



MELHORAMENTO DO GIRASSOL

Marcelo Fernandes de Oliveira
Vania Beatriz Rodrigues Castiglioni
Claudio Guilherme Portela de Carvalho

O gênero *Helianthus*

O girassol cultivado, *Helianthus annuus* L., pertence à tribo *Heliantheae*, família *Asteraceae* e ordem *Asterales* e possui número cromossômico $2n = 34$. O nome do gênero do girassol deriva do grego “helios” que significa sol, e “anthos” que significa flor. O nome girassol faz referência à característica da planta de girar sua inflorescência, seguindo o movimento do sol, até o momento da antese, posicionando-se, a partir daí, na direção leste. Esse movimento é chamado de heliotropismo.

O gênero se divide em quatro seções (Heiser, 1978): I. Annui (espécies em sua maioria anuais, da América do Norte), II. Ciliares (espécies perenes do oeste da América do Norte), III. Divaricati (espécies perenes, em sua maioria do leste da América do Norte) e IV. Fruticosi (espécies arbustivas da América do Sul, que parecem ter origem distinta de outras espécies, considerada por Roger et al. (1982) pertencente ao gênero *Helianthopus*).

O girassol do gênero *Helianthus* compreende 49 espécies e 19 subespécies, com 12 espécies anuais e 37 perenes, todas nativas das Américas. A taxonomia do *Helianthus* é um pouco confusa, em razão da hibridação natural interespecífica e dos diferentes níveis de ploidia (diplóide, tetraplóide e hexaplóide com $n = 17$) das várias espécies (Seiler, 1992). A relação entre cruzamentos de *H. annuus* com outras espécies está representada na Fig. 1.

O girassol comum, *H. annuus* L., é a espécie mais importante do ponto de vista comercial, sendo utilizada na alimentação como semente oleaginosa. Outra espécie utilizada na alimentação é a *H. tuberosus* L., da qual se aproveitam os tubérculos comestíveis. Várias outras espécies são comercializadas pelo valor ornamental (*H. argophyllus* T. y G., *H. debilis* Nutt., *H. decapetalus* L., *H. maximiliani* Schrad e *H. salicifolius* A. Dietr.). É interessante observar que a diversidade genética do gênero *Helianthus* está relacionada com a diversidade de ambientes onde se encontram as

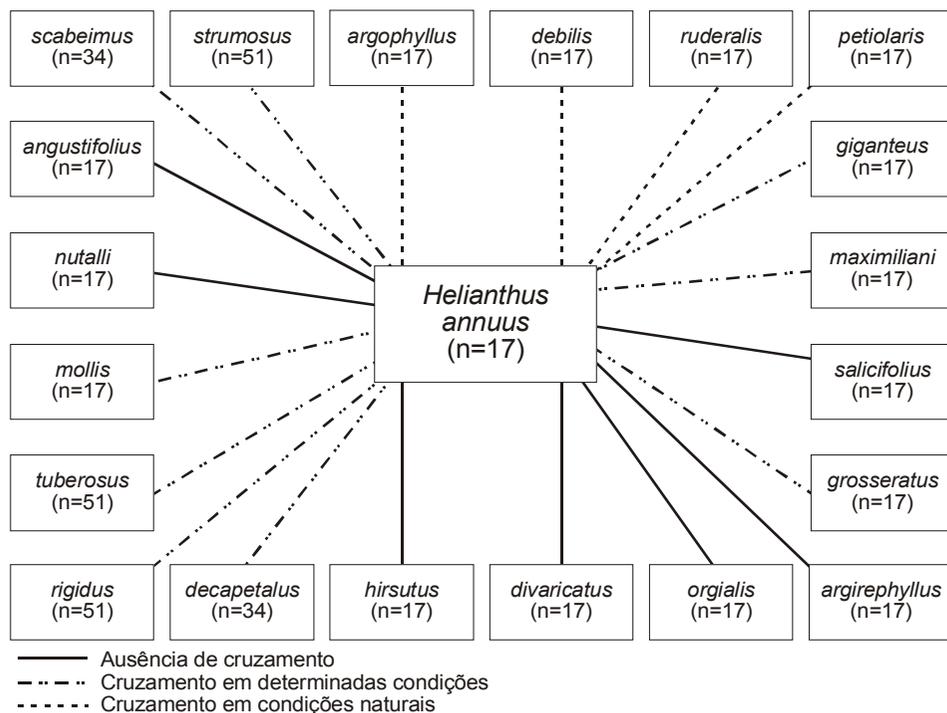


Fig. 1. Compatibilidade de *Helianthus annuus* em cruzamentos com outras espécies.

diferentes espécies. Exemplificando, as espécies *Helianthus anomalus*, *Helianthus deserticola*, *Helianthus neglectus*, *Helianthus niveus* ssp *niveus* e *Helianthus argophyllus* são típicas de ambientes secos e solos arenosos, enquanto as espécies *Helianthus angustifolius*, *Helianthus agrestis*, *Helianthus californicus*, *Helianthus giganteus*, *Helianthus paradoxus* e *Helianthus tuberosus* são encontradas em ambientes úmidos. A considerável variabilidade genética encontrada no gênero *Helianthus* pode ser utilizada no programas de melhoramento do girassol cultivado.

Germoplasma

À semelhança de outras culturas, a disponibilidade de germoplasma de girassol é fator decisivo na execução de programas de melhoramento. A ampliação da variabilidade genética é possível através do uso de acessos

de coleções mundiais, de espécies selvagens e de populações alteradas por agentes mutagênicos. Ressalta-se que este último é de uso limitado.

As coleções mundiais são constituídas por girassol cultivado proveniente de mais de 30 países. Os dois maiores bancos de germoplasma são mantidos em N.I. Vavilov All-Union Scientific Research Institute of Plant Industry (VIR) em São Petesburgo, na Rússia, e no USDA North Central Regional Plant Introduction Station em Ames, Iowa, USA. Nestes, encontram-se acessos silvestres, populações, linhagens e cultivares de polinização aberta.

Em programas de melhoramento genético, grande ênfase tem sido dada a utilização de espécies silvestres como fontes de resistência a doenças e pragas; teor e qualidade de óleo; tolerância à seca; citoplasma macho-estéreis e de seus respectivos genes restauradores. Algumas dessas espécies têm sido utilizadas com êxito em cruzamentos interespecíficos, como é o caso de *H. tuberosus*, usado por pesquisadores russos, buscando resistência a doenças, *H. petiolaris*, no qual se descobriu a macho-esterilidade citoplasmática (Leclercq, 1982), e *H. argophyllus*, como fonte de tolerância à seca (Baldini et al., 1992; Martin et al., 1992; Guimarães et al., 1995; Chimenti et al., 1995; Belhassen et al., 1996; Menichincheri et al., 1996).

O uso das espécies silvestres em cruzamentos interespecíficos é frequentemente dificultado em função da incompatibilidade, da distância genética e de aberrações cromossômicas. Neste aspecto, métodos de biotecnologia que vêm sendo aplicados recentemente na cultura do girassol podem trazer contribuições significativas para ampliar a base genética e, ao mesmo tempo, acelerar o programa de melhoramento. Algumas experiências obtidas com a utilização da biotecnologia são relatadas por Friedt (1992).

Objetivos do melhoramento genético

O girassol é uma cultura com excelentes perspectivas de expansão no Brasil, em função das suas características (ampla adaptação, qualidade de óleo, tolerância à seca etc.). Para isso, há a necessidade de adequá-lo de forma harmônica, aos diferentes sistemas de produção relativos às culturas tradicionais, como milho, soja, cana-de-açúcar, arroz e outros. Diante dessas considerações, os programas de melhoramento genético devem ser direcionados para atingir os seguintes objetivos:

- rendimento de grãos, para torná-lo competitivo, considerando os altos custos de produção que prevalecem no País;
- alto teor de óleo, uma vez que a política de comercialização prevê uma bonificação para teores acima de determinado valor, que atualmente é de 40%, com tendências de aumento à medida que a cultura se tornar mais expressiva no País;
- ciclo precoce a médio, para uma perfeita integração aos diferentes sistemas de produção;
- porte reduzido, bem como uniformidade de altura e floração, para tornar o processo de colheita mais eficiente;
- resistência às doenças, especificamente a mancha de *Alternaria* (*Alternaria* spp.) e a podridão branca (*Sclerotinia sclerotiorum*), para garantir melhor estabilidade de produção na Região Sul.
- tolerância ao alumínio, à acidez e à deficiência de boro, visando atender principalmente a Região Centro-Oeste.

Para a Região Centro-Oeste é importante, ainda, considerar a tolerância à seca, pois, freqüentemente, a cultura é exposta à deficiência hídrica em função da época de semeadura nessa região.

Caracteres a serem avaliados

O melhoramento genético realizado com diferentes objetivos converge para um objetivo-fim, que é o maior ganho no rendimento de grãos e de óleo. Esses caracteres são complexos e resultantes da expressão e da associação de diferentes componentes, os quais são considerados no processo seletivo, pelo melhorista. Além de altura de planta, dias para o florescimento, dias para a maturação fisiológica, resistência a doenças e tolerância ao alumínio e à seca, devem ser considerados número de grãos planta⁻¹, peso de 1000 grãos, diâmetro do capítulo, resistência ao acamamento, diâmetro do caule, número, tamanho e área da folha e teores de ácidos graxos. Além desses, outros caracteres, apesar de não estarem correlacionados diretamente com o rendimento de grãos e de óleo, são importantes, também, para a obtenção de cultivares. Dentre eles, mencionam-se:

Auto-compatibilidade e aspectos da flor - o girassol é uma planta tipicamente de fecundação cruzada. O transporte do pólen pelo vento é dificultado pelo seu peso. Com velocidade de 25 a 30 km h⁻¹, o pólen pode chegar

a 200-300 m de distância e aglomerar-se facilmente, devido a sua superfície espinhosa, adaptada ao transporte por insetos. A presença de insetos polinizadores, principalmente abelhas, em quantidade suficiente nos campos de produção, é fundamental para uma polinização adequada, entomófila em sua maior parte. Vários autores têm observado incrementos de rendimento entre 20% e 100% com a presença de abelhas (Miller, 1987; Fonseca & Vazquez, 1994). Contudo, para reduzir a dependência desses polinizadores, a seleção para autocompatibilidade torna-se importante. Por outro lado, a produção de sementes híbridas, utilizando-se a macho-esterilidade, é altamente dependente da atividade das abelhas. Assim, características que tornam as flores mais atrativas desempenham papel fundamental. Aqui, destacam-se a cor amarelo-clara dos raios e discos florais, a quantidade e qualidade de néctar menos influenciadas pelas condições ambientais, e a maior produção de pólen, associada a maior durabilidade em condições de estresse.

Características do capítulo - a inflorescência do girassol, característica da família Compositae e normalmente conhecida como capítulo, é formada por um conjunto de flores hermafroditas (de 700 a 3000 flores), com diferentes tamanhos e formas que variam de côncavo a convexo, definindo seis classes (Fig. 2) (Knowles, 1978). As classes 1 e 4 são as mais desejáveis do ponto de vista agrônômico, levando-se em consideração os aspectos relativos à polinização, à colheita e ao acúmulo de água no receptáculo. Capítulos planos e menos espessos são mais desejáveis, porque permitem melhor distribuição dos tecidos vasculares e melhor contato com os grãos. Além disso, a espessura reduzida facilita a perda de água após a maturação fisiológica, sendo este um aspecto positivo para que a planta alcance mais rapidamente a maturação de colheita.

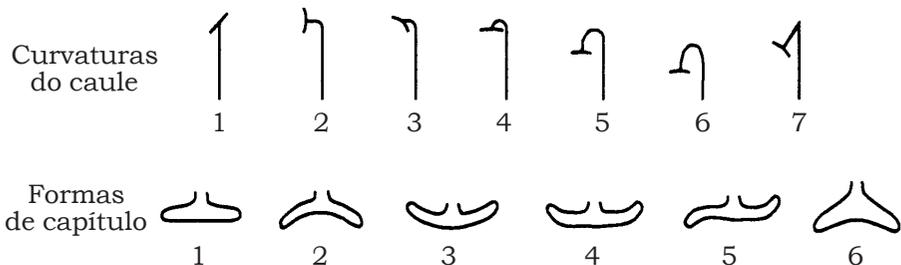


Fig. 2. Características básicas da planta de girassol.

Fonte: de acordo com Knowles, 1978.

Ramificação - o caule do girassol cultivado é tipicamente não ramificado apresentando em sua parte terminal uma inflorescência conhecida como capítulo. Plantas com caule ramificado, conhecidas como multicapituladas, freqüentemente são usadas como progenitores masculinos restauradores de fertilidade no processo de produção de híbridos. Essas ramificações variam tanto no número, quanto no comprimento e na disposição ao longo do caule principal. O tipo de ramificação pode ser em razão da constituição genética ou da condição fisiológica da planta, sendo fortemente influenciado por fatores ambientais, em especial por baixas temperaturas e nebulosidade nas primeiras etapas de desenvolvimento.

Curvatura do caule - o caule apresenta diferentes curvaturas (Fig. 2), que são definidas na fase de maturação fisiológica (Knowles, 1978). Quanto à produção, as classes de curvatura mais desejáveis são 3 e 4, por não estarem expostas ao sol, permitirem melhor proteção ao ataque de pássaros e apresentarem melhor eficiência na colheita.

Métodos de melhoramento

O girassol é espécie alógama na qual se percebem dois mecanismos básicos. De um lado, a protandria, associada aos caracteres morfológicos das flores; de outro, a ocorrência de um sistema genético de auto-incompatibilidade. Esses dois mecanismos, sobretudo o último, determinam a diferença no nível de autofecundação de cada genótipo; portanto, há um gradiente que vai desde a completa auto-incompatibilidade até 100% de autofertilidade.

Os métodos de melhoramento usados na cultura do milho e em outras culturas alógamas são aplicados na cultura do girassol com algumas restrições ou modificações decorrentes de sua morfologia floral. A aplicação desses métodos visa o desenvolvimento de cultivares (variedades e híbridos) caracterizados pela alta produtividade e estabilidade na performance. O processo de desenvolvimento de cultivares inclui as seguintes etapas:

- obtenção ou desenvolvimento de fontes de variabilidade genética;
- desenvolvimento de cultivares de polinização aberta para uso “per se” ou para extração de linhagens;
- desenvolvimento de linhagens para a produção de híbridos.

Desenvolvimento de germoplasma

No girassol, pode-se distinguir três tipos de planta quanto à fertilidade: planta mantenedora (HA ou B), planta macho-estéril (CMSHA ou A) e planta restauradora de fertilidade (RHA). Planta HA apresenta citoplasma normal (N) e não apresenta gene restaurador de fertilidade (Rf). Seu genótipo é N rrf, que o torna macho-fértil. Planta CMSHA apresenta citoplasma macho-estéril (S) e não apresenta gene restaurador de fertilidade. Seu genótipo é S rrf, que o torna macho-estéril. Planta RHA pode (ou não) apresentar citoplasma macho-estéril, mas apresenta gene restaurador de fertilidade. Seu genótipo é S ou N Rf, que o torna macho-fértil, independente do citoplasma. Populações de plantas HA podem ser utilizadas para uso 'per se' ou para o desenvolvimento de linhagens CMSHA, através da incorporação da macho-esterilidade. Na produção de um híbrido, a linhagem fêmea é planta CMSHA (macho-estéril) e a linhagem macho é planta RHA. A obtenção das linhagens macho é, geralmente, feita por meio da autofecundação de híbridos comerciais. Assim, as fontes de variabilidade genética disponíveis para o melhorista de girassol dependem do tipo de planta a ser obtido. As mais usuais são: cultivares de polinização aberta, compostos, sintéticos, populações locais, linhagens melhoradas, híbridos comerciais, híbridos interespecíficos, populações melhoradas e espécies silvestres de *Helianthus*, que representam a mais diversa fonte de variabilidade genética.

Cultivares de polinização aberta

Cultivares de polinização aberta têm sido a mais valiosa fonte de variabilidade genética utilizada por melhoristas de girassol, nos Estados Unidos e Canadá, para desenvolver populações de plantas HA e linhagens CMSHA para a produção de híbridos. As primeiras fontes utilizadas para extrair linhagens para a formação de híbridos foram cultivares de polinização aberta provenientes da Rússia, particularmente de V. S. Pustovoit All-Union Research Institute of Oil Crops (VNIIMK). As cultivares de polinização aberta que têm sido mais usadas são "Peredovik", "Sputnik", "VNIIMK 1646", "VNIIMK 8883", "VNIIMK 8931", "Armavirskij 3497", "Salyut", "Advance", "Voshod", "Novinka", "Progress" e "Pervenets".

Compostos

Composto no melhoramento genético de girassol é uma população de plantas de polinização aberta, derivadas do intercruzamento de um número de

genótipos selecionados para um caráter específico. Os compostos mais largamente utilizados têm sido aqueles cujas plantas são selecionadas quanto à resistência a uma doença específica ou outro caráter de interesse. O composto CM 303, do Centro de Pesquisa Agrícola do Canadá, Morden, Manitoba, foi derivado por seleção e inter cruzamento de plantas de “VNIIMK 8931”. Muitas linhagens fêmeas foram selecionadas deste composto, como é o caso de HA 89, mundialmente conhecida e utilizada nos programas de melhoramento. Os compostos têm sido utilizados como fonte de linhagens com resistência à ferrugem e ao míldio. Alguns compostos têm sido usados, também, como fontes de genes restauradores de fertilidade associados a um citoplasma específico.

Sintéticos

O inter cruzamento de um número de plantas selecionadas individualmente, com base na sua capacidade de combinação, caracteriza um sintético, que é mantido por polinização aberta. O teste de capacidade de combinação consiste no cruzamento individual de plantas com um testador e na avaliação da sua progênie quanto aos caracteres importantes. As populações melhoradas desenvolvidas por seleção recorrente genotípica são consideradas sintéticos. A vantagem da utilização de sintéticos como fonte de linhagens é a sua elevada capacidade de combinação.

Linhagens melhoradas

A fonte de variabilidade mais utilizada por melhoristas de girassol é originada do cruzamento entre duas linhagens. Este cruzamento dirigido tem o objetivo de reunir caracteres presentes em linhagens distintas. Por exemplo, uma linhagem restauradora obtida de uma introdução pode não ter resistência à raça 2 de míldio, mas ter excelente potencial para produtividade e percentagem de óleo. Esta linhagem pode ser cruzada com uma linhagem restauradora, que tem alto potencial produtivo, alta percentagem de óleo e o gene Pl_2 , para resistência à raça 2 do míldio. A seleção de linhagens quanto a caracteres quantitativos, como produtividade, percentagem de óleo e altura de planta, é menos eficiente. O *testcross* de progênies selecionadas de um cruzamento é o único caminho para detectar se a nova combinação gênica resulta em melhor performance que a dos progenitores. A exemplo de outras culturas em que se utilizam híbridos, não há uma forte correlação entre produtividade “per se” das linhagens e produtividade

dos híbridos (Miller et al., 1982). Entretanto, a alta percentagem de óleo em linhagens progenitoras é prontamente transmitida para seus híbridos.

A utilização de linhagens melhoradas dá-se também de forma indireta, através dos híbridos comerciais. Estes híbridos selecionados podem ser autofecundados para obter uma população segregante. Todos os segregantes nesta população apresentam citoplasma macho-estéril, uma vez que a macho-esterilidade genético-citoplasmática é usada para a produção de sementes híbridas (Fig. 3). O melhorista pode usar a população diretamente para desenvolver linhagens restauradoras de fertilidade (R) melhoradas. O desenvolvimento de uma linhagem mantenedora (B) destas populações é mais difícil porque o citoplasma normal precisa ser introduzido de outras fontes. As plantas precisam ser cruzadas com uma linhagem com citoplasma normal, seguida pela seleção de um tipo de planta adequada para ser utilizada como progenitor feminino. Os genes restauradores provavelmente estarão presentes em muitas plantas, e *testcrosses* deverão ser feitos para se identificarem linhas com fontes de citoplasma macho-estéril sem genes restauradores, tornando o trabalho prático um tanto exaustivo.

Outra utilização menos comum de linhagem melhorada é através do seu cruzamento com um genótipo de base genética ampla, como cultivares de

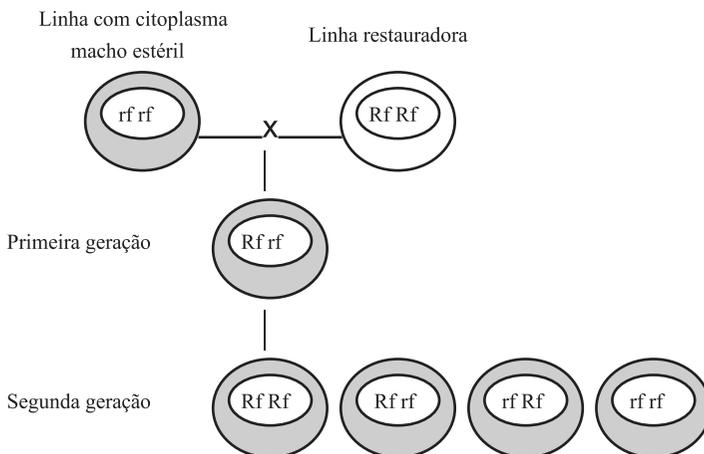


Fig. 3. Representação esquemática da obtenção de linhagens restauradoras de fertilidade através da hibridização entre uma linhagem com genes dominantes de restauração e uma linhagem com citoplasma macho-estéril (extração de linhagens restauradoras através da autofecundação de híbridos).

polinização aberta ou populações de diferentes origens, que apresentam excelentes caracteres para serem usadas nos programas de melhoramento, mas não podem ser usadas diretamente, por apresentarem alto grau de auto-incompatibilidade, baixa percentagem de óleo, ou outras deficiências. O pólen destas fontes é usado para polinizar linhagens adaptadas, com alto grau de autofertilidade, alta percentagem de óleo, resistentes às raças do patógeno ou que apresentem caracteres agrônômicos desejáveis. Assim, a seleção é praticada na população resultante e não diretamente no germoplasma introduzido.

Mutagênese

Mutagênese tem tido uso apenas limitado no melhoramento do girassol com o objetivo de aumentar a variabilidade genética. Alguns trabalhos têm indicado que a mutagênese pode ser usada para criar plantas de ciclo precoce e com altura reduzida. Soldatov (1976) produziu um tipo de mutante que possui alto teor de ácido graxo oléico na composição do óleo, e deste mutante ele desenvolveu uma cultivar de polinização aberta, chamada "Pervenets".

Híbridos interespecíficos

Espécies silvestres de girassol são reconhecidas por sua variabilidade de tipos agrônômicos, resistência a doenças e pragas e caracteres de qualidade de sementes (Seiler, 1985). Investigações recentes também têm identificado novas fontes de citoplasma macho-estéril e restauradores genéticos de citoplasmas obtidos de espécies silvestres (Whelan & Dedio, 1980; Leclercq, 1982; Heiser, 1985).

O número básico de cromossomos é $x = 17$. Espécies diplóides, tetraplóides e hexaplóides têm sido identificadas (Heiser et al., 1969; Heiser, 1978). O girassol cultivado e muitas espécies silvestres são diplóides. As espécies silvestres diplóides são as mais comumente encontradas na América do Norte. Elas são, na maioria, anuais e geralmente cruzam-se facilmente com o girassol cultivado. Cruzamentos com espécies silvestres diplóides têm sido utilizados para obter resistência à ferrugem e ao míldio, fontes de citoplasma macho-estéril e genes restauradores de fertilidade.

Existe um número considerável de espécies silvestres que não se cruzam prontamente com a espécie cultivada (Fig.1). Grandes diferenças na vari-

abilidade genética ocorrem entre plantas de uma única espécie silvestre coletada em regiões diferentes ou dentro de um certo limite geográfico. Cada população aparentemente tem evoluído dentro de seu próprio habitat. Existe variabilidade, entre e dentro destas populações, de fertilidade de pólen, estabilidade cromossomal e habilidade para cruzamentos, com sucesso, com a espécie cultivada. Muitas plantas precisam ser coletadas para a preservação do futuro germoplasma. A mesma precaução deveria ser observada nos cruzamentos feitos porque muitas plantas da espécie precisam ser usadas para amostrar a variabilidade genética. Se a espécie silvestre é usada como progenitor recorrente no retrocruzamento, maior número de plantas deve ser utilizado. No cruzamento entre a espécie silvestre anual e a espécie cultivada, algumas plantas F_1 podem ser estéreis, entretanto, esta esterilidade é facilmente superada quando comparada com as dificuldades que ocorrem nos cruzamentos com espécies perenes (Miller, 1987).

Cruzamentos envolvendo espécies perenes tetraplóides e hexaplóides e espécie cultivada são geralmente de difícil sucesso. Entretanto, existe tanta variabilidade no sucesso do cruzamento quanto entre os caracteres desejáveis destas espécies. O número de sementes F_1 pode não ser adequado para amostrar a variabilidade das diferentes plantas dentro de uma população. Após a germinação das sementes F_1 e com o crescimento normal, os órgãos de reprodução do macho e da fêmea podem ser estéreis. Existem problemas como aneuplóides afetando a fertilidade nos cruzamentos com espécies tetraplóides ou hexaplóides. Uma barreira no cruzamento também pode existir limitando o sucesso entre algumas espécies. Cruzamentos recíprocos de plantas F_1 podem ser forçados usando pólen da espécie cultivada para polinizar o F_1 ou usando pólen do F_1 para polinizar plantas cultivadas. Seleção contra o cromossomo da espécie silvestre pode ocorrer quando se utiliza o F_1 como progenitor masculino e com seleção baseada no tipo de planta do girassol cultivado. Estas plantas são mais estáveis, mas os caracteres não são tão evidentes se comparados com as progênes oriundas de cruzamentos quando utilizam as plantas como receptora de pólen (Seiler, 1992).

Poucas espécies silvestres podem ser usadas como “pontes” para facilitar a transferência de genes para o girassol cultivado quando ocorre barreira nos cruzamentos, com exceção de *Helianthus tuberosus*, dentre outras.

O maior problema nas hibridizações interespecíficas tem sido obter sementes suficientes de plantas F_1 para amostragem adequada da variabilidade genética nas espécies. Com a autofecundação das plantas F_1 , poucas

sementes são produzidas. Cruzamentos entre plantas F_1 resultam em maior sucesso. Retrocruzamento do F_1 com a espécie cultivada produz mais sementes. Entretanto, se o caráter desejado é controlado por alelos recessivos ou é herança quantitativa, o cruzamento entre plantas F_1 será mais eficiente para manter a diversidade genética. Este procedimento entre plantas F_1 tem sido usado para transferir genes de resistência a *Sclerotinia* ou tolerância a insetos. Duplicar o número de cromossomos da planta F_1 pode restaurar esta fertilidade e pode ser uma ferramenta eficiente em alguns cruzamentos.

Outra técnica utilizada para cruzamento interespecífico é o resgate de embrião. Esta também pode ser utilizada para encurtar o tempo de gerações nos diferentes procedimentos do programa de melhoramento (Friedt, 1992). Outro método bem sucedido é a regeneração do híbrido interespecífico através da cultura de antera (Mezzarobba & Jonard, 1986; Gurel et al., 1991; Friedt, 1992). Plantas haplóides, poliplóides e aneuplóides foram obtidas também por embriogênese ou por regeneração de calo (Friedt, 1992).

Outro problema encontrado é a dormência em sementes de espécies silvestres ou em sementes F_1 oriundas do cruzamento destas com o girassol cultivado. O período de dormência varia entre os genótipos, chegando até 50 dias. Uma excelente técnica para quebrar a dormência em girassol silvestre é o método desenvolvido por Chandler & Jan (1985).

Desenvolvimento de cultivares de polinização aberta

As populações melhoradas se destinam ao uso “per se” ou como fonte para a extração de linhagens CMSHA, visando a produção de híbridos. A seleção massal, a seleção recorrente e o Método de Pustovoit ou das Reservas são os tradicionalmente usados.

Seleção massal

A seleção massal geralmente refere-se à seleção fenotípica individual de plantas para melhorar uma cultivar ou população quanto a alguns caracteres específicos, sem um estudo individual da descendência. Frequentemente, ela está associada à seleção negativa, eliminando as plantas atípicas antes do florescimento. Dois procedimentos têm sido utilizados com girassol: a seleção fenotípica e a seleção de famílias. O primeiro

consiste em identificar e selecionar em campo plantas S_0 com caracteres desejáveis, não havendo, portanto, o controle de polinização. Estas plantas são colhidas em *bulk*, e suas sementes são misturadas para formar um novo cultivar. Este método foi responsável pelos avanços conseguidos com a cultura do girassol na Rússia. As cultivares Fuksinka 3, Chernianka 35, Pioneer Sibiri e Omskij foram desenvolvidas por seleção massal. Na Argentina esta seleção também tem sido usada extensivamente para produzir cultivares melhoradas de girassol. As cultivares Manfredi INTA, Guaycan INTA, Cordobes INTA e Impira INTA foram desenvolvidas por este método. De acordo com Davreux et al. (1974), o desenvolvimento de cultivares com alta produtividade através da seleção massal permanece como parte do atual programa de melhoramento.

O método de seleção massal é eficiente na melhoria de diferentes caracteres, principalmente os qualitativos e com alta herdabilidade. Como exemplos, são citados a precocidade, a resistência a *Orobanche cumana* Wallr., a percentagem de casca, a resistência a doenças, o teor de óleo, o tamanho de semente e a uniformidade e cor de grão de girassol (Fick, 1978; Miller, 1987).

A seleção de famílias foi também uma das formas de seleção massal mais largamente usada. Este método envolve seleção individual de plantas S_0 , sem controle de polinização e classificação daquelas plantas quanto a caracteres de interesse. Cada planta é colhida separadamente, e as sementes oriundas de plantas de classificação similar são misturadas em *bulk*. Os vários *bulks* são plantados isoladamente para que ocorra subsequente polinização cruzada dentro das famílias fenotipicamente similares. Gundaev (1971) listou 11 cultivares desenvolvidas pela seleção de famílias e regionalizadas para a produção na Rússia.

Seleção recorrente intrapopulacional

Progênies de meio-irmãos

A seleção recorrente em progênies de meio-irmãos tem sido utilizada em programas de melhoramento de girassol para aumentar a produtividade e a percentagem de óleo. O germoplasma utilizado depende do tipo de linhagens a serem extraídas, ou seja, linhagens a serem usadas como fêmea ou como macho. Geralmente as populações são mantidas separadamente para simplificar o desenvolvimento de linhagens para futuros híbridos. As populações iniciais (C_0) são freqüentemente uma combinação de linhagens com alta performance ou um composto de linhas de uma ou muitas culti-

vares de polinização aberta. As fontes escolhidas para compor a população C_0 passam, normalmente, por duas gerações de intercruzamento. Os intercruzamentos são realizados por meio da emasculação manual ou química (ácido giberélico) de plantas de cada fonte, as quais são polinizadas através de uma mistura de pólen representativa de todas as plantas das diferentes fontes.

Uma vez obtida a população C_0 , ela é submetida ao processo de seleção recorrente. Para isso, plantas individuais são selecionadas, autofecundadas e cruzadas com uma ou duas linhagens testadoras, obtendo-se as progênies de meio-irmãos. Estes *testcrosses* são avaliados no ano seguinte em ensaios com repetições, visando avaliar os caracteres agrônômicos, a produtividade e a percentagem de óleo. Cerca de 30% a 40% das plantas superiores da população C_0 são selecionadas. As sementes remanescentes autofecundadas destas plantas são usadas para o intercruzamento para formar a população C_1 (Miller, 1987).

Progênies S_1

A seleção recorrente baseada em famílias endogâmicas S_1 é uma outra alternativa para o melhoramento intrapopulacional, que pode ser usada no desenvolvimento de cultivares de polinização aberta. Plantas individuais S_0 são selecionadas de uma população heterogênea e protegidas para a realização da autofecundação e obtenção das progênies S_1 . Um alto grau de autocompatibilidade não é necessário nas plantas selecionadas, pois a quantidade de sementes necessária é pequena já que se destina à avaliação em um ensaio com repetição e ao intercruzamento das plantas S_0 selecionadas. Sementes das progênies S_1 autofecundadas são semeadas e avaliadas em ensaios com repetições. As linhas são avaliadas quanto ao número de dias da germinação ao florescimento e maturidade, à produtividade, à percentagem de óleo e outros caracteres. Com base na performance das linhas, são selecionadas as 30% superiores. Sementes remanescentes das progênies S_1 das plantas selecionadas são usadas para o intercruzamento para formar uma nova população. O uso de casa de vegetação no processo de intercruzamento permite completar o ciclo em dois anos (Miller, 1987).

Seleção recorrente interpulacional

Um esquema de seleção recorrente recíproca com progênies de irmãos completos foi iniciado no Departamento de Agricultura dos Estados Uni-

dos (USDA), Fargo, North Dakota, utilizando duas populações. A primeira população foi composta de uma coleção de linhagens B e uma segunda população, por plantas multicapituladas restauradoras de fertilidade (R). O germoplasma inicial de cada tipo foi intercruzado para criar duas populações C_0 .

Famílias de irmãos completos são obtidas através do transporte de pólen de uma planta selecionada da população de linhagens B para um capítulo principal emasculado de uma planta da população de linhagens R. O capítulo principal é emasculado através da aplicação de ácido giberélico (GA_3) na concentração de 50 ppm. As sementes de autofecundação são obtidas cobrindo com uma sacola, de pano ou papel, o segundo capítulo da planta da linha R tratada. A planta da linha B selecionada para cruzamento também é autofecundada.

Os híbridos oriundos desses cruzamentos são testados no ano seguinte, utilizando-se um delineamento experimental em blocos ao acaso, com duas repetições, e adicionando testemunhas a cada bloco. Os 30% superiores são identificados, e as sementes autofecundadas das plantas que constituem os híbridos selecionados são misturadas dentro de cada população e intercruzadas para constituir a população C_1 .

O esquema de seleção recorrente recíproca de irmãos completos, além de ser eficiente para melhorar duas populações ao mesmo tempo (Miller & Hammond, 1985), também é eficiente para identificar linhagens com alta capacidade geral de combinação e para testar e identificar, em gerações precoces, indivíduos com alto potencial de produtividade, antes que recursos sejam investidos no processo de endogamia e seleção.

Método das reservas ou de Pustovoit

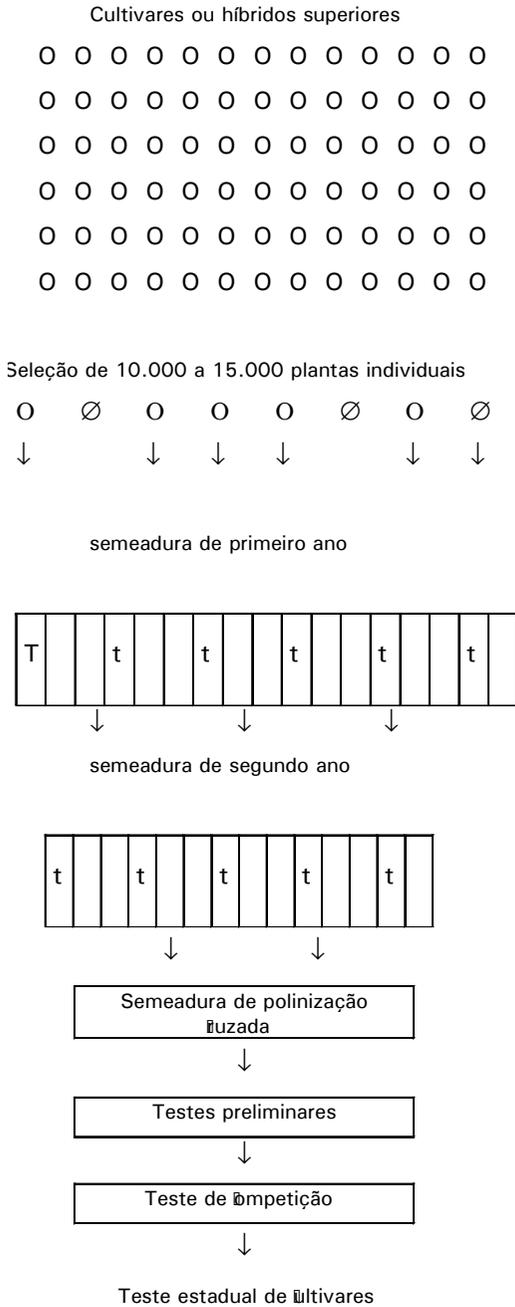
O método mais largamente usado e com sucesso para desenvolver cultivares de polinização aberta de girassol foi iniciado por V.S. Pustovoit na Rússia (Pustovoit, 1967). Este autor deu ênfase ao aumento da percentagem de óleo em girassol. O método é uma forma de seleção recorrente com progênies de meio-irmãos, que inclui a avaliação de progênies e subsequente polinização cruzada entre as progênies superiores. A seleção é praticada entre e dentro de famílias em cada ciclo. O método foi especialmente eficiente para aumentar a percentagem de óleo, de aproximadamente 30%, no início de 1920, para mais de 50%, em 1963. Todas as estações experimentais envolvendo melhoramento de girassol na antiga União Soviética e nos

países do leste europeu usam o método de reservas. O método está representado na Fig. 4 (Fick, 1978).

Dez mil a quinze mil plantas individuais S_0 com um grande número de sementes por capítulo (1200 ou mais) são selecionadas de uma população heterogênea, que pode ser uma cultivar-elite, uma população, ou progênies oriundas de hibridização intraespecífica ou interespecífica. As sementes destas plantas são analisadas para percentagem de casca e óleo. Baseando-se nestas análises, 1000 a 1200 capítulos são selecionados para avaliação de progênies. Usualmente estes são divididos em dois ou quatro grupos com base em caracteres agronômicos, como dias para a maturação e altura. Progênies de plantas individuais dentro de cada grupo são avaliadas em uma única linha com duas repetições. Uma testemunha, que consiste na melhor cultivar que apresente maior similaridade com as linhas que estão sendo avaliadas, é incluída em cada três linhas. As progênies são avaliadas quanto ao ciclo, à altura, à posição de capítulo, ao diâmetro de capítulo, à produção de aquênios, ao peso de aquênios, ao tipo de aquênio, à percentagem de casca e percentagem de óleo.

Uma avaliação da resistência a certas doenças pode ser conduzida concomitante em campo cultivado separadamente para este propósito. Com base nestas observações do teste de primeiro ano, 15% a 20% das melhores plantas são avaliadas no segundo ano, usando-se métodos e técnicas similares. Sementes remanescentes de meio-irmãos das plantas selecionadas obtidas antes do primeiro ano de teste são usadas para plantar o segundo ano de teste. Depois do segundo ano, as sementes remanescentes das melhores 20 a 50 (10% a 20%) progênies selecionadas inicialmente são semeadas em campo isolado para multiplicação por polinização aberta. As plantas infectadas por doenças, multicapituladas, extremamente altas, suscetíveis à quebra ou que apresentam outro caráter indesejável são removidas durante este período. Os capítulos são colhidos individualmente e uma amostra de sementes é usada para análise do teor de óleo em laboratório. Com base nos resultados, as sementes das melhores plantas dentro das 20 a 50 progênies são misturadas. Novo ciclo de seleção poderá ser realizado ou a população ser submetida à avaliação em ensaios preliminares e em ensaios de competição de cultivares (Miller, 1987).

O método é eficiente tanto para a avaliação da percentagem de óleo quanto de produtividade, entretanto, o ganho por ano é de algum modo limitado em função do número de anos necessários para a conclusão de um ciclo (Fick, 1978).



Análise de óleo e outras características: 1000-1200 plantas selecionadas para semeadura de primeiro ano.

Avaliação de características agrônômicas, qualidade de sementes e doenças: 150-200 capítulos selecionados para semeadura de segundo ano.

Segundo ano de avaliação das características: 20-50 capítulos selecionados para a semeadura de polinização cruzada.

Sementes dos cruzamentos de polinização aberta são utilizadas para testes preliminares e de competição.

Melhoria preliminar de cultivares conduzidos com base nos testes de competição

Fig. 4. Diagrama do “Método de Reservas” de Pustovoit para melhoramento de girassol.

Desenvolvimento de linhagens para a produção de híbridos

As linhagens HA e CMSHA usadas para produzir híbridos são obtidas por autofecundações sucessivas. As principais fontes utilizadas são variedades de polinização aberta, compostos, sintéticos ou populações desenvolvidas a partir de cruzamentos planejados entre progenitores selecionados. O símbolo S é utilizado para denotar a geração de autofecundação em germoplasma de polinização aberta, e o símbolo F é utilizado para denotar gerações de progênies obtidas por autofecundações de populações obtidas de cruzamentos planejados. As gerações S_0 e F_2 são consideradas geneticamente equivalentes.

A autofecundação é usada para conduzir os indivíduos à homozigose. O grau de endogamia é uma importante consideração por causa dos seus efeitos no vigor das progênies, na manutenção da integridade genética do caráter e na uniformidade dos híbridos comerciais. O vigor de uma linhagem de girassol é proporcional ao número de gerações de endogamia. No caso em que se objetiva a produção de híbridos, deve-se observar a capacidade da fêmea em produzir sementes e a do macho em produzir pólen. Como o custo de produção de sementes é muito importante, o grau de endogamia pode ser limitado, ou ênfase deve ser dada à seleção de linhagens que se mantenham vigorosas após várias gerações de endogamia. O melhorista usa muitos métodos para desenvolver linhagens para obtenção de híbridos. É preciso escolher o método mais apropriado para alcançar os objetivos do programa, levando em conta a herdabilidade do caráter, o tempo e os recursos disponíveis. Os métodos de melhoramento mais comumente utilizados são o genealógico, o da população e o dos retrocruzamentos. Esses métodos podem ser usados, também, para a obtenção de linhagens RHA de auto-fecundações de híbridos.

Método genealógico

Este é o método mais comum usado pelos melhoristas para desenvolver linhagens. A seleção dos genótipos desejados começa na geração F_2 ou S_0 , dependendo do material-fonte utilizado. Plantas desejáveis na geração F_2 são autofecundadas protegendo-se os capítulos individuais com sacos. Na colheita, aquelas plantas que exibirem suscetibilidade a doenças ou outros caracteres agrônômicos indesejáveis são descartadas. A progênie F_3 de cada planta F_2 selecionada é cultivada na estação seguinte. Geralmente são selecionadas e autofecundadas de três a seis plantas dentro das

melhores linhas F_3 . A progênie F_4 de cada planta F_3 selecionada é cultivada em uma fileira separada na estação seguinte. Plantas são selecionadas e autofecundadas dentro das linhas F_4 superiores. Uma mistura de pólen das plantas dentro das linhas F_4 , ou do pólen de uma única planta representativa daquelas dentro da linha, é coletada e usada para polinizar linhagens testadoras para produzir sementes de *testcross*. Três a quatro plantas geralmente são selecionadas para autofecundação dentro das linhas F_4 . As progênies F_5 de cada planta F_4 selecionada são semeadas na estação seguinte. Plantas são selecionadas e autofecundadas dentro das linhagens F_5 selecionadas. Se as plantas dentro das linhagens são fenotipicamente uniformes, as sementes das plantas selecionadas podem ser colhidas e misturadas para uso em futuros testes como linhagens derivadas de F_4 . Entretanto, se as plantas dentro das fileiras ainda não estão uniformes, a seleção entre e dentro das linhagens deve continuar nas gerações seguintes. Durante a mesma estação em que as linhagens F_5 estão sendo observadas, os híbridos de *testcrosses* são avaliados em testes com repetições. Com base no desempenho agrônômico, na qualidade de semente e na produtividade dos híbridos, as linhagens F_5 que apresentarem as melhores capacidades de combinação deverão ser selecionadas. Se o objetivo é utilizar a linha F_5 (linha B) como fêmea, esta deverá apresentar a versão macho-estéril (linha A). Isto pode ser feito através de retrocruzamentos, utilizando-se uma fonte macho-estéril (CMS). A conversão de uma linhagem B para uma linhagem A geralmente requer cinco retrocruzamentos. Depois do quinto retrocruzamento, usando a linhagem B como progenitor recorrente, a linhagem A é considerada geneticamente equivalente à linhagem B. A linhagem A é cruzada com duas linhagens testadoras para a avaliação da capacidade de combinação (Miller, 1987).

O método genealógico ou *pedigree* é eficiente para a seleção de vários caracteres agrônômicos em girassol. A autocompatibilidade é obviamente o caráter selecionado, já que, após cada geração de autofecundação, deve haver um número adequado de sementes para a próxima geração. Os melhoristas também utilizam as sementes produzidas por autofecundação para avaliar as linhagens quanto ao teor de óleo. Os caracteres agrônômicos são avaliados fenotipicamente, incluindo data de florescimento, inclinação e forma de capítulo e resistência a pragas e doenças.

Com o objetivo de reduzir o número de anos no desenvolvimento de linhagens, algumas gerações podem ser semeadas em casas de vegetação. Essa estratégia freqüentemente é utilizada para a autofecundação de plantas F_1 , a fim de produzir quantidades adequadas de sementes F_2 para a próxima geração, bem como na conversão de linhagens B para linhagens A.

Método da população

Nas primeiras gerações da endogamia, o método da população (*bulk*) é bastante diferente do método *pedigree*. Seleções nas gerações F_2 a F_4 são realizadas em plantas individuais autofecundadas dentro da população como um todo e não entre e dentro das fileiras. Pode ser praticada seleção para autocompatibilidade após a autofecundação. A percentagem de óleo também pode ser determinada nas plantas individuais antes que as sementes dos indivíduos selecionados sejam misturadas para a próxima geração de endogamia.

A principal vantagem de método *bulk* é a economia de área nas primeiras gerações de endogamia. Na geração F_3 , o método do *pedigree* deverá ter de 50 a 200 fileiras representantes, e o método do *bulk* será representado por 6 a 10 fileiras constituídas por 20 plantas cada uma. A desvantagem desse método é a ênfase dada à seleção de plantas individuais antes de ocorrer seleção entre e dentro das linhas. Um ambiente variável não permite ao melhorista a seleção visual entre plantas individuais.

Método dos retrocruzamentos

O método é usado para transferir um ou poucos genes de um progenitor para outro. O progenitor que contém os genes a serem transferidos ao outro progenitor é chamado de não recorrente ou doador e o progenitor, para o qual os genes estão sendo transferidos, é chamado de recorrente. Um caso específico do uso desse método ocorre quando se quer transferir ao genoma de uma linhagem B o citoplasma macho-estéril, criando uma linhagem A (Fig. 5). Neste caso, existe o interesse de manter o genoma da linhagem B (progenitor recorrente) apenas incluindo o(s) gene(s) que determina(m) a macho-esterilidade presente no progenitor doador.

A finalidade do retrocruzamento para o progenitor recorrente é de recuperar a maioria de seus genes desejáveis, dependendo do objetivo do programa. Se a linhagem derivada do retrocruzamento deve ser idêntica ao genótipo do progenitor recorrente, cerca de cinco retrocruzamentos são necessários. Entretanto, se o melhorista não precisa recuperar todo o genótipo do progenitor recorrente, dois ou três retrocruzamentos são suficientes para transferir o gene desejável; depois o melhorista pode selecionar para conseguir genótipos com melhores caracteres ou similares ao progenitor recorrente.

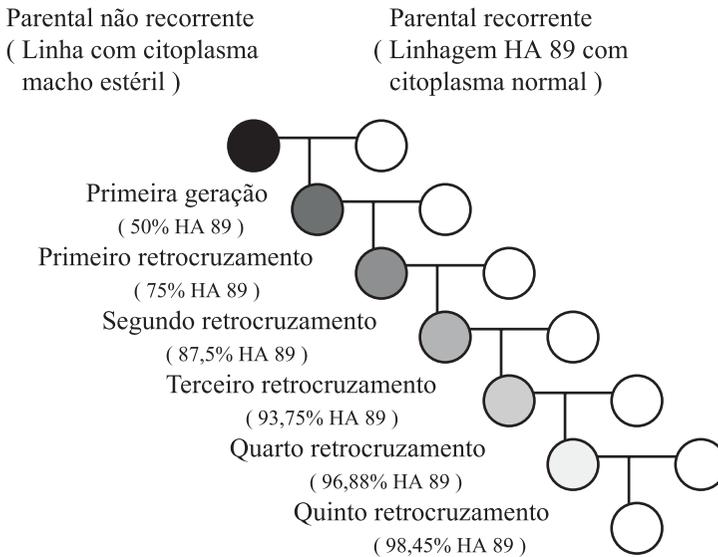


Fig. 5. Representação esquemática do método dos retrocruzamentos, demonstrando como desenvolver e manter uma linhagem com citoplasma macho-estéril a partir da linhagem HA 89 com citoplasma normal.

A maioria dos exemplos de sucesso da utilização do retrocruzamento em girassol envolve a transferência de genes de resistência a doenças como verticillium, míldio e ferrugem para linhagens, uma vez que a resistência é controlada por um único gene dominante de fácil identificação nas gerações segregantes.

Avaliação da capacidade de combinação das linhagens

Os métodos de melhoramento de *pedigree*, *bulk*, retrocruzamentos e outros resultam em linhagens homozigóticas a partir das gerações F_4 e F_5 . Estas linhas precisam ser testadas em combinações híbridas para avaliar a capacidade de combinação de cada uma. As linhas derivadas de gerações F_4 ou F_5 podem ser testadas em testes preliminares para a produção de híbridos, para eliminar aquelas de menor potencial. Estes híbridos preliminares são chamados de *testcrosses*, significando que os testadores são utilizados em cruzamentos com cada linha individualmente. Os testadores podem ser linhagens com alta performance, usadas na produção de

híbridos comerciais. Eles também podem ser linhagens com deficiências específicas para verificar se as novas linhas eliminarão estas deficiências na combinação híbrida. O melhorista deve decidir qual testador usar: se uma linhagem, que sendo totalmente homozigota, produz apenas um tipo de gameta, ou se fontes de gametas heterogêneos, como um híbrido ou um sintético, visando testar a capacidade geral ou específica de combinação. Os melhoristas de empresas privadas preferem usar linhagens, com intuito de usá-las diretamente para formar o novo híbrido. Já, os melhoristas de empresas públicas preferem usar como testadores materiais com ampla base genética e selecionar para capacidade geral de combinação ou para capacidade geral e específica juntas. O uso de dois testadores tem sido sugerido. Nos programas de melhoramento, um pode ser selecionado para determinar a capacidade geral de combinação das linhagens, e o outro para a capacidade específica de combinação. Normalmente esta escolha vai depender dos objetivos de cada cruzamento e das estratégias do melhoramento (Miller, 1987).

Para a avaliação da capacidade de combinação de linhagens restauradoras de fertilidade (R), necessita-se de testadores com citoplasma macho-estéril (linhagem A CMS). Os cruzamentos são relativamente fáceis porque o pólen pode ser coletado de plantas selecionadas e cruzado com a linhagem A CMS, usada como testador. Testar a capacidade de combinação de novas linhagens mantenedoras (linhagens B, ou seja, linhagens com citoplasma fértil) é mais difícil que para novas linhagens restauradoras de fertilidade. Como a linhagem restauradora usada como testador é macho-fértil, a hibridização artificial precisa ser realizada para produzir as sementes do *testcross*, ou as linhagens B precisam ser convertidas para a forma de linhagem A (CMS). Se o melhorista escolher converter todas as linhagens B derivadas de gerações F_4 ou F_5 para linhagens A, um grande desperdício de tempo e recursos é investido no processo de retrocruzamentos antes de se iniciar a avaliação da capacidade de combinação. Entretanto, se linhagens B podem ser cruzadas com um restaurador antes da conversão em linhagens A, a performance dos híbridos pode ser estimada em testes preliminares, e uma percentagem de linhagens inferiores pode ser eliminada (Miller, 1987).

Os principais métodos usados para produzir sementes de *testcross* para a avaliação de linhagens mantenedoras (B) em testes preliminares são: *i*) utilização de cruzamentos com linhagens restauradoras de fertilidade, usando emasculação manual ou química e linhagens com macho-esterilidade genética (linhagens A CMS); *ii*) cruzamentos triplos. A eliminação do pólen fértil em progenitores restauradores pode ser conseguida por

emasculação ou tratando o capítulo principal com ácido giberélico (GA3). O pólen pode ser transferido para os estigmas do capítulo principal para produzir de 50 a 200 sementes híbridas. O número de plantas restauradoras polinizadas depende do número de sementes requeridas para teste preliminar de híbridos para produtividade.

O pólen fértil pode ser eliminado dos progenitores restauradores usando o sistema de macho-esterilidade genética. O genótipo *msms* determina a macho-esterilidade, inibindo a ação dos genes de restauração de fertilidade do progenitor restaurador. O alelo *Ms* pode estar ligado ao alelo para pigmentação de antocianina, tornando-se fácil a sua identificação. O sistema de retrocruzamentos é usado para transferir o alelo de macho-esterilidade genética (*ms*) para a linha restauradora a ser utilizada como testador. O pólen da linhagem B experimental é transferido para o testador *msms*. Como todas as linhagens B têm o genótipo *MsMs*, os híbridos serão férteis.

Quando novas linhagens B estão sendo avaliadas visando seu uso como um dos progenitores do híbrido triplo, a linhagem A CMS pode ser usada como testadora. As plantas provenientes deste cruzamento são estéreis, devendo-se, portanto, incluir no campo uma fonte de pólen fértil para quantificar a produtividade. O teste tem mais eficiência em determinar a heterose entre as linhagens B e A, quando comparadas com as linhagens B e R. Os híbridos triplos podem ser produzidos para serem avaliados quanto à produtividade após os testes preliminares, onde foram eliminadas as linhagens B inferiores.

Melhoramento genético no Brasil

A pesquisa com girassol, no Brasil, foi iniciada pelo Instituto Agronômico de Campinas (IAC) do Estado de São Paulo e os primeiros registros datam de 1932. No Rio Grande do Sul, as pesquisas foram iniciadas na década de 50. Devido à demanda por fontes energéticas, em 1980 foram reiniciados os trabalhos experimentais, respaldados pela existência de híbridos e informações de pesquisa realizadas especialmente nos estados do Paraná e de São Paulo. Os trabalhos desenvolvidos foram basicamente nas áreas de manejo da cultura e melhoramento genético. Observa-se que os programas sofreram freqüentes interrupções, dificultando ou mesmo impedindo o desenvolvimento esperado. O fator que contribuiu para esta situação foi, basicamente, a falta de um sistema eficiente e organizado de

comercialização, associado à falta de tecnologia de produção (Seção 1 – Origem e histórico do girassol).

Novamente, a partir de 1989, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) através do Centro Nacional de Pesquisa de Soja (Embrapa Soja) retomou as pesquisas e, após a avaliação dos problemas ocorridos com a cultura nos anos anteriores, foram estabelecidas algumas linhas de pesquisa, contemplando o melhoramento genético através da introdução e avaliação de genótipos em regiões produtoras e/ou potenciais, bem como a obtenção de populações melhoradas e de linhagens para posterior formação de híbridos. Nesse período, avanços significativos foram obtidos com a cultura. Programas de melhoramento genético vêm sendo conduzidos por outras instituições, inclusive empresas privadas que trabalham com a cultura em outros países.

Em 1997, a Embrapa Soja lançou a variedade Embrapa 122 - V2000, proveniente de seleção na variedade Issanka, introduzida da França (Castiglioni et al., 1997). A variedade foi avaliada nas safras de 1991 a 1996, em 72 ambientes, nos Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Mato Grosso de Sul, Mato Grosso, Goiás, Minas Gerais, Tocantins, Piauí e Distrito Federal, em ensaios de rede de avaliação de genótipos de girassol. O material destaca-se pela precocidade. Atinge média de produtividade de 1741 kg ha⁻¹ e teor médio de óleo de 43,55%, em semeadura de agosto/setembro, na Região Sul, e 1503 kg ha⁻¹ e teor médio de óleo de 39,91% em semeadura de janeiro/fevereiro, na região do Brasil Central.

Além do girassol destinado para a extração de óleo, o programa de melhoramento da Embrapa Soja vem desenvolvendo cultivares específicas para o mercado de flores (Oliveira & Castiglioni, 2003). Em 2001, foram registradas várias cultivares de girassol ornamental, com tonalidades de colorações distintas e adaptadas ao Brasil. Além da fixação da coloração, foram desenvolvidas cultivares unicapituladas para a composição de ramaletes e cultivares multicapituladas para cultivo em jardim.

Para dar suporte ao trabalho de desenvolvimento de cultivares, a Embrapa Soja vem gerando conhecimentos em busca de eficácia do programa de melhoramento. Dentre esses, Castiglioni & Oliveira (1995) verificaram a possibilidade do uso de gerações precoces através da avaliação de 24 híbridos provenientes do cruzamento de três linhagens macho-estéreis e 12 linhas nas gerações S₃ e S₄, oriundas de uma mesma população. Os caracteres avaliados foram rendimento de grãos, teor de óleo, altura de planta, altura de capítulo, diâmetro de caule, tamanho de capítulo, dias

para o florescimento, dias para a maturação fisiológica e peso de 1000 grãos. O efeito de gerações foi não significativo para todos os caracteres avaliados. Os autores sugeriram a realização da seleção de linhas na geração S_3 , o que reduz o tempo e o volume de trabalho e a eficiência do programa. Guimarães et al. (1995) avaliaram a performance de oito genótipos sobre diferentes condições de estresse hídrico na região Centro-Oeste do Brasil. O genótipo HA89*T- (derivado de *Helianthus argophyllus*) mostrou o melhor desempenho em relação a índice de tolerância a seca e a rendimento em condições irrigadas. Esse comportamento pode estar relacionado a sua menor taxa de permeabilidade de perda de água foliar.

Oliveira et al. (1997a) estimaram a adaptação e a variabilidade de doze populações de girassol para os vários componentes de rendimento, em ensaios conduzidos em Londrina, pela Embrapa Soja. Esse estudo possibilitou realizar seleção entre populações e direcionar o melhoramento genético em função dos objetivos estabelecidos. Oliveira et al. (1997b) estudaram a capacidade de produção de aquênios oriundos de autofecundação de 49 populações de girassol de diferentes origens, para serem utilizadas em programas de melhoramento genético. Para isto, foi calculada a razão (R) entre o peso total ou o número total de grãos produzidos nas plantas auto-fecundadas pelos respectivos totais produzidos em plantas de polinização aberta multiplicado por 100 (%). Essas informações são úteis para verificar o grau de auto-incompatibilidade de uma população e sua potencialidade na retirada de linhagens para produção de híbridos. Apenas dez populações apresentaram valores de R acima de 19% para peso de grãos e de 12% para número de grãos, indicando um bom potencial para serem incluídas em programas de melhoramento envolvendo esquemas que exijam auto-fecundações. Dessas dez populações, seis eram originados do Irã.

Astafeief (1997) estimou a variabilidade de 180 genótipos de girassol quanto à tolerância ao alumínio. Para isto, a autora desenvolveu uma metodologia rápida e eficiente em solução hidropônica. A indicação dessa metodologia para utilização rotineira em programas de melhoramento genético depende, segundo a autora, da comparação dos níveis de tolerância observados em hidroponia com testes em condições de campo, como por exemplo, em solos ácidos de Cerrados.

Castiglioni et al. (1999) verificaram a capacidade geral (CGC) e a capacidade específica de duas linhagens macho-estéreis e um grupo de sete linhagens S_4 restauradoras de fertilidade. Considerando a CGC para rendimen-

to de grãos e para teor de óleo, os progenitores com maiores potenciais para o melhoramento foram CMS HA 302 (originária de uma população americana) para ser usada como progenitor feminino e as linhagens 89V2345)3382 e 89V2345)3311 (derivadas da população Embrapa 122 - V2000) como progenitor masculino.

Oliveira et al. (2000) avaliaram os efeitos de depressão endogâmica na Embrapa 122 - V2000 e verificaram que eles foram não significativos para dias para a floração inicial, dias para a maturação fisiológica e teor de óleo e foram significativos para rendimento de grãos, altura de planta, diâmetro do caule, diâmetro do capítulo e peso de 1000 sementes. Os efeitos de depressão endogâmica foram mais pronunciados da primeira para a segunda geração.

Esses resultados, bem como os demais relatados anteriormente, estão sendo úteis ao Programa de Melhoramento Genético da Embrapa Soja para definir a melhor estratégia de seleção de linhagens e obtenção de populações e de híbridos.

Referências

ASTAFEIEF, N.C.A. **Identificação, em hidroponia, de genótipos de girassol (*Helianthus annuus*, L.) tolerantes ao alumínio**. 1997. 99f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina.

BALDINI, M.; CECCONI, F.; MEGALE, P.; BENVENTURI, A.; VANNOZZI, G.P. Improvement of drought resistance in cultivated sunflower by the use of *Helianthus agrophyllus* T&G. results of a divergent selection for physiological parameters. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 13., 1992, Pisa. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1992. p.980-987.

BELHASSEN, E.; CASTIGLIONI, V.B.R.; CHIMENTI, C.; GRIVEAU, Y.; JAMAUX, I.; STEINMETZ, A. Looking for physiological and molecular markers of leaf cuticular transpiration using interespecific crosses between *Helianthus argophyllus* and *H. annuus*. In: SYMPOSIUM ON DROUGHT TOLERANCE IN SUNFLOWER, 2., 1996, Beijing-Shenyang. **Proceedings...** Beijing-Shenyang: LAAS, 1996. p.39-44.

CASTIGLIONI, V.B.R.; LEITE, R.M.V.B.C.; OLIVEIRA, M.F. de. **Variedade de Girassol – V2000**. Londrina: CNPSo, 1997. 1 folder.

CASTIGLIONI, V.B.R.; OLIVEIRA, M.F. de. Uso de gerações precoces na avaliação de linhas de girassol. In: CONGRESSO NACIONAL DE GENÉTICA, 41.,

1995, Caxambu. **Resumos...** Caxambu: Sociedade Brasileira de Genética, 1995. p.108.

CASTIGLIONI, V.B.R.; OLIVEIRA, M.F. de; ARIAS, C.A.A. Análise da capacidade combinatória entre linhagens de girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.34, n.6, p.981-988, 1999.

CHANDLER, J.M.; JAN, C.C. Comparison of germinations techniques for wild *Helianthus* seeds. **Crop Science**, Madison, v.25, p.356-358, 1985.

CHIMENTI, C.; BELHASSEN, E.; CANTAGALLO, J.; HALL, A. Variability for osmotic adjustment in 4 interespecific genotypes of genus *Helianthus*. In: CONGRESS ON INTEGRATED STUDIES ON DROUGHT TOLERANCE OF HIGHER PLANTS, 1., 1995, Montpellier. **Proceedings...** Montpellier: INRA, 1995. p.III.

DAVREUX, M.; FERNANDEZ, E.J.; LUDUENA, P.W.; ORLOWSKY, A. Present situation of sunflower breeding in Argentina. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 6., 1974, Bucharest. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1974. p.411-413.

FICK, G.N. Sunflower breeding and genetics. In: Carter, J.F. **Sunflower science and technology**. Madison: ASA, CSSA, and SSSA, 1978. p.279-337.

FONSECA, E.A.; VÁZQUEZ, A. La planta de girasol. In: **Asociacion Argentina de Consorcios Regionales de Experimentacion Agricola**. 1994. Produccion de girasol., 3th ed. Cuaderno de Actualizacion Tecnica, 40. Mariano Mas, Mexico. 1994. p.17-22.

FRIEDT, W. Present state and future prospects of biotechnology in sunflower breeding. **Field Crop Research**, Amsterdam, v.30, p.425-442, 1992.

GUIMARÃES, C.M.; CASTIGLIONI, V.B.R.; BELHASSEN, E.; ANTAL, J.B.; BEVITORI, R. Comparasion of water deficiency effects on inter and intraspecific sunflower genotypes in Brasil. In: CONGRESS ON INTEGRATED STUDIES ON DROUGHT TOLERANCE OF HIGHER PLANTS, 1., 1995, Montpellier. **Proceedings...** Montpellier: INRA, 1995.

GUNDAEV, A .I. Basic principles of sunflower selection. In: Department of the Secretary of State. **Genetic principles of plant selection**. Nauka, [s.e.], 1971. p.417-465. (Transl. Dep. of the Secretary of State, Ottawa, Canadá, 1972).

GUREL, A.; NICTERLEIN, K.; FRIEDT, W. Shoot regeneration from anther culture of sunflower (*Helianthus annuus*) and some interspecific hybrids as affected by genotype and culture procedure. **Plant Breeding**, Berlin, v. 106, p.68-76, 1991.

HEISER, C.B.Jr. Taxonomy of *Helianthus* and origen of domesticated sunflower.

In: Carter, J.F. **Sunflower science and technology**. Madison: ASA-CSSA-SSSA, 1978. p.31-53.

HEISER, C.B.Jr. Cytoplasmic male sterility in sunflower. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 11., 1985, Mar del Plata. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1985. p.547-548.

HEISER, C.B.Jr.; SMITH, D.M.; CLEVINGER, S.B.; MARTIN, W.C.Jr. The North American Sunflowers (*Helianthus*). **Memoirs of the Torrey Botanical Club**, Durham, v.22, p.1-218, 1969.

KNOWLES, P.F. Morphology and anatomy. In: Carter, J.F. **Sunflower science and technology**. Madison: ASA-CSSA-SSSA, 1978. p.55-87.

LECLERCQ, P. Etude de divers cas de stérilité male cytoplasmique chez le tournesol. **Agromonie**, Paris, v.3, p.185-187, 1982.

MARTIN, M.; MOLFETTA, P.; VANNOZZI, G.; ZERBI, G. Mechanisms of drought resistance of *Helianthus annuus* and *H. argophyllus*. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 13., 1992, Pisa. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1992. p.571-586.

MENICHINCHERI, M.; VANNOZZI, G.P.; SÁNCHEZ, D.G. Study of stability parameters for drought resistance in sunflower hybrids derived from interespecific crosses. In: SYMPOSIUM ON DROUGHT TOLERANCE IN SUNFLOWER, 2., 1996, Beijing-Shenyang. **Proceedings...** Beijing-Shenyang: LAAS, 1996. p.72-78.

MEZZAROBBA, A.; JONARD, R. Effects of the stage of isolation and pretreatments on *in vitro* development of cultivated sunflower anthers (*Helianthus annuus* L.). **Comptes Rendus de l'Academie de Sciences** – Series III – Sciences de la Vie, v.303, p.181-186, 1986.

MILLER, J.F. Sunflower. In: FEHR, W.R. **Principles of cultivar development** - crop species. New York: Macmillian Publ. Co., 1987. vol.2, p.626-668.

MILLER, J.F.; FICK, G.N.; ROATH, W.W. Relationships among traits of inbreds and hibrids of sunflower. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 10., 1982, Surfes Paradise. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1982. p.238-240.

MILLER, J.F.; HAMMOND, J.J. Improvement of yield in sunflower utilizing reciprocal full-sib selection. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 11., 1985, Mar del Plata. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1985. p.715-720.

OLIVEIRA, M.F. de; ARIAS, C.A.A.; CASTIGLIONI, V.B.R. Adaptabilidade de populações de girassol para a região de Londrina-PR. In: CONGRESSO NACI-

ONAL DE GENÉTICA, 43., 1997, Goiânia. **Proceedings...** Goiânia: Sociedade Brasileira de Genética, 1997a. p. 170.

OLIVEIRA, M.F. de; ARIAS, C.A.A.; CASTIGLIONI, V.B.R.; LEITE, R.M.V.B.C. Inbreeding assessment on Brazilian sunflower variety Embrapa 122. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 15., 2000, Toulouse. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 2000. p.E117-E122.

OLIVEIRA, M.F. de; CASTIGLIONI, V.B.R. **Girassol ornamental**. Londrina: Embrapa Soja, 2003. 1 folder.

OLIVEIRA, M.F. de; CASTIGLIONI, V.B.R.; ARIAS, C.A.A.; LEITE, R.M.V.B.C. Avaliação da produção de aquênios oriundos de autofecundação em populações de girassol para uso em programas de melhoramento genético. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE GIRASSOL, 12., 1997, Campinas. **Resumos...** Campinas: ITAL, 1997b. p.67.

PUSTOVOIT, V.S. **Handbook of selection and seed growing of oil plants**. Izdatel'stvo Kolos, Moscow. Trans. Israel Program for Sci. Trans., Jerusalem, 1967. 72p.

ROGERS, C.E.; THOMPSON, T.E.; SEILER, G.J. **Sunflower species of the United States**. Bismarck: National Sunflower Association, 1982. 75p.

SEILER, G.J. Evaluation of seeds of sunflower species for several chemical and morfological characteristics. **Crop Science**, Madison, v.25, p.183-187, 1985.

SEILER, G.J. Utilization of wild sunflower species for the improvement of cultivated sunflower. **Field Crop Research**, Amsterdam, v.30, p.195-230, 1992.

SOLDATOV, K. Chemical mutagenesis for sunflower breeding. In: INTERNATIONAL SUNFLOWER CONFERENCE, 7., 1976, Krasnodar. **Proceedings...** Paris: International Sunflower Association, 1976, p.57-58.

WHELAN, E.D.P.; DEDIO, W. Registration of sunflower germplasm composite crosses CMG-1, CMG-2 and CMG-3. **Crop Science**, Madison, v.20, p.832, 1980.

