 1) Vigor geral da planta, porte erecto, resistencia ao acamamento, possuindo fortes raizes adventicias e folhas largas.
- 1) As folhas e o colmo devem ser de côr verde escura.
- 3) Ausencia completa de molestias, como carvão, ferrugem, mosaico, etc.
- 4) Ausencia completa de ataque de algum insecto.
- 5) As espigas devem estar fixadas por um pedunculo forte e resistente; pedunculos quebrados são geralmente infeccionados por algum fungo, podendo esta infecção attingir a espiga (60). Uma leve inclinação porem da espiga é vantajosa, de

maneira que a sua ponta fique dirigida para baixo, isto principalmente em regiões tropicaes para evitar que a agua das chuvas penetre entre a "palha", favorecendo qualquer infecção na ponta da espiga. Mas, esta inclinação não deve ser consequencia de um pedunculo partido, mas sim consequencia natural da estrutura deste.

- 6) As espigas devem ser bem cobertas pela "palha" reduzindo a probabilidade de infecção.
- 7) A inflorescencia masculina que na epoca da selecção já está secca, deve ser bem desenvolvida e ramificada indicando ser uma boa productora de pollen.
- 8) A questão do numero mais favoravel de espigas por planta tem sido muito discutida: considerando-se que **East (17)** afirmou em 1908 que parece ser mais vantajoso produzir-se uma unidade de grãos em duas espigas do que em uma só, e que as variedades chamadas "prolifics" (geralmente com 2 espigas) são quasi sempre mais productoras, conclue-se que a selecção de plantas de 2 espigas bem desenvolvidas (em nós diferentes) é mais vantajosa do que escolhendo-se plantas com uma só espiga grande. Toda a planta que possuir espigas ramificadas deve ser rejeitada.

Em geral deve-se escolher plantas que estejam na cultura normalmente circumdadas por outras; antes escolher plantas que estejam vivendo em meio de forte concurrencia. do que outras isoladas, favorecidas por condições de meio excepcionaes.

Quando a plantação de milho estiver completamente madura, colhe-se separadamente as espigas das plantas seleccionadas, submettendo aquellas á uma rigorosa escolha como descripto em capitulo anterior.

Não pode haver duvida que este methodo que acabamos de descrever é muito superior ao anteriormente mencionado.

3) Resultados e limites de melhoramento; effeito desfavoravel do "too close-breeding". Pelo facto do milho ser uma planta de pollinisação cruzada, este systema limita-nos a applicar os nossos principios de selecção somente á planta mãe; os gametas masculinos que concorrem na fertilisação de uma espiga são constituídos por uma mistura de pollen das plantas visinhas e ás vezes até de outras bem distantes, dando-se a auto-pollinisação somente numa porcentagem muito diminuta. Apesar disso não ha duvida que se pode obter um significante melhoramento por este methodo de selecção quando applicado durante varias gerações. Muitas das nossas outras variedades foram originadas por este processo, e apesar de ser elle ás vezes só de um effeito lento, principalmente em variedades mais ou menos uniformes e productoras, a sua applicação sempre é aconselhavel quando se trata de manter a producção. Parece tambem ser evidente, que este processo é indispensavel quando se adapta uma variedade a um novo ambiente. Todo fazendeiro que não dispõe de conhecimentos sufficientes para effectuar um outro processo mais scientifico, deveria praticar a selecção em massa, quando o material que possui preenche os requisitos necessarios para garantir um razoavel successo.

Quaes são os limites do melhoramento pela selecção em massa? Esta é uma questão que ainda não pode ser resolvida pois não se sabe se as variedades commerciaes (americanas), melhoradas pelos processos commues, já chegaram ao limite de seu progresso. Este é um problema que é intimamente associado com o facto bem estabelecido do effeito desfavoravel do "too-close-breeding" (significa a rigorosa selecção por muitas gerações tendo em vista um ou varios caracteristicos especificos). Garrison e Richey (28) isolaram pela selecção em massa 6 linhagens na variedade "C. I. N.º 119" (uma selecção do "Boone County White") sendo que estas distinguam-se umas das outras por determinados caracteres de espiga, taes como: numero de linhas de grãos e formato da superficie superior de grãos. Elles observaram que uma selecção muito rigorosa com relação a qualquer um destes caracteres redundava

em um decrescimo de producção; todas as linhagens isoladas produziam menos do que a variedade inicial. Em geral aceita-se hoje a hypothese de que o vigor de uma variedade comum de milho é resultado da acção complementar de factores dominantes que affectam favoravelmente o vigor da planta (growth factors). Na experiencia feita por **Garrison** e **Richey** os autores obtiveram pela selecção em massa linhagens com caracteristicos pronunciados, e apesar de não ter havido autofecundação artificial, estas linhagens devem ter ficado aproximadamente homozygotas com relação á determinada combinação de factores responsaveis por estes caracteres; e ao mesmo tempo estas linhagens devem ter perdido parte dos "factores de crescimento". Cruzando em seguida duas destas linhagens diferentes, os autores reconquistaram no hybrido o vigor antigo da variedade inicial.

Desta e de outras experiencias deduzimos que o "too-close-breeding" pela selecção em massa pode redundar em decrescimo de producção, o que se observa, aliás com muito mais intensidade em gerações autofecundadas. E' preferivel que se mantenha numa variedade de milho certa variabilidade com relação á manifestação de certos caracteres de espiga do que diminuir a sua productibilidade insistindo na especialização de um determinado caracteristico.

2) Methodo Ear-to-row

(uma espiga por linha)

Este methodo foi originado por **Hopkins** e outros no Estado de Illinois em 1896 (43), e os seus resultados foram principalmente revelados na famosa experiencia de selecção de Illinois tendo em vista modificar as porcentagens de oleo e proteina nos grãos; esta experiencia tem sido continuada desde 1986 até o presente. Nestes 35 annos de selecção produziu-se 4 linhagens completamente diferentes. Em 1924 (104) depois de 28 annos de selecção, as linhagens com porcentagens altas de proteina e de oleo revelavam um augmento de 50,01% e 109,79 % respectivamente sobre o material inicial. Estes resultados notaveis fizeram com que muitos "breeders" applicas-

sem este novo systema de selecção, mas, como mostraremos adiante, a maioria dos resultados obtidos foi inferior ao que se esperava.

O processo do "Ear-to-row" consiste na selecção de um grande numero de espigas de plantas previamente escolhidas plantando-se em seguida as sementes de cada espiga numa linha (todas as linhas do mesmo comprimento com o mesmo numero de plantas; observa-se cada "Linha de espiga" durante o desenvolvimento das plantas, eliminando-se aquellas (linhas) de plantas doentes. Colhe-se cada rua separadamente, fazendo-se em seguida um estudo criterioso da qualidade e da producção destas progenies de espigas; da colheita das melhores "linhas de espiga" selecciona-se novamente as melhores espigas para continuar o processo no anno a seguir, e assim por varias gerações até attingir-se um supposto limite de melhora-mento.

Varias difficuldades, porem, surgiram com este methodo, que motivaram a introducção de varias modidificações. Um dos problemas era eliminar o effeito desfavoravel da heterogeneidade do solo; para isso suggeriu-se plantar as sementes de cada espiga em duas ruas (Hunt) para obter-se resultados mais exactos. Williams (87) usava somente a metade das sementes daquellas espigas para o primeiro ensaio, misturando o restante das sementes daquellas espigas cujas progenies deram os melhores resultados plantando-as no proximo anno em um lote separado; elle tambem usava repetições em suas experiencias. Alguns autores não comparavam estas progenies somente entre ellas, mas tambem introduziam a variedade original como testemunha. Um outro problema a ser resolvido era o da acção desfavoravel da auto-pollinisação e da pollinisação entre individuos de constituição genotypica muito semelhante; as progenies de espigas plantadas juntas durante varias gerações tendiam a tornar-se homozygotas com subsequente reducção no vigor e capacidade productiva. Para evitar esta tendencia, applicavam-se varios methodos (44 87). Um delles consistia em estabelecer-se dois lotes identicos de "linhas de espiga" com as mesmas sementes, estando porem, os dois lotes, separados um do outro; num delles eliminavam-se todas as flechas das plantas de linhas *pares* e no outro lote todas das

impares; para futuras selecções só se usavam espigas das ruas de plantas das quaes se tinha eliminado as flechas. Um outro systema consistia em eliminarem-se as flechas da metade das plantas de cada rua, sendo alternadamente começando nas linhas em extremidades oppostas. Antes da colheita total do lote, escolhiam-se espigas das melhores plantas das quaes tinha-se eliminado as flechas; destas espigas seleccionavam-se as melhores para a futura plantação depois de se ter determinado o valor de cada uma das progenies.

Muitos autores conseguiram modificar a expressão de certos caracteristicos por este methodo, taes como composição chimica, altura do ponto de inserção das espigas, e'c., e no inicio parecia tambem que a productibilidade pudesse ser augmentada por elle. Apesar dos primeiros resultados terem sido favoraveis, experiencias mais detalhadas e prolongadas deixaram de confirmal-os. A natureza do material que se pretende seleccionar é tambem aqui de importancia; certo é que uma variedade commum de milho pode ser melhorada por este processo num periodo muito mais curto do que pela selecção em massa, mas não se conhecem casos em que se tivesse constatado um continuo augmento de producção.

Semelhantes experiencias têm sido feitas nas Estações Experimentaes de Nebraska, Illinois (93), Ohio e outros Estados, e os resultados indicam, ao lado de diversos casos de decrescimo de producção, que não houve reaes augmentos de producção de valor economico.

Algumas variedades novas foram produzidas pelo methodo de "Ear-to-row", mas em successivos ensaios de variedades ellas geralmente não revelaram significante superioridade sobre diversas variedades melhoradas pela selecção em massa. Considerando-se esta questão pelo lado economico, pode-se portanto duvidar da vantagem de applicar-se este methodo que é muito mais dispendioso. Modificações quanto á altura do ponto de inserção da espiga, á composição chimica dos grãos, etc. que se tem obtido por este methodo, podem ser conseguidos hoje em dia com muito mais facilidade pelos processos de auto-fecundação e hybridação de linhagens puras. Portanto, num projecto moderno de melhoramento de milho, o processo do "Ear-to-row" parece ser digno de pouca attenção.