

SÍNTESE E MELHORAMENTO DE
POPULAÇÕES DE INTERCRUZAMENTO
EM SORGO (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)

Robert Eugene Schaffert+
Walter Luiz Trevisan++

I - INTRODUÇÃO:

O sorgo é uma cultura relativamente nova no Brasil mas apresenta grandes perspectivas para o desenvolvimento da nossa agricultura. Espera-se que o sorgo ocupe lugar de importância entre nossas principais culturas, pelas suas excepcionais condições de produção em condições adversas, principalmente seca.

Em testes instalados em Minas Gerais e São Paulo, ano agrícola de 1973/74, foram obtidas produções relativamente altas, com os melhores híbridos graníferos produzindo de 6 a 8 toneladas de grãos secos por hectare. Foram derivadas também produções de trinta toneladas de matéria seca por hectare nos testes realizados com sorgos forrageiros, híbridos e variedades.

Embora o sorgo não seja nativo do Brasil, seu centro de origem é nos trópicos, em condições muito similares às brasileiras. Entretanto, os sorgos híbridos que tem produzido relativamente bem no Brasil, não são híbridos desenvolvidos para as condições tropicais, mas sim para zonas temperadas, como a Argentina e os Estados Unidos da América. Se, apesar disso, as produções tem sido boas, é lógico afirmar-se que poderia ser muito melhor se fossem utilizados materiais genéticos adaptados e desenvolvidos para as condições do Brasil.

A Coleção Mundial de Sorgo tem aproximadamente 20.000 entradas e ainda existem algumas milhares de linhagens em programas de melhoramento, ao redor do mundo. O sorgo é basicamente uma espécie de autofecundação, possuindo uma pequena quantidade de inter cruzamento. Com estes fatos em mente, é fácil observar que é praticamente impossível serem avaliadas estas inúmeras fontes de germoplasma de sorgo e utilizá-las em um programa de melhoramento de plantas convencional, fazendo cruzamentos manuais, estudando e avaliando as progênes segregantes.

Em países como os Estados Unidos, Argentina e México, utiliza-se o vigor híbrido que geralmente ocorre em sorgo. Entretanto, em muitos países da África e Ásia, são utilizadas variedades devido às dificulda-

+Eng^o Agr^o, Ph.D., Assessor da EMBRAPA, Equipe de Sorgo, Instituto de Pesquisa Agropecuária do Centro-Oeste (IPEACO), Caixa Postal, 151, Sete Lagoas, Minas Gerais.

++Eng^o Agr^o, Seção de Genética, Instituto Agronômico de Campinas (IAC), Pesquisador do Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq).

des na produção e comercialização de sementes híbridas. Os melhoristas desses países utilizam o vigor que é possível fixar em linhagens homozigotas. O sorgo é único, neste aspecto de expressar altos níveis de vigor híbrido e vigor fixável. A opinião geral é que devem ser desenvolvidos híbridos para utilização no Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil e variedades para o Nordeste.

Considerando esses fatos, é óbvio que necessitamos de um sistema de melhoramento de plantas que possa utilizar o grande número de entradas existentes na coleção mundial e programas de melhoramento, adaptá-las às várias condições ambientais do Brasil e, que possibilite a utilização de materiais melhorados em combinações híbridas ou diretamente como variedades puras.

Para resolver estes problemas Dogget (1968), Dogget e Eberhart (1968) e Gardner (1972) desenvolveram sistemas de utilização de populações de intercruzamento em sorgo. Estes sistemas são relativamente novos em sorgo, mas são muito parecidos com os que têm sido usados com sucesso no melhoramento de milho, há muitos anos. Estes sistemas envolvem a utilização de um gene simples, que provoca macho esterilidade, para desenvolvimento de um mecanismo que permite ao sorgo, possibilidade de intercruzamento ao acaso. Entretanto, devido ao fato do milho ser naturalmente de cruzamento, com flores pistiladas e estaminadas separadas, e o sorgo ser uma espécie naturalmente de autofecundação com flores completas, as técnicas e métodos de seleção devem sofrer pequenas modificações.

Antes de ser iniciada a discussão sobre o desenvolvimento e melhoramento de populações, há necessidade de explicarmos que ocorrem dois sistemas básicos de esterilidade masculina em sorgo: um sistema genético simples e um sistema genético citoplasmático. O sistema genético envolve um gene simples recessivo que produz panículas macho estéreis quando em homozigose e panículas macho férteis em condições heterozigotas ou homozigotas para o alelo dominante. O gene que condiciona macho esterilidade mais preferido na síntese de populações é o ms3, por ser o mais estável. O gene ms7 tem sido utilizado na África com algum sucesso. Estes machos estéreis devem ser identificados e etiquetados na antese. O gene "autherless (al) que também condiciona macho esterilidade tem sido utilizado na síntese de algumas populações, porque, é facilmente identificável no momento da colheita, o que não ocorre com os genes ms. Este gene (al) não é muito utilizado pois sua herança é mais complicada, provocando uma frequência de plantas macho estéreis bem menos que a esperada. Estes genes simples de macho esterilidade não são utilizados na produção comercial de híbridos de sorgo mas são úteis no desenvolvimento de pesquisas.

O sistema de macho esterilidade genético-citoplasmática é a única utilizável na produção de híbridos comerciais. Esta macho esterilidade envolve a interação entre o citoplasma e genes restauradores da fertilidade (Rf). Na pesquisa e produção de híbridos de sorgo é utilizada a

seguinte terminologia:

Linhagem A - Estéril - linhagem com macho esterilidade citoplasmática e genes *rfrf* (não restauradores)

Linhagem B - Mantenedora - linhagem com citoplasma normal e genes *rfrf* (não restauradores)

Linhagem R - Restauradora da Fertilidade - linhagem com genes *RfRf* (restauradores).

II - SÍNTESE DE POPULAÇÕES:

O sistema macho esterilidade utilizado na síntese de populações de sorgo é o sistema genético (*ms3*), relatado na variedade Coes. As linhagens que entrarão na síntese das populações são inicialmente identificadas como linhagem B ou R, dependendo se elas restauram ou não a fertilidade quando cruzadas com uma linhagem A. As populações de sorgo são desenvolvidas usando somente linhagens B, somente linhagens R ou uma mistura de linhagens B e R. As populações resultantes são chamadas populações B, populações R ou populações B-R. A razão de se sintetizar populações somente com linhagens B ou somente com linhagens R é a maior facilidade de extrair-se linhagens B e R, sem problemas dos genes *Rf* nas primeiras e genes *rf* nas segundas. A teoria de síntese de populações (Dogget 1968) enunciada para o desenvolvimento de um mínimo de duas populações simultaneamente, é outra razão para se separar em populações B e populações R. Se o objetivo do melhoramento é somente desenvolver variedades, então não há necessidade de separar-se em reações B e R.

Na síntese de uma nova população o aspecto mais importante é a seleção dos materiais que serão incorporados. O procedimento e o número de linhagens depende do objetivo do trabalho. Geralmente prefere-se uma base genética ampla, embora ainda não se tenha pesquisas à respeito. Escolhidas as linhagens que serão incorporadas estas necessitam ser cruzadas com uma fonte que apresente genes de macho esterilidade. Geralmente, escolhe-se como fonte uma linhagem adaptada que contenha os genes para macho esterilidade. Cada linhagem é cruzada com uma ou mais plantas macho estéreis. As plantas férteis F1 de cada um desses cruzamentos são auto-fecundadas e as sementes F2 são usadas para um novo retrocruzamento, ou são utilizadas para compor a mistura de sementes que será plantada para se obter a primeira geração de intercruzamento. Um ou mais retrocruzamentos podem ser realizados dependendo da adaptabilidade da fonte de macho esterilidade utilizada e da importância das linhagens que estão sendo usadas na síntese da população. As sementes para plantio do primeiro ciclo são obtidas tomando-se iguais quantidades de sementes de cada F2 e realizando-se uma mistura bem cuidadosa. Planta-se em lote isolado de aproximadamente 1.000 m² em baixa densidade populacional (30.000-60.000 pl/ha). A baixa densidade populacional permite maior perfilhamento e, com isso, tipos de maturidade tardia podem cruzar com tipos de maturidade precoce, pois os perfilhos geralmente florescem mais tarde do que a planta principal.

As plantas macho estéreis-etiquetadas é a mínima para se evitar

perda de material genético. Quando é possível, é preferível etiquetar 600 a 1.000 plantas macho estéreis. No primeiro ciclo de intercruzamento espera-se que 25% das plantas sejam macho estéreis. Em realidade o número de plantas macho estéreis encontradas geralmente é um pouco menor do que o esperado. Quando atingida a maturidade, as panículas etiquetadas são colhidas e debulhadas individualmente. Quantidades iguais de sementes de cada panícula macho estéril são misturadas para serem utilizadas no segundo ciclo de recombinação.

O segundo ciclo é plantado de maneira igual ao primeiro ciclo. A única diferença é que o número esperado de plantas macho estéreis aumenta para 33,3%. As plantas macho estéreis são etiquetadas no florescimento e, na colheita, nova mistura de igual número de sementes de cada panícula é constituído para estabelecer um novo ciclo.

A partir do terceiro ciclo sempre teremos 50% de plantas macho estéreis se for seguido a mesma metodologia utilizada nos dois primeiros ciclos. Muitos pesquisadores acreditam que um mínimo de três ciclos de intercruzamento ao acaso deve ser realizado, antes do início da seleção. No caso de caracteres qualitativos como resistência a doenças, alta lisina, etc., poucos ciclos são necessários. Entretanto, muitas gerações de cruzamento ao acaso são requeridas para que grupos de ligação sejam quebrados.

III - MELHORAMENTO DE POPULAÇÕES:

Os métodos básicos utilizados no melhoramento de populações, de acordo com a tecnologia de melhoramento de milho, podem ser divididos em 2 tipos:

1. Métodos intra-populacionais:

Seleção massal

Seleção entre famílias de meio irmãos

Seleção entre famílias de irmãos germanos

Seleção entre famílias S1

2. Métodos inter-populacionais:

Seleção recorrente recíproca meio irmãos

Seleção recorrente recíproca irmãos germanos

A seleção massal é mais simples e efetiva para caracteres de alta herdabilidade. Normalmente o campo é sub-dividido em aproximadamente 200 pequenas áreas de 5 m² e, um igual número de plantas são selecionadas de cada área. A seleção pode ser feita em plantas macho estéreis (escolha de panículas de polinização aberta) ou em plantas macho férteis (escolha de melhores panículas de autofecundação). A seleção de S1, é duas vezes mais eficiente do que a seleção de meio irmãos (panículas abertas). Uma seleção alternante entre escolha de panículas de autofecundação e panículas abertas é, provavelmente, a que fornece maiores possibilidades de ser mais eficiente, pois oferece a chance de se obter maiores ganhos sem requerer um ciclo extra de combinação. Este sistema deve ser eficiente na seleção para resistência

a doenças e insetos, para outros caracteres qualitativos como alta lisina e, para um progresso inicial no aumento de produção. Deve-se salientar que, para caracteres qualitativos que são recessivos e ocorrem em baixa frequência, o teste de S₁, para esses fatores pode ser realizado, aumentando a frequência desses caracteres recessivos. No melhoramento para produção, provavelmente, não se obtém eficiência após o primeiro ou segundo ciclo de seleção massal, devido a efeitos secundários causados pela variação na altura e maturidade das plantas.

A seleção entre famílias de irmãos germanos oferece maiores possibilidades para se obter melhoramento para produção do que a seleção massal mas requer cruzamentos controlados para ser executada. Cada família é formada pelo cruzamento de uma planta macho estéril com outra planta macho fértil. As sementes remanescentes das progênes que melhor se comportaram no teste de progênes efetuado, são misturadas e usadas para plantar o ciclo de recombinação.

A seleção entre famílias de meio irmãos é menos eficiente do que a seleção entre famílias de irmãos germanos mas oferece vantagens, pois não há necessidade de se realizar cruzamentos controlados. Plantas macho estéreis são etiquetadas na antese, fornecendo na colheita as sementes necessárias para o teste de progênie.

A seleção entre famílias S₁ é um dos esquemas mais promissores de seleção, segundo Gardner (1972). Envolve a utilização de sementes de plantas férteis que podem ser protegidas para assegurar 100% de sementes autofecundadas, ou podem ser deixadas sem proteção, embora ocorra pequena porcentagem de cruzamento. Há menos variação de altura e maturidade e, portanto, os problemas no teste de progênes S₁ serão menores do que os que ocorrem nos outros três métodos mencionados anteriormente.

Os tipos de seleção mencionados são utilizados com muito sucesso em milho e deverão ser eficientes em sorgo. Entretanto, prefere-se um programa de seleção que permita tirar vantagens das nossas condições tropicais, onde uma ou duas gerações extras são possíveis durante a estação de "inverno". Um desses sistemas encontra-se descrito no Quadro 1.

QUADRO 1. Esquema de seleção intrapopulacional a ser utilizado em Sete Lagoas, MG

GERAÇÃO	MESES	OPERAÇÕES
1	OUT-JAN	Seleciona-se 1.000 a 2.000 panículas sem etiquetas (plantas macho férteis) de uma população de intercruzamento praticando seleção massal visual.
2	FEV-MAI	Planta parcelas de 1 linha para os S ₁ 's selecionados. Protege c/sacos de polinização 3 a 4 plantas férteis em cada sulco. Selecionar 200 a 400 S ₁ usando sele-

		ção visual ou peso de panículas.
3	OUT-JAN	Planta-se testes de avaliação com repetições usando as sementes das plantas auto-fecundadas nas linha S_1 selecionadas. Seleciona-se as melhores 20 a 80 entradas S_2 para formar a geração de recombinação.
4	FEV-MAI	Planta-se um bloco isolado para recombinação, usando sementes remanescentes dos S_1 selecionados.

O sistema apresentado no Quadro 1 promove rápido melhoramento sem exaurir rapidamente a variância genética aditiva. As vantagens de se utilizar um sistema como esse são:

1. Permite a possibilidade de se observar grande quantidade de material e eliminar os tipos mais inferiores antes do teste de progênies.

2. Permite que se agrupe as progênies em grupos de maturidade e altura para evitar problemas com estas variações nos ensaios de progênies.

3. Consegue-se as sementes necessárias para as várias repetições do teste de progênies.

4. Os caracteres de alta herdabilidade podem ser selecionadas na geração um e dois e caracteres de herdabilidade menor podem ser selecionados na geração três.

5. A seleção em duas diferentes estações podem servir para selecionar germoplasma com maior adaptabilidade.

6. Podem ser plantadas linhas pareadas de S_1 selecionadas de populações B e populações R para se fazer famílias de irmãos germanos e de meio irmãos para seleção recorrente recíproca.

Algumas desvantagens são as seguintes:

1. A seleção realizada em duas diferentes estações pode causar redução no progresso se as condições ambientais forem muito diferentes.

2. São necessários dois anos para completar um ciclo.

A seleção recorrente recíproca é um método utilizado para melhorar a performance de cruzamentos entre duas populações. Este método deve receber prioridade no Brasil pois facilita a produção de linhagens A e B e linhagens R adaptadas às condições brasileiras e com vigor de híbrido necessário à produção de bons híbridos. Será discutida a seleção recorrente recíproca de irmãos germanos. O método de seleção recorrente recíproca empregando meio irmãos envolve apenas uma pequena mudança no esquema desenvolvido para SRR-irmãos germanos. O Sistema de SRR-irmãos germanos foi desenvolvido para milho, onde a primeira espiga é utilizada para realizar o cruzamento e a segunda é autofecundada. Como isto não é possível em sorgo, recomenda-se que o procedimento indicado no Quadro 2 seja utilizado. Este método pode ser utilizado em conjunto, com um programa de melhoramento intra-populacional, como o descrito no Quadro 1. Note-se que neste sistema há necessidade de utilizar-se duas populações e esta é uma das

razões de se desenvolver populações B e populações R.

Quadro 2. Um dos modelos para seleção recorrente recíproca entre irmãos germanos, em populações B e de sorgo.

GERAÇÃO	MESES	OPERAÇÕES
1	OUT-JAN	Seleciona-se aproximadamente 500 panículas sem etiquetas (plantas férteis) em cada uma das duas populações B e R, praticando seleção massal visual.
2	FEV-MAI	Planta-se parcelas de uma linha para os S_1 's selecionados das populações B e R, em fileiras pareadas de baixa densidade de plantio para permitir perfilhamento. Seleciona-se uma planta macho estéril em uma fileira (B) e cruza-se com uma planta fértil da outra fileira (R) ⁺ . Um perfilho da planta macho estéril utilizada é cruzada com mistura de pólen de várias panículas férteis de sua fileira (SIB). Se isso não for possível uma mistura de sementes provenientes de autofecundação das plantas irmãs germanas pode ser usada no ciclo de recombinação. As plantas macho férteis utilizadas nos cruzamentos B x R devem ser autofecundadas.
3	OUT-JAN	Planta-se testes de produção, com repetições, dos híbridos F_1 , selecionando-se os 10 a 20% melhores híbridos (os pais dos híbridos selecionados podem ser usados para formar linhagens B e R, potencialmente utilizáveis na produção de híbridos comerciais).
4	FEV-MAI	Planta-se um lote isolado de recombinações usando sementes provenientes de autofecundação ou "sib" dos pais de híbridos selecionados, para cada população (B e R). 1/6 das plantas deverão ser etiquetadas. As sementes colhidas destas panículas comporão a primeira geração do próximo ciclo.

+

Para evitar uma imprevisível variação de altura nos testes de híbridos, um dos pais deve ter os 4 pares de genes recessivos para ananismo (4 dwarf) e outro pai deve conter pelo menos 3 pares (3 dwarf).

RESUMO

O método descrito para síntese de populações e os vários métodos de melhoramento de populações permite, aos melhoristas, a oportunidade de utilizar eficientemente um grande número de linhagens da coleção mundial e de programas de melhoramento. Oferece uma maior chance de quebrar grupos de ligação e aumentar assim a recombinação genética, o que não ocorre, ou ocorre muito pouco, em condições naturais ou num programa de melhoramento convencional. Os vários esquemas apresentados permitem o melhoramento de populações, das quais, a qualquer momento, linhagens melhoradas podem ser extraídas para utilização em combinações híbridas ou diretamente como variedade. O "plateau" no melhoramento de milho, que ocorre nos Estados Unidos da América, tem sido atribuído às falhas na continuidade do melhoramento de populações após o desenvolvimento de híbridos de milho (Gardner 1972). Esta situação mudou nos últimos anos com resultados diretos na produção de híbridos de milho.

Já que temos possibilidade de sintetizar e melhorar populações de intercruzamento, não cometeremos os mesmos erros dos melhoristas de milho dos Estados Unidos da América nos anos cinquenta e início dos anos sessenta. Com os métodos aqui descritos, as populações poderiam tornar-se uma parte simples e pouco custosa dos programas de melhoramento de sorgo brasileiros.

MATERIAIS DISPONÍVEIS:

O Projeto de Sorgo da EMBRAPA e do PIPAEMG desenvolveu algumas populações B e R, e tem realizado algumas introduções de populações de outros países. As duas populações mais promissoras para uso no Sul, Sudeste e Centro-Oeste são duas populações desenvolvidas em Sete Lagoas, denominadas:

BRP3R - População brasileira restauradora nº 3

BRP4B - População brasileira não restauradora nº 4

Estas duas populações estão disponíveis aos interessados bastando apenas pedido escrito ao Projeto de Sorgo EMBRAPA/PIPAEMG.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

1. Dogget, H. 1968. Mass selection systems for sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Crop. Science*, 8:391-392.

2. Dogget, H. & S.A. Eberhart. 1968. Recurrent selection in sorghum. *Crop. Science*, 8:119-121.

3. Gardner, C.O. 1972. Development of superior populations of sorghum and their role in breeding programs. In: "Sorghum in the Seventies".

N.G.P.Rao e L.R. House (ed) pp. 180—196.

U.Ribeiral

Em sorgo, perfilhamento é um caráter desejável?

Resposta:

Sim.

R.Vencovsky

Quantas gerações de recombinação são necessárias?

Resposta:

No mínimo 3 ciclos de recombinação.