

ASPECTOS SOBRE O MELHORAMENTO DA SOJA
[*Glycine max (L.) Merrill*]



EMBRAPA

Centro Nacional de Pesquisa de Soja

**A EDIÇÃO DESTE TRABALHO TÉCNICO
FOI FINANCIADA COM RECURSOS DO
CONVÊNIO IICA - Cone Sul/BID.**

SÉRIE MISCELÂNEA - N° 01

Setembro, 1980

ASPECTOS SOBRE O MELHORAMENTO DA SOJA
[*Glycine max (L.) Merrill*]

João L. Gilioli - Engº Agrº MSc.
Leones A. Almeida - Engº Agrº MSc.
Romeu A. S. Kiihl - Engº Agrº PhD.



EMBRAPA

Centro Nacional de Pesquisa de Soja
Londrina, PR

Comitê de Publicações do CNPSO/EMBRAPA
Caixa Postal 1061
86.100 - LONDRINA - PR.

GILIOLI, João L.; ALMEIDA, Leones A.; KIIHL, Romeu A. S.
Aspectos sobre o melhoramento da soja [*Glycine max (L.) Merrill*].
Londrina, PR, EMBRAPA - CNPSO, 1980.

20 p. (Série Miscelânea, 1)

CDD 633.343

© EMBRAPA

PROGRAMA COOPERATIVO DE INVESTIGAÇÃO AGRÍCOLA CONVÉNIO IICA - CONE SUL/BID

O Convênio IICA - Cone Sul/BID representa um esforço conjunto dos governos dos países da Região, no sentido de superar algumas dificuldades comuns nos campos da agricultura e da pecuária.

A cooperação interinstitucional visa, principalmente, ao intercâmbio de conhecimentos com vistas ao incremento da produção e da produtividade de trigo, milho, soja e bovinos de corte. Os instrumentos principais de apoio a este esforço são a informação e a documentação, a capacitação, o enfoque de sistemas de produção, o intercâmbio técnico e o assessoramento de alto nível.

O Programa Cooperativo de Investigação Agrícola, nos Países do Cone Sul, é financiado pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), administrado pelo Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas da OEA (IICA) e executado, ao nível de países pelas seguintes intituições: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA (ARGENTINA), Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria - IBTA (BOLÍVIA), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (BRASIL), Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias - INIA (CHILE), Dirección de Investigación y Extensión Agropecuaria y Forestal - DIEAF (PARAGUAY) e Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger"-CIAAB (URUGUAY).

A coordenadoria do Projeto Soja está sediada em Londrina, Paraná, junto ao Centro Nacional de Pesquisa de Soja, da EMBRAPA.

CONTEÚDO

I.	INTRODUÇÃO	6
II.	OBJETIVOS DO MELHORAMENTO DA SOJA E FONTE DE GENES	6
1.	Rendimento de grãos	6
2.	Resistência ao acamamento	7
3.	Resistência à deiscência das vagens	7
4.	Resistência a doenças	7
5.	Resistência a insetos	7
6.	Resistência a nematóides de galha	8
7.	Qualidade da semente	8
8.	Utilização "in natura" e na indústria	8
9.	Adaptação a baixa latitude	9
10.	Tolerância ao alumínio livre	9
11.	Características de interesse ao melhoramento	9
12.	Ciclo da planta	9
13.	Altura de planta e de inserção da 1 ^a vagem	10
III.	MÉTODOS DE MELHORAMENTO	10
1.	Introdução e Seleção	10
2.	Hibridação e Condução das Populações Segregantes	10
2.1.	Escolha dos genitores	10
2.2.	Hibridação	11
2.3.	Condução das Populações Segregantes	11
2.3.1.	Método Genealógico ("Pedigree")	12
2.3.2.	Método da População ("Bulk")	14
2.3.3.	Método Genealógico em Massa	14
2.3.4.	Método Genealógico Modificado (S.S.D.)	14
2.3.5.	Método do Retrocruzamento ("Back-cross")	15
2.4.	Seleção Recorrente	15
3.	Principais Vantagens e Desvantagens dos Métodos de Melhoramento mais Utilizados em Soja	17
IV.	PRODUÇÃO DE SEMENTE GENÉTICA	18
V.	AVALIAÇÃO DE CULTIVARES E LINHAGENS	18
1.	Avaliação Preliminar	18
2.	Avaliação Final	19
VI.	RECOMENDAÇÃO DE CULTIVARES	19
VII.	LITERATURA CITADA	20

I. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a cultura da soja expandiu-se em muitos países, com diferentes condições de solo e clima. Esta situação criou a necessidade de pesquisas, em todas as áreas de interesse econômico da cultura, com o objetivo de fornecer soluções adequadas aos problemas específicos, existentes nesses locais.

Sabe-se que, em sua maioria, as cultivares de soja foram desenvolvidas para as regiões situadas entre latitudes de 28 a 50° (Hartwig, 1973). Assim, as cultivares adaptadas nestas latitudes, quando testadas em regiões tropicais ou subtropicais, têm suas produções reduzidas (Hartwig, 1970), principalmente em consequência do limitado crescimento vegetativo, ocasionado pela antecipação da data de ocorrência do fotoperíodo crítico, determinando o início da floração. Este fato gera a necessidade da criação de material adaptado a regiões específicas. Entretanto, cultivares com capacidade genética para ocuparem amplas áreas de cultivo, podem ser obtidas.

Neste sentido, alguns países com clima tropical e/ou subtropical, particularmente o Brasil, têm aplicado esforços no desenvolvimento de cultivares adaptadas às condições de baixas latitudes. Por outro lado, uma nova cultivar é o resultado de criteriosos trabalhos de cruzamento, seleção e avaliação das diversas características de interesse agronômico.

Neste trabalho são considerados os principais objetivos do melhoramento, os métodos de manejo das populações segregantes e de avaliações empregados no desenvolvimento de cultivares de soja.

II. OBJETIVOS DO MELHORAMENTO DA SOJA E FONTES DE GENES

Os objetivos dos programas de melhoramento podem ser agrupados em gerais e específicos. Objetivos gerais são aqueles ligados a características que necessariamente devem estar incorporadas nas cultivares e são normalmente consideradas no processo de seleção. Como exemplos podem ser citadas: a produção de grãos; resistência ao acamamento, deiscência das vagens; altura de planta e de inserção de vagens; resistência a determinadas doenças, etc. Os objetivos específicos referem-se a características que uma cultivar deve possuir, para sanar problemas locais ou regionais, ou atender a certas exigências dos produtores ou dos consumidores. Como exemplo de objetivos específicos podem ser citados: resistência a determinadas doenças de ocorrência regional, nematóides, tolerância ao alumínio tóxico, resistência a insetos, qualidade de grãos (elevados teores de proteína e de óleo) para consumo "in natura", qualidade de sementes, etc.

A separação entre objetivos gerais e específicos fica a critério de cada melhorista, pois um determinado caráter pode ser considerado como objetivo geral por um melhorista e específico por outro.

De maneira ampla, o programa de melhoramento de soja, atualmente em andamento no Centro Nacional de Pesquisa de Soja - CNPSO, visa atender aos objetivos a seguir especificados.

1. Rendimento de grãos

A produtividade é o caráter mais importante a ser considerado no melhoramento da soja. Com efeito, os programas estão sempre empenhados em desenvolver cultivares com maior capacidade produtiva. Embora ganhos substanciais tenham sido conseguidos nos últimos quinze anos, novos incrementos de produtividade das cultivares, no Sul do Brasil, tem se mostrado de pequena magnitude. Desta forma, maior enfoque tem sido dirigido nessa

região no sentido de dar maior estabilidade de produção às cultivares. Acredita-se que a barreira que se antepõe a maiores aumentos de produtividade, possa ser quebrada por meio de melhor conhecimento de fatores fisiológicos, especialmente da fotossíntese, da fotorrespiração e da fixação de nitrogênio pela soja e pelo uso de métodos de seleção mais eficientes.

O uso de cultivares produtivas, como genitores, tem estreitado a base genética das cultivares, aumentando o grau de parentesco e, consequentemente, a vulnerabilidade genética das mesmas. Com o objetivo de reduzir esta tendência, algumas introduções com características desejáveis, estão sendo incorporadas ao programa de melhoramento do CNPSO.

2. Resistência ao acamamento

Cultivares de soja com suscetibilidade ao acamamento são indesejáveis, devido às perdas de produção que ocasionam na colheita. Este problema pode ser solucionado por meio do uso de material com resistência genética ao acamamento e pelo manejo da população de plantas. As principais fontes de resistência, utilizadas no CNPSO, são as cultivares São Luiz e IAC-7. Por outro lado, estudos mostraram que o acamamento pode ser reduzido a níveis desprezíveis, com o uso de populações variando entre 300.000 a 400.000 plantas/ha.

3. Resistência à deiscência das vagens

A deiscência das vagens da soja, logo após a maturação, também é um caráter indesejável. Altas perdas de produção podem ocorrer se condições desfavoráveis de clima atrasarem a colheita da soja. A cultivar Lee é uma ótima fonte de resistência à debulha natural (Hartwig, 1973). Hill e Viçoja são outras excelentes fontes.

4. Resistência a doenças

Cerca de 30 a 35 doenças, causadas por fungos, bactérias e vírus, são encontradas na soja. Destas, aproximadamente metade é suficientemente importante para justificar esforços na adoção de medidas de controle. Nesta área, o CNPSO está desenvolvendo esforços visando a obtenção de cultivares com resistência às seguintes moléstias: mancha "olho-de-rã" (*Cercospora sojina*), mosaico comum da soja, mildio (*Peronospora manshurica*), pústula bacteriana (*Xanthomonas glycines*) e crestando bacteriano (*Pseudomonas glycinea*), para as quais existem fontes de resistência conhecidas.

Para mancha "olho-de-rã", estão sendo utilizadas as cultivares Santa Rosa e Davis, como fontes de resistência. Para mildio, Kanrich e Pine del Perfection. Com relação ao mosaico comum da soja, as cultivares Campos Gerais e Davis, além da linhagem D 71-9966 e a introdução US PI 96983, foram as fontes escolhidas (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1978); para resistência à pústula bacteriana, a resistência é originária de CNS; para crestando bacteriano as fontes de resistência são as cultivares Merit e Chipewa.

5. Resistência a insetos

Durante o seu ciclo, a soja é atacada por vários insetos que podem ser responsáveis por sérios prejuízos. Dependendo da população de insetos e da época de infestação, a intensidade dos danos pode atingir proporções consideráveis e determinar reduções quantitativas e/ou qualitativas na produção.

O uso de cultivares resistentes e com boas características agronômicas tem sido considerado como altamente desejável para o auxílio no controle de insetos de importância econômica. Dentre as grandes vantagens dousos de cultivares resistentes, podemos citar: economia e a sua compatibilidade com outros métodos de controle.

Estão sendo utilizadas no programa de melhoramento do CNPSO, as introduções PI 171.451, PI 227.687 e PI 229.358 que, se apresentaram como resistentes a várias espécies de insetos nos E.U.A.. A linhagem IAC 74-2832 está sendo utilizada para o programa de resistência a percevejos (Emp. Bras. de Pesq. Agropec., 1978).

6. Resistência a nematóides de galha

Dentre os vários gêneros de nematóides existentes, os formadores de galhas (*Meloidogyne* spp.) têm recebido atenção há vários anos. Nematóides desse gênero tem sido observados, tanto em áreas onde a soja é cultivada pela primeira vez, quanto em áreas antigas de cultivo.

Estão sendo utilizadas as cultivares Santa Rosa e Bragg, além das linhagens D64.4636, D69.6344, D71-9112, D71-9241 e D69.442, como fontes de resistência a *Meloidogyne javanica*, *M. incognita* e *M. arenaria*.

Foi estabelecida uma população, a partir do cruzamento de Pickett (resistente a *Heterodera glycines*) com linhagens adaptadas, para possíveis seleções (Emp. Bras. de Pesq. Agropec., 1978).

7. Qualidade da semente

A qualidade fisiológica da semente, tem recebido mais atenção dos melhoristas que desenvolvem programas para condições de baixas latitudes. Nessas regiões, a produção de sementes de boa qualidade (manutenção da viabilidade quando estocadas pelo período de 6 a 8 meses), é de suma importância. No Estado do Paraná, verificou-se que a eliminação de lotes de sementes, por apresentarem germinação inferior a 80%, variou de 8,8 a 39,1%, para diferentes regiões e cultivares (Zappia et al., 1979).

Para incorporar este caráter nas cultivares e linhagens de soja, o CNPSO está utilizando os genótipos PI 259.539 e Improved Pelican, por serem considerados como de boa qualidade (Paschal II & Ellis, 1978).

8. Utilização "in natura" e na indústria

O teor médio de óleo e de proteína nas sementes de soja das cultivares comerciais é de 20,5 e 40,5%, respectivamente. Considerável ênfase foi dada, no passado, para o desenvolvimento de cultivares com alto teor de óleo nas sementes, diferentemente do que ocorreu em relação ao teor de proteína. Entretanto, existe variabilidade em genótipos de soja, nos teores de óleo e de proteína e na relação proteína-óleo. A excelente qualidade e o baixo custo da proteína de soja permitem prever um aumento contínuo na importância desta leguminosa como fonte proteica.

O Japão, um dos maiores importadores de soja, utiliza na indústria de alimentos típicos, aproximadamente 23% da soja que consome. Para tal indústria, a exigência é de sementes grandes, hilo claro e teores elevados de proteína e açúcares.

Como fonte de alto teor de proteína estão sendo utilizadas as seguintes cultivares e linhagens: Abura, D60-7965, D60-8107 e D67-4823, que apresentam teores de proteína de 43 a 48% (Emp. Bras. de Pesq. Agropec., 1978).

Para utilização de brotos de soja estão sendo desenvolvidas cultivares de sementes pequenas. Estão sendo desenvolvidas linhagens com sementes coloridas (marrons e pretas) que poderão ser utilizadas na alimentação humana.

9. Adaptação a baixa latitude

A soja é originária da China, entre latitudes de 35° e 45°N. As maiores áreas de cultivo dessa leguminosa localizam-se, atualmente, dentro dessa faixa de latitude ou, pelo menos, não inferior a 25°. No Brasil, a soja estabeleceu-se com sucesso, a latitudes maiores que 20°.

Existem, entretanto, imensas áreas em menores latitudes, propícias à mecanização e que podem ser ocupadas pela soja. Por isso, cultivares adaptadas a tais condições estão sendo desenvolvidas, utilizando-se os genótipos US PI 240.664, Júpiter, IAC-6, IAC-7, Lo75-2280, IAC 73-2736 e Paranagoiana, como fontes de genes, que controlam a floração e a maturação tardias.

10. Tolerância ao alumínio livre

O enraizamento superficial da soja ocorre com muita freqüência nas principais áreas produtoras do Brasil. A localização do sistema radicular, nas camadas superiores do solo, implica em uma exploração deficiente das camadas mais profundas, com relação à umidade e nutrientes. Como consequência, deixa-se de obter produções máximas, ao mesmo tempo em que há uma diminuição na resistência das plantas a problemas secundários (principalmente patológicos) e na tolerância a períodos sem chuva (veranicos).

Além das causas de ordem mecânica (formação de horizontes impermeáveis pelo preparo inadequado do solo), outras de ordem química (subsolo ácido, alumínio tóxico) impedem o perfeito desenvolvimento do sistema radicular. O cultivo da soja em solos ácidos e com alumínio tóxico, depende, além da calagem, do uso de cultivares tolerantes.

A cultivar Biloxi está sendo utilizada como fonte de tolerância ao alumínio tóxico.

11. Características de interesse ao melhoramento

Características como macho-esterilidade, não nodulação, folíolos ovais, folíolos estreitos, hábito de crescimento semi-determinado, tipo braquíítico, pubescência decídua, etc., poderão apresentar grande contribuição aos programas de melhoramento. Entretanto, tais características são apresentadas, normalmente, por tipos não adaptados às condições brasileiras. Em razão disso, o CNPSO está desenvolvendo linhagens com as referidas características e com adaptação às condições do Brasil.

12. Ciclo da planta

A disponibilidade de cultivares com diferentes ciclos permite o melhor ajustamento da cultura às condições de ambiente.

Como indicação, a soja explora melhor o ambiente, quando, durante a fase vegetativa e parte da reprodutiva, ocorrem boa distribuição de chuvas e temperaturas propícias. Entretanto, é desejável que a maturação ocorra em condições de temperatura mais amena e baixa precipitação, para manter a qualidade fisiológica das sementes e facilitar a colheita.

Por outro lado, o uso de cultivares com diferentes ciclos aumenta a possibilidade de manter estável a produção, frente às variações pluviométricas que ocorrem durante o desenvolvimento da cultura. Assim, por exemplo, o excesso de chuva, que é prejudicial à produção e qualidade das sementes de uma cultivar precoce, pode ser benéfico para uma cultivar de ciclo mais longo, de tal forma que a produtividade média possa ser mantida. A diversificação de cultivares numa propriedade, permite também, melhor aproveitamento da época

de semeadura, racionalização no uso de implementos, colhedeiras e mão-de-obra, sendo, portanto, muito vantajosa para o planejamento de exploração da propriedade.

13. Altura de planta e de inserção da primeira vagem

Para as características de porte e de distribuição das vagens na planta, valores extremos são indesejáveis. Plantas altas são, normalmente, mais suscetíveis ao acamamento; plantas baixas trazem dificuldades na colheita, pois, além da dificuldade de recolhimento pela colhedeira devido ao porte, ocorrem perdas por baixa inserção das vagens.

A altura de planta e de inserção da 1^a vagem são positivamente correlacionadas (Almeida, 1979 e Gilioli, 1979), favorecendo a seleção.

III. MÉTODOS DE MELHORAMENTO

O melhoramento da soja desempenha um importante papel no progresso dessa cultura, pois é por meio dele que o agricultor pode dispor de cultivares com alto potencial produtivo e com características agronômicas que conferem estabilidade de produção. Nas diferentes partes do mundo, onde se cultiva a soja, o melhoramento desta planta tem seguido os processos de introdução, seleção, hibridação e seleção a partir de populações segregantes obtidas.

1. Introdução e Seleção

A introdução de linhagens ou cultivares de outras regiões ou países tem contribuído sobremaneira para a expansão da soja em locais não tradicionais. Essas introduções são avaliadas para características agronômicas e aquelas que se destacam, são distribuídas aos agricultores para cultivo. Plantas individuais podem ser selecionados dentro de introduções que mostram variabilidade genética; após a realização de testes das progêniess destas plantas, uma ou mais linhagens podem se tornar cultivares.

Em regiões ou países onde a soja se encontra em fase de expansão, a introdução de material genético é importante para o estabelecimento do programa de melhoramento, sendo que as melhores introduções são usadas como genitores, para desenvolver novas cultivares.

2. Hibridação e Condução das Populações Segregantes

2.1. Escolha dos genitores

A escolha dos pais, envolvidos na hibridação, depende totalmente dos objetivos estabelecidos no programa de melhoramento.

Em geral, as cultivares possuem muitos caracteres agronômicos que necessitam ser melhorados, porém, somente para alguns devem ser dispensadas maiores atenções, pois, quanto mais caracteres o melhorista considerar em seu programa, menores serão suas possibilidades de alcançar máximo progresso, para cada um dos caracteres (Fehr, 1978).

Fontes de genes, para caracteres qualitativos e quantitativos, estão disponíveis em cultivares comerciais, linhagens e em introduções. Existe maior probabilidade de sucesso na seleção, quando se escolhem os pais que apresentam as características que se deseja incorporar ou associar à nova cultivar.

Quando o objetivo do melhoramento é um caráter qualitativo, como resistência a uma determinada doença, por exemplo, a escolha geralmente recai em uma cultivar já conhecida e adaptada e outra que possui aquela característica desejada. Para caráter quantitativo, por exemplo produtividade, maior sucesso pode ser obtido quando a escolha recai sobre os pais, que são os melhores para aquele caráter.

2.2. Hibridação

Delineado o objetivo a se alcançar, é feita a escolha dos pais. Em seguida, vem o processo de hibridação artificial, que é realizado em duas fases: emasculação e polinização.

Quando possível, a escolha do genitor que servirá como mãe deve incidir sobre aquele que possui um gene recessivo marcador, como flor branca, pubescência cinza, vagem de coloração clara ou cores de hilo e tegumento da semente. Assim, as plantas híbridas F₁ serão diferenciadas facilmente das autofecundações, pois apresentarão fenótipos condicionados pelo gene dominante, do pai que forneceu o pólen.

As flores a serem emasculadas deverão estar com os estigmas receptivos à polinização. Geralmente, são aquelas que iriam se abrir na manhã do dia seguinte ao do cruzamento, encontrando-se ainda no estádio de botão; são aqueles botões florais que deixam entrever, entre as sépalas, a coloração das pétalas.

Para se realizarem as hibridações, são necessárias pinças com extremidades finas e sem ranhuras na parte interna, e etiquetas para identificação dos cruzamentos.

No processo de esmaculação, os cinco lóbulos do cálice são removidos para descobrir a corola. A corola exposta é presa com a pinça e removida, puxando-se lentamente com leves movimentos. Todas as pétalas e anteras são eliminadas ao mesmo tempo. Se as anteras não forem removidas juntamente com a corola, poderão ser eliminadas com a ponta da pinça. Terminado o processo de emasculação, o estigma fica exposto e pronto para ser polinizado. No processo de polinização, a pinça é inserida entre as carenas da flor que fornecerá o pólen e todo o conjunto de pistilo e anteras é removido e pincelado delicadamente sobre o estigma da flor emasculada, depositando o pólen sobre ele. Completada a polinização, a flor é etiquetada, para identificação do cruzamento.

As condições de ambiente e também a presença de insetos determinam o melhor período do dia para se realizar a coleta do pólen e o cruzamento, com maior probabilidade de êxito. De modo geral, as flores que fornecerão pólen, são coletadas pela manhã e acondicionadas em dessecador, sendo o processo de polinização realizado no período da tarde. Dependendo do local, é possível realizar a hibridação com sucesso, em qualquer hora do dia.

2.3. Condução das populações segregantes

As sementes F₁, obtidas das hibridações artificiais, são semeadas em casa-de-vegetação ou no campo. Quando esse processo é realizado em casa-de-vegetação, há possibilidade de se realizar enxertia, das gemas apicais das plantas F₁ em outras plantas, para a obtenção de maior quantidade de sementes F₂. Em geral, usa-se luz artificial para encompridar o dia, retardando assim a floração e obtendo-se maior número de sementes por planta.

Em cada geração de autofecundação, a porcentagem de indivíduos heterozigotos, para um caráter monogênico, diminui em 50% e, consequentemente, a porcentagem de indivíduos homozigotos aumenta na mesma razão. Por exemplo, a geração F₁ (híbrida)

é composta de 100% de plantas com flores púrpuras ($W_1 w_1$); na geração F_2 existirão 50% de plantas heterozigotas ($W_1 w_1$) e 50% de plantas homozigotas ($W_1 W_1$ e $w_1 w_1$); as plantas heterozigotas produzirão novamente 50% de indivíduos homozigotos. Assim, a geração F_3 será constituída por 75% de plantas homozigotas e 25% de plantas heterozigotas para o loco em questão. Com autofecundações sucessivas, na geração F_{15} tem-se 93,75% de plantas homozigotas ($W_1 W_1$ e $w_1 w_1$) e somente 6,25% de heterozigotas ($W_1 w_1$) para o caráter.

Os métodos de condução das gerações segregantes, normalmente, não são padronizados. A adoção ou a modificação de qualquer um deles está condicionada aos recursos e ao tempo disponíveis pelo melhorista e, principalmente, aos objetivos dos cruzamentos.

Os métodos genealógico, da população, do retrocruzamento, e algumas combinações ou modificações desses métodos, podem ser utilizados pelos melhoristas ao avanço das gerações segregantes.

2.3.1. Método Genealógico ("Pedigree")

O método genealógico tem sido utilizado com êxito para melhorar a produção de grãos e muitas outras características agronômicas.

O método consiste na seleção de plantas promissoras, a partir da geração F_2 , até atingir uniformidade genética para os caracteres de avaliação visual, mantendo-se o controle da genealogia e todas as anotações realizadas em cada geração (Fig. 1). Na geração F_2 é feita uma seleção rigorosa para altura de planta, maturação, deiscência de vagens e resistência a doenças, a fim de conduzir a gerações posteriores somente plantas de características desejáveis. As plantas F_2 selecionadas são colhidas individualmente; as sementes F_3 de cada uma são semeadas em fileiras separadas. O melhorista compara essas fileiras de plantas F_3 , elegendo as melhores e descartando as demais. Em cada fileira selecionada, são colhidas de duas a quatro plantas, trilhadas individualmente e semeadas em fileiras adjacentes. Essas fileiras F_4 , originárias de plantas selecionadas em uma fileira F_3 da geração anterior, constituem uma família. A partir da geração F_3 , a seleção é feita, entre e dentro de famílias, até que se atinja uniformidade genética, geralmente alcançada nas gerações F_5 ou F_6 , onde a maioria dos locos se encontram em homozigose. Nas gerações finais, intensifica-se a seleção entre famílias, já que, dentro de cada fileira, existe alta uniformidade genética. Uma vez atingida uniformidade genética, é considerada uma linha pura, e toda a linha selecionada é colhida separadamente, para testes de produção.

O método genealógico é eficiente para a seleção de características facilmente identificadas visualmente, tais como: resistência ao acamamento, à deiscência de vagens e às doenças, altura de planta e de inserção das vagens e ciclo da planta. A seleção visual para produção de grãos é eficiente somente para eliminar as linhagens com baixas produções, mas não é eficiente para separar as linhagens de alta das de média produção. Essa separação só é possível através de ensaios de produção, com repetições em locais e anos.

PAI A x PAI B

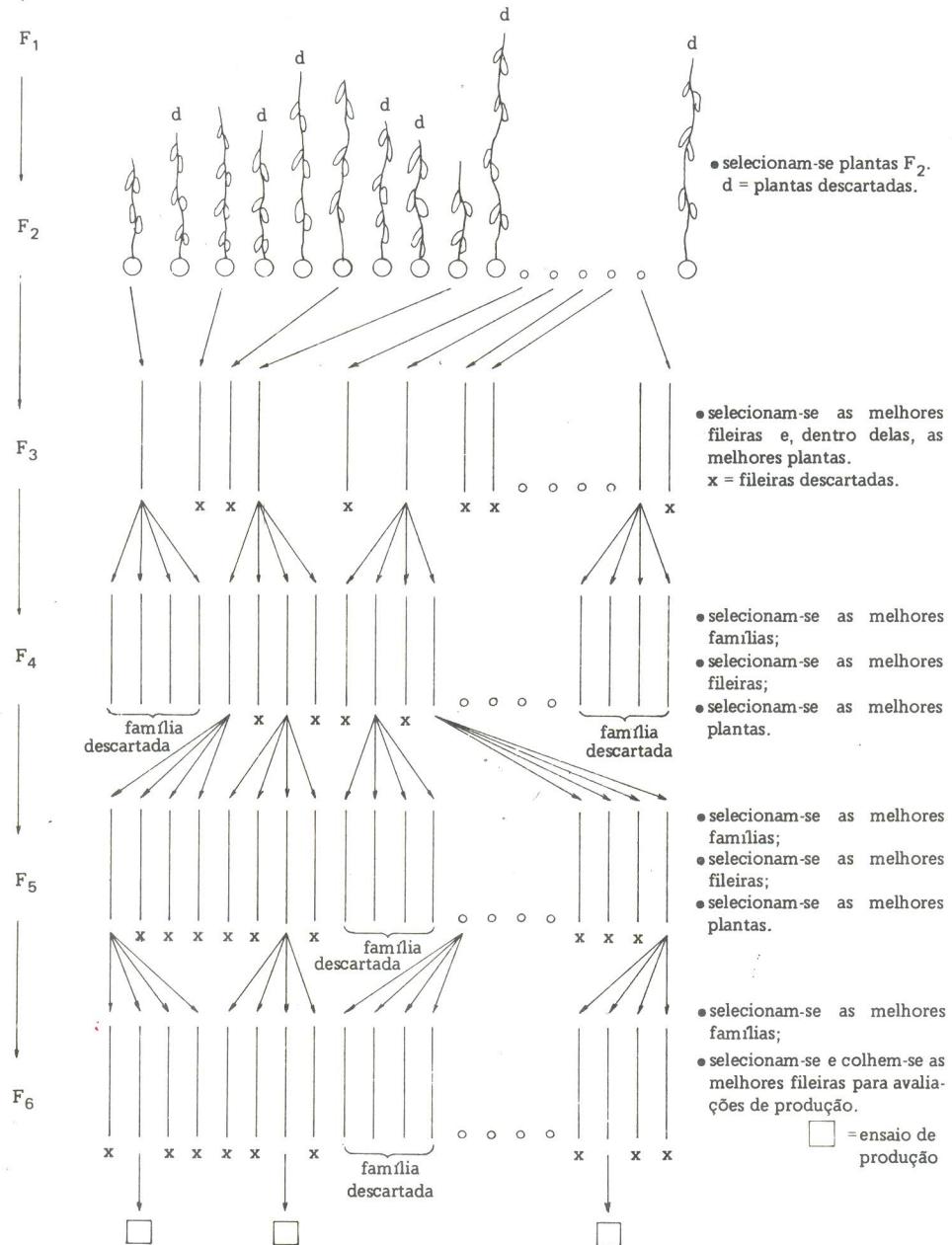


Fig. 1. Esquema de condução da população segregante pelo Método Genealógico.

2.3.2 Método da População (“Bulk”)

É um método econômico e fácil de ser conduzido para a obtenção de linhagens homozigotas.

Consiste no avanço de gerações segregantes (população) por meio de semeadura e colheita, sem fazer seleção, até que se atinja o nível desejado de homozigose. As plantas F_2 são colhidas em conjunto, resultando um único lote de sementes F_3 . Uma amostra desse lote é semeada, sendo as plantas, novamente colhidas conjuntamente. Esse processo é repetido até a obtenção de sementes da 6.^a geração. Na geração F_6 , muitas plantas da população serão homozigotas, para a maioria dos caracteres observáveis. A partir desta geração, as plantas promissoras são extraídas dessa população e suas progénies são testadas.

Uma das deficiências deste método é a eliminação apenas parcial de tipos inferiores pela seleção natural, como por exemplo, suscetibilidade às doenças, ao acamamento, à debulha das vagens, etc. Por esta razão, há necessidade de ser selecionado um grande número de plantas nas gerações mais avançadas para os testes de progénies.

2.3.3 Método Genealógico em Massa

O método genealógico em massa foi desenvolvido, para utilizar a principal característica do método genealógico, que é o teste das progénies, porém somente em ocasião oportuna. As gerações segregantes são conduzidas, pelo método da população, até que surjam condições favoráveis à seleção eficiente, de algum caráter que se manifesta ocasionalmente. Em tais condições, são selecionadas plantas individuais da população, e conduzidas pelo método genealógico.

Um exemplo de aplicação deste método é a manutenção, pelo CNPSO, de populações, em “bulks”, oriundas de cruzamentos entre as melhores variedades e fontes de resistência à ferrugem (*Phakopsora pachyrhizi*), podridão de *Phytophthora* e nematóide de cisto (*Heterodera glycines*). São doenças que, no Brasil representam perigo potencial. No futuro, caso surjam focos de qualquer uma destas doenças, estas populações mantidas em “bulk” serão semeadas nestes focos, extraíndo-se delas plantas resistentes, que serão avançadas pelo método genealógico.

2.3.4. Método Genealógico Modificado (S.S.D.)

O método genealógico modificado, proposto por Brim (1966), conhecido por “Single Seed Descent” (S.S.D.), consiste basicamente em avançar cada planta F_2 , por meio de uma única semente, até atingir certo grau de homozigose. Assim, de cada planta F_2 de um determinado cruzamento, colhe-se uma única semente, ao acaso, para o avanço de geração. Repete-se o processo com a geração F_3 e F_4 , e, a partir da geração F_5 ou F_6 em vez de se tomar uma semente por planta, colhem-se plantas individuais, que serão semeadas em fileiras separadas e avaliadas para características agronômicas desejáveis. As fileiras selecionadas serão avaliadas posteriormente nos ensaios de produção.

O método S.S.D. é de uso generalizado pelos melhoristas, principalmente quando dispõem de casa-de-vegetação ou locais de “multiplicação de inverno”. O S.S.D. não é influenciado pelas condições de ambiente que ocorrem em casa-de-vegetação ou “canteiros de inverno” e, por isso, várias gerações podem ser desenvolvidas por ano. Outras vantagens deste método são: menor espaço por geração, menor dispêndio de esforço e tempo na colheita, não há necessidade de anotações e a seleção para caracteres de alta herdabilidade (altura de planta, maturação, floração e resistência às doenças) pode ser praticada em plantas individuais.

2.3.5. Método do Retrocruzamento ("Back-cross")

O método do retrocruzamento é também muito aplicado pelos melhoristas, principalmente quando o objetivo é transferir um ou poucos genes de uma cultivar ou linhagem, para uma cultivar amplamente plantada, porém possuidora de determinadas limitações. É um método bastante utilizado, para incorporar resistência a determinadas doenças, em culturais cuja suscetibilidade possa comprometer a estabilidade da produção.

Para a utilização eficiente desse método, são necessários: o conhecimento da herança do caráter e a escolha adequada do genitor recorrente e do genitor doador (ou não recorrente).

O genitor recorrente é utilizado em cruzamentos sucessivos com a sua descendência, para a sua quase total recomposição genotípica ao final do processo. O genitor doador, como o próprio nome indica, é aquele que somente contribuirá com o gene em questão, e, portanto participa apenas no cruzamento inicial.

Selecionados os genitores recorrente e doador, realiza-se o cruzamento entre eles. A planta F_1 , deste cruzamento, é cruzada novamente com o pai que se quer melhorar (primeiro retrocruzamento). O processo continua, sempre retrocruzando a planta F_1 com o genitor recorrente, até que um nível desejável de genes, do genitor recorrente, tenha sido recuperado. Quando o retrocruzamento está completo, o genitor recorrente terá quase 100% de seus genes originais recuperados, e ainda, estará acrescido do gene do genitor doador. Cada vez que se cruza com o recorrente, 50% de seus genes são recuperados, de modo que o produto final lhe é bastante semelhante, mas com uma característica desejável a mais. Quando o caráter a ser transferido é recessivo, há necessidade de cálculo do número de cruzamentos por ciclo, para que se tenha confiança na transferência do gene, ou de autofecundação para identificação de plantas com o caráter de interesse.

2.4. Seleção Recorrente

O uso de seleção recorrente foi proposto por Hanson et al. (1967) para minimizar os obstáculos encontrados nos programas de melhoramento da soja, causados pela baixa porcentagem de recombinação gênica. Atualmente, os melhoristas estão utilizando a seleção recorrente para desenvolver populações melhoradas e delas extrair linhagens superiores em produção.

Para empregar a seleção recorrente é necessário, inicialmente, desenvolver uma população de intercruzamento, que inclui um grande número de genitores e de cruzamentos. Fehr (1978) aplicou a seguinte técnica, para formar uma população de intercruzamentos:

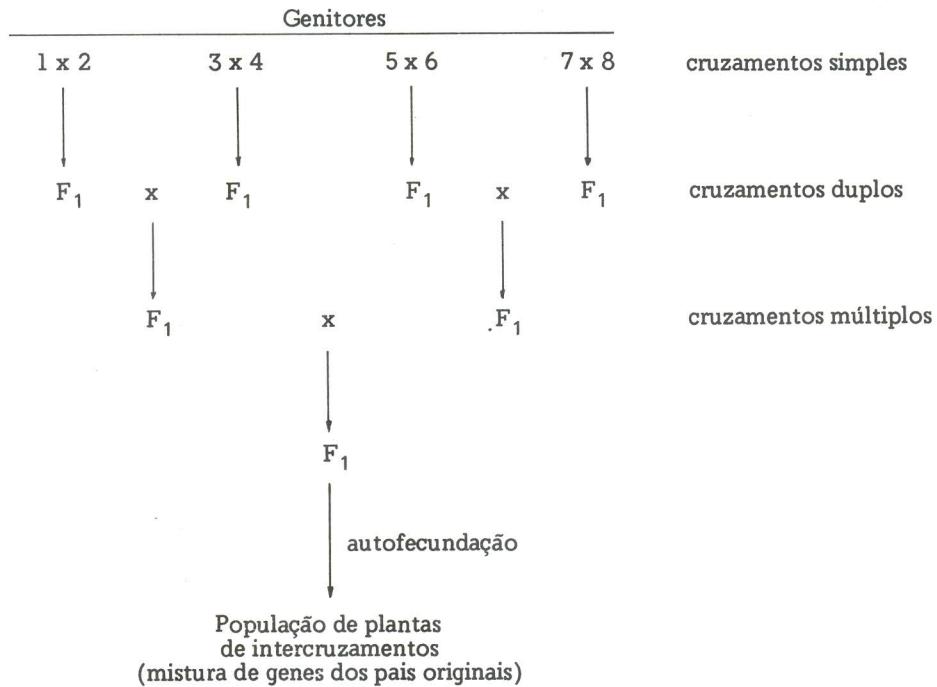


Fig. 2. Esquema para obter uma população de plantas de intercruzamentos.

Brim (1976) apresenta vários esquemas de seleção recorrente, utilizando plantas macho-estéreis, para obter elevado número de cruzamentos naturais, com o objetivo de formar a população de intercruzamentos.

Após obter essa população de intercruzamentos, selecionam-se plantas individuais nessa população, visando o melhoramento de determinado caráter (produção, teor de óleo, teor de proteína, etc.). As progêñies superiores, oriundas dessas plantas, são utilizadas como genitores para formar uma nova população. O processo se repete, até que o ganho desejado do caráter seja alcançado. Se o processo de seleção for eficiente, cada nova população será superior a população anterior. Linhagens, altamente produtivas e com boas características agronômicas, poderão ser extraídas em qualquer ciclo da população.

3. Principais Vantagens e Desvantagens dos Métodos de Melhoramento mais Utilizados em Soja

MÉTODO	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Introdução	<ul style="list-style-type: none"> - eficaz para novas regiões por economia de tempo, esforços e recursos - propícia a seleção de linhagens desejáveis no material introduzido 	<ul style="list-style-type: none"> - ineficaz para áreas com variedades melhoradas
Genealógico (Pedigree)	<ul style="list-style-type: none"> - aumenta a capacidade de seleção do melhorista, porque é baseada no comportamento da progénie - permite o controle de plantas F₂ superiores e a seleção é iniciada na geração F₂ 	<ul style="list-style-type: none"> - exige a realização de uma geração por ano - exige maior número de anotações e maior espaço físico
Genealógico modificado (SSD)	<ul style="list-style-type: none"> - permite a realização de várias gerações por ano e consequentemente, rápida obtenção de homozigose - exige pouco espaço físico, tempo e esforço na colheita - exige menor número de anotações 	<ul style="list-style-type: none"> - perde a identidade das plantas F₂ superiores - ineficaz na seleção de caracteres com baixa herdabilidade, baseada em plantas - ineficaz na seleção para resistência ao acamamento, baseada em plantas - elimina parcialmente os tipos inferiores por ação de seleção natural
População (Bulk)	<ul style="list-style-type: none"> - permite a redução dos custos e facilita a condução das populações segregantes - propicia a seleção de genótipos bem adaptados 	<ul style="list-style-type: none"> - depende da amostragem - permite a realização de uma geração por ano
Retrocruzamento (Back-cross)	<ul style="list-style-type: none"> - independe do local para incorporação do gene desde que a expressão do mesmo ocorra - proporciona alto controle genético das populações 	<ul style="list-style-type: none"> - ineficaz para caracteres quantitativos, de baixa herdabilidade - permite o melhoramento de apenas um caráter
Seleção recorrente	<ul style="list-style-type: none"> - aumenta a probabilidade de combinações gênicas desejáveis nas populações segregantes - aumenta a freqüência de genes favoráveis na população sem reduzir significativamente a variabilidade - permite o desenvolvimento de população com alta freqüência de plantas superiores 	<ul style="list-style-type: none"> - necessita de muito trabalho devido a realização de testes de avaliação, seleção e cruzamentos em cada ciclo de seleção

IV. PRODUÇÃO DE SEMENTE GENÉTICA

Quando uma linhagem é lançada como cultivar, é necessário que haja uma quantidade mínima de sementes para suprir os produtores de sementes básicas. Na sequência do processo, estes suprem os produtores de sementes certificadas e fiscalizadas que irão comercializá-las com os sojicultores. Diversos fatores, durante o ciclo de produção, provocam a descaracterização das cultivares, tornando-se necessária a reprodução de lotes de sementes, conforme aos padrões originais.

O procedimento mais seguro, para garantir a pureza genética das cultivares, é a produção de semente genética, de responsabilidade do próprio melhorista. Plantas individuais, com características dentro do padrão da cultivar ou da linhagem, são selecionadas dentro de uma população da mesma. As progénies destas plantas são semeadas em fileiras separadas, porém próximas, e avaliadas para todos os caracteres que identificam o material.

As fileiras desuniformes ou atípicas em relação ao padrão, são eliminadas. Para esta avaliação, utilizam-se os caracteres: data de floração, data de maturação, altura de planta, cor da flor, cor da pubescência, cor da vagem, reação às doenças, resistência ao acamamento, arquitetura de planta e outros.

Na maturação, cada fileira é colhida e trilhada separadamente, sendo suas sementes, inspecionadas quanto às características: cor do tegumento, cor do hilo, brilho e rachadura do tegumento. Os lotes (fileiras), que apresentarem sementes fora do padrão, são eliminados. Todos os lotes, que evidenciarem uniformidade são reunidos e passam a constituir um lote de **semente genética**.

Em geral, são selecionadas, inicialmente, cerca de 200 plantas para que o melhorista possa dispor de 20 a 50 Kg de semente genética. Quando o melhorista dispõe de áreas em regiões tropicais, com condições de irrigação, essa quantidade pode ser multiplicada até 30 vezes, na entressafra.

V. AVALIAÇÃO DE CULTIVARES E LINHAGENS

As linhagens e cultivares são classificadas, no Sul do Brasil, em quatro grupos de maturação. As comparações dos genótipos em teste são feitas com cultivares recomendadas, identificadas como padrões (testemunhas), dentro dos respectivos grupos de maturação.

1. Avaliação Preliminar

Esse teste caracteriza a primeira avaliação de produtividade das linhagens selecionadas e das cultivares introduzidas. Os genótipos promissores são avaliados, no mínimo, por dois anos sucessivos em dois locais, com características de solo e clima representativos da região para qual a nova cultivar tem potencial de ser recomendada. Genótipos com comportamento insatisfatório são eliminados no primeiro ou no segundo ano de teste. Entretanto, aqueles que se destacarem em produtividade, em relação aos dois padrões, e apresentarem boas características agronômicas, são submetidos à Avaliação Final.

O delineamento estatístico usado é de blocos casualizados com três ou quatro repetições. A parcela é formada por quatro fileiras de 5,00 m de comprimento, espaçadas entre si de 0,60 m correspondendo a 12,00 m² de área total e 4,80 m² de área útil (Fig. 3). Eliminam-se as duas fileiras laterais e 0,50 m das extremidades das fileiras centrais, para evitar os efeitos de bordadura. As observações de rotina e a colheita são realizadas na área útil.

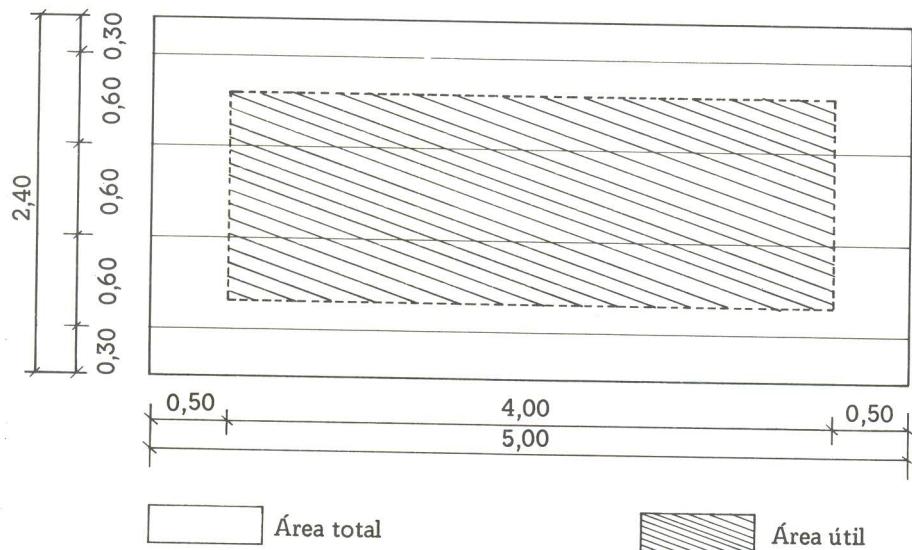


Fig. 3. Detalhe da parcela.

2. Avaliação Final

É realizada anualmente, em vários locais, da região ou do Estado, para o qual se pretende recomendar a cultivar. Cada linhagem ou cultivar promissora deverá permanecer nesta avaliação por três anos consecutivos, antes de ser recomendada. Genótipos com comportamento insatisfatório são eliminados no primeiro ou segundo ano de avaliação.

Para teste, utiliza-se o mesmo delineamento da Avaliação Preliminar, porém com quatro repetições. A parcela poderá ter 6,00 m de comprimento, com as fileiras espaçadas de 0,60 m, correspondendo a $14,40 \text{ m}^2$ de área total e $6,00 \text{ m}^2$ de área útil, devido à maior disponibilidade de sementes.

Também são incluídas neste experimento duas cultivares, denominadas padrões, para se processar as comparações de produtividade e outras características, com as linhagens estudadas em cada grupo de maturação.

VI. RECOMENDAÇÃO DE CULTIVARES

Será considerada apta para cultivo, a linhagem ou a cultivar que, após avaliada, mostrar-se superior aos padrões em uma ou mais características agronômicas. Assim, devem ser recomendados somente aqueles genótipos que, em função de suas boas qualidades, possam contribuir para o aumento da produtividade e/ou estabilidade da cultura em uma determinada região.

VII. LITERATURA CITADA

- ALMEIDA, L. A. de. Correlações fenotípicas e de ambiente, efeitos diretos e indiretos em variedades de soja [*Glycine max (L.) Merrill*] . Viçosa-MG., Univ. Fed., 1979. 44p. Tese de M.Sc.
- BRIM, C. A. A modified pedigree method of selection in soybeans. *Crop Sci.* 6:220, 1966.
- _____. Male sterility in recurrent selection. In: HILL, D., ed. *World soybean research*. Danville ILL; The Interstate Printers & Publishers, 1976. p. 262-5.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA . Centro Nacional de Pesquisa de Soja, Londrina - Pr. *Resultados de Pesquisa de Soja 1977/78*. Londrina, CNPSo, 1978, 234p.
- FEHR, W. R. BREEDING. In: NORMAN, A. G., ed. *Soybean, Physiology, Agronomy and Utilization*. New York, Academic Press, 1978. p. 119-55.
- GILIOLI, J. L. Herança do número de dias para a floração e maturação, em quatro mutantes naturais em soja [*Glycine max (L.) Merrill*] . Viçosa-MG., Univ. Fed., 1979. 42p. Tese de M.Sc.
- HANSON, W. D.; PROBST, A. H. & CALDWELL, B. E. Evaluation of a population of soybean genotypes with implications for improving self-pollinated crops. *Crop Sci.* 7:99-103, 1967.
- HARTWIG, E. E. Varietal development. In: CALDWELL, B. E., ed. *Soybeans: Improvement, Production and Uses*. Madison, American Society of Agronomy, 1973. p. 187-207.
- _____. Growth and reproductive characteristics of soybean [*Glycine max (L.) Merrill*] grown under short day conditions. *Trop. Sci.* 12:47-53, 1970.
- PASCHAL II, E. H. & ELLIS, M. A. Variation in seed quality characteristics of tropically grown soybeans. *Crop. Sci.* 18(5): 837-40, 1978.
- ZAPPIA, E. S.; BASAGLIA, D. G.; LUDEKE, R. & CARVALHO, M. L. Levantamento de qualidade de sementes fiscalizadas de soja [*Glycine max (L.) Merrill*] da safra 1977/78 do Paraná. Setor de Tecnologia de Sementes do Instituto de Tecnologia do Paraná. 11p.