



CLESO A. P. PACHECO, ELTO E. G. GAMA, SIDNEY N. PARENTONI, MANOEL X. SANTOS E PAULO E. O. GUIMARÃES.

Embrapa Milho e Sorgo, CP 151, 35701-970, Sete Lagoas, MG.

[cleso@cnpms.embrapa.br](mailto:cleso@cnpms.embrapa.br)

Palavras chave: cultivar, seleção, melhoramento.

## INTRODUÇÃO

A variedade BRS Angela é o resultado de seis ciclos de seleção recorrente intrapopulacional no composto de milho pipoca CMS 43, de grãos brancos, redondos; formado a partir de quatro ciclos de recombinação de 33 materiais (28 predominantemente brancos e 5 amarelos), do Banco Ativo de Germoplasma (BAG) da Embrapa Milho e Sorgo, selecionados para tolerância a *Helminthosporium tursicum* e *Puccinia spp*, em 1979. Em 1982, no terceiro ciclo de recombinação, o composto foi dividido em dois grupos: um de grãos brancos pontudos (tipo alho) e o outro grãos brancos redondos (tipo americano). Em 1984 foram obtidas progênies S1 dentro do composto de grãos redondos. Essas progênies foram avaliadas fenotipicamente em 1985 e as mais vigorosas foram recombinadas duas vezes. O melhoramento da versão de grãos pontudos foi paralisada.

Em 1988, para melhorar a qualidade da pipoca a CMS 43 foi cruzada com a população Ângelo (BRA 065901). No inverno de 1989, na primeira recombinação da geração F1 do cruzamento CMS 43 x Ângelo foram obtidas 300 progênies de meios irmãos (PMI), que foram avaliadas na safra 1989/90. As 56 PMI selecionadas com base no peso das espigas foram recombinadas em agosto de 1991, pelo método Irlandês modificado, com obtenção simultânea de 196 novas PMI, completando-se o primeiro ciclo de seleção entre e dentro de PMI, que foi denominado de ciclo 0.

Essas 196 PMI, avaliadas em Sete Lagoas na safra 1991/92, foram as primeiras progênes em que se determinou a capacidade de expansão. A grande capacidade produtiva da CMS 43 permitiu que a seleção das 10 melhores PMI fosse feita praticamente com base no ICE (seleção truncada) de modo que, das PMI em ordem decrescente de seu ICE, foram descartadas as progênes com médias muito elevadas de acamamento, quebramento e de espigas doentes (Pacheco, 1998). Fez-se uma mistura de 80 sementes remanescentes de cada uma das 10 PMI para plantio de um campo de polinização onde foram obtidas 196 progênes de irmãos completos (PIC) com forte seleção para tolerância a helmintosporiose, completando-se o ciclo I de seleção. A seleção entre PIC foi feita em Sete Lagoas no verão de 1992/93 e as progênes selecionadas foram recombinadas em 1993 em Janaúba-MG, quando foram obtidas novas PMI que foram avaliadas e recombinadas no verão de 1993 e no inverno de 1994, respectivamente. Com uma mistura das espigas colhidas nas fileiras femininas desse lote isolado, foi semeado um campo de 3,0 ha para multiplicação na safra 1996/1997 visando o lançamento, mas na avaliação do campo optou-se por fazer uma seleção fenotípica (323 indivíduos) com base em características de planta e espiga. Depois do teste de expansão foram selecionadas 40 espigas completando-se o ciclo IV de seleção. Da recombinação dessas espigas foram obtidas 169 novas PMI, que foram avaliadas na safra 1997/1998. Para reduzir a frequência de grãos amarelados e limão foram autofecundadas 5 plantas dentro de cada PMI na segunda repetição do ensaio de avaliação. Os grãos mais brancos selecionados da melhor espiga S1 das 14 melhores PMI foram usados na recombinação. Foi estabelecido um sistema de pedigree relacionando as progênes S1 (S1) com as novas 169 PMI obtidas após dois ciclos de recombinação pelo método irlandês modificado. As espigas das 169 PMI foram avaliadas para ICE e selecionadas as 67 melhores, das quais uma amostra balanceada foi semeada em lote isolado para obtenção de novas 121 PIG e obtenção de 10 kg de semente genética do ciclo VI de seleção, que foi multiplicado no inverno de 2000 em Janaúba.

Um sumário do processo seletivo a que foi submetida a CMS 43, relacionando os métodos de seleção empregados e a evolução da qualidade e produtividade pode ser visto na Tabela 1. O sexto ciclo de seleção, recebeu o nome comercial de BRS Angela que foi lançada comercialmente em vinte de outubro de 2000.

Embora os resultados da Tabela 1 mostrem que foram conseguidos ganhos na capacidade de expansão sem afetar a produtividade, e que todos os cuidados tenham sido tomados para que a variedade fosse também melhorada para outras características agrônômicas importantes, como altura de planta e espiga, % de plantas acamadas e quebradas e % de espigas doentes, os ciclos ainda não foram avaliados nas mesmas condições ambientais para estimar os ganhos realizados com a seleção. É comum verificar por esse tipo de ensaio, que os ganhos realizados não só podem ser muito menores que os ganhos esperados com a seleção como podem ser negativos em um ciclo ou outro. Como cada ciclo de seleção é obtido em uma condição ambiental, uma das explicações para essa oscilação é a seleção de diferentes grupos gênicos, chegando-se mesmo, conforme a variação ambiental, a se selecionar contra o grupo de genes cuja frequência havia sido elevada no ciclo anterior (Gardner, 1961).

Com isso, a substituição da versão comercial por um novo ciclo de seleção tem importância especial, porque que a nova população pode ser pior que a que está sendo substituída. Uma das maneiras de se evitar isso é a avaliação dos dois ciclos em ensaios de competição, e só fazer a substituição se o ciclo novo for melhor que o anterior na maioria das características importantes. Esse trabalho teve como objetivo avaliar o ciclo VIb de seleção da BRS Ângela e verificar a vantagem de substituição do ciclo VI que está no comércio.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

A anotação do pedigree no ciclo VI possibilitou traçar um sistema de teste de progênies, e pôde-se então identificar quatro excelentes progênies S1, com base nas informações de suas filhas (novas PMI) e de suas mães (PMI das quais foram obtidas). Com a perda do ensaio de avaliação de PIG do ciclo VI, optou-se por inter cruzar essas quatro S1 formando-se os 6 híbridos simples possíveis entre elas; depois foram produzidos os 3 híbridos duplos (HD) não aparentados possíveis. Dentro de cada um dos HD foram obtidas 16 PIG e essas 48 PIG foram avaliadas na safra 2001, em Sete Lagoas. Foram selecionadas as quatro melhores PIG que foram recombinadas no inverno de 2001 pelo método irlandês modificado. As espigas selecionadas foram debulhadas em conjunto, concluindo-se o ciclo VIb de seleção.

As sementes do ciclo VI foram multiplicadas ao mesmo tempo em que as sementes do ciclo VIb de seleção foram recombinadas. As sementes das testemunhas comerciais, IAC 112 e Zélia, foram adquiridas do mercado. O ensaio foi montado em Sete Lagoas, em novembro de 2002, em blocos ao acaso com 8 repetições de duas fileiras de 4,0 m de comprimento. Foram avaliadas as características agrônômicas convencionais. As parcelas foram colhidas e debulhadas à mão, após secagem natural das espigas no campo. Os grãos de cada parcela foram empacotados, expurgados e deixados descansar por cerca de 60 dias nas condições ambientais de baixa umidade do ar, característica do outono/inverno dessa região. A umidade se estabilizou próximo dos 13%, quando foram determinados: o peso e a umidade dos grãos e retirada uma amostra de 30 ml para o teste de expansão e outra de 250 g para determinação do rendimento de peneira, em cada parcela. A expansão das amostras foi feita em pote da Anchor Hocking, em um forno de microondas Philco, com temperatura máxima, por 210 segundos, e o volume de pipocas medido em proveta de 1000 ml, para estimar o ICE (ml/ml). As amostras de 250 g foram classificadas em 3 frações de grãos com diâmetro maior que 6 mm, menor que 6 mm e maior que 5 mm e menor que 5 mm, por meio de um jogo de peneiras de furos redondos, agitadas à mão, sendo os resultados expressos em porcentagem de cada classe na amostra. As análises estatísticas foram feitas pelo programa GENES (Cruz, 1997).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados confirmaram que, à exceção da sanidade de espigas, houveram ganhos realizados com a seleção para a maioria das características avaliadas. Mesmo que em muitas dessas características as diferenças não tenham sido significativas (Tabela 2), pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ), no ciclo VIb, as plantas foram mais precoces, de menor porte e com espigas mais baixas, mais tolerantes ao acamamento e quebramento. Além disso, no ciclo VIb houve um incremento de 4,40% na produtividade e de 4,30% no ICE, o que significa beneficiar, ao mesmo tempo, aos produtores e aos consumidores. É interessante mencionar que esses são ganhos realizados e que para produtividade são quase três vezes maiores que as estimativas dos ganhos anuais dos programas de melhoramento de milho comum nos EUA (Duvick, 1996) e no Brasil (Araújo, 1995). Pelos resultados da avaliação de cultivares de milho pipoca em diferentes ambientes no estado de Minas Gerais, Von Pinho et al. (2003) mostraram que a BRS Angela (ciclo VI) apresentou rendimento de grãos acima da média geral, com adaptabilidade ampla e capacidade satisfatória de resposta aos estímulos ambientais pela metodologia de Eberhart e Russell (1966), e pequeno risco de produzir abaixo da média pelo índice de confiança de Annicchiarico (1992), apesar de ter sido selecionada somente em Sete Lagoas.

Como durante quase todo o processo melhoramento da BRS Ângela foi adotada a seleção truncada para ICE, o ciclo VI apresenta, como efeito da resposta correlacionada, uma perigosa redução no tamanho dos grãos. Contudo, a maior mudança apresentada no último ciclo de seleção foi no rendimento de peneiras, com um sensível aumento na proporção de grãos com diâmetro maior que 6 mm e diminuição dos grãos com diâmetro menor que 5 mm, o que corrige o problema da predominância de grão pequenos apresentado no ciclo anterior (Tabela 3). Embora ainda se possa perceber uma distribuição muito mais equilibrada entre as duas peneiras maiores nas cultivares comerciais, a alta proporção da peneira maior no ciclo VIb indica uma maior facilidade para ajustes nos próximos ciclos de seleção. Na melhoria dessa característica, que é muito importante porque afeta o ICE e o tamanho do floco, uma das quatro S1, que possuía grãos grandes, teve importante contribuição.

O único defeito do ciclo VIb em relação ao ciclo VI foi o aumento pequeno mas estatisticamente significativo da porcentagem de espigas doentes. Embora ainda tenha apresentado desempenho semelhante ao híbrido simples IAC 112, e superior ao híbrido triplo Zélia, a pressão de seleção para sanidade de espigas será incrementada. Analisando-se as correlações fenotípicas entre as características avaliadas nesse estudo (dados não apresentados), observou-se que a % de espigas doentes tendeu a aumentar com o aumento da proporção de grãos com  $D > 6$  mm ( $r = 0,41$ ), e com a redução do número de espigas por planta ( $r = -0,83$ ), indicando que cuidados adicionais com as respostas correlacionadas para essas e para quase todas as outras características precisam ser tomados nos próximos ciclos de seleção.

Finalmente, com base nos ganhos obtidos na maioria das características analisadas também por ter sido considerado fenotipicamente mais bonito que o anterior, traduzido por plantas mais uniforme e menos danificadas por doenças foliares, a substituição do ciclo VI pelo VIb foi considerada vantajosa. Então, parte de suas sementes genéticas remanescentes foram semeadas em lote isolado, em dezembro de 2003, para a primeira ampliação. Na ocasião da colheita desse campo foi feita seleção massal de 400 plantas cujas espigas, após seleção para sanidade de grãos e expansão, constituirão cerca de 200 PMI para a realização do próximo ciclo de seleção na safra 2004/2005.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, J.S. **Ganhos genéticos obtidos em híbridos e variedades de milho representativos de três décadas de melhoramento no Brasil**. 1995, 64p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

Cruz, C.D. (1997) Programa Genes: aplicativo computacional em genética e estatística. Editora UFV, Viçosa, 442 p.

DUVICK, D.N. Plant breeding, an evolutionary concept. **Crop Science**, v.36, p.539-548, 1996.

GARDNER, C.O. Na evaluation of effects of mass selection and seed irradiation with thermal neutrons on yield of corn. **Crop Science**, v.1, p.241-245, 1961.

PACHECO, C.A.P., GAMA, E.E.G., SANTOS, M.X., GUIMARÃES, P.E.O. SILVA, A.E. e FERREIRA, A.S.; Seleção entre e dentro de progênies de meios irmãos das populações de milho pipoca CMS-42 e CMS-43. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, p.1996-2001, 1998.

VON PINHO, R.G., BRUGNERA, A., PACHECO, C.A.P. e GOMES, M.S. Estabilidade de cultivares de milho pipoca em diferentes ambientes, no estado de Minas Gerais.

**Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, p.53-61, 2003.

Tabela 1: Resultados encontrados no banco de dados (GenBank) referentes à biblioteca de *Ipse* de raiz do milho Saracura, submetido a hipoxia

Clone	Descrição no banco de dados (GenBank)	e-value	Identidade	Score
A02	<i>Isodent ricinus glutathione S-transferase</i>	3e-05	100%	56
B04	<i>Z. mays</i> gliceraldeído-3-P desidrogenase	0,0	99%	1013
C02	<i>Danthonia curvophyllus</i> provável proteína MtH3	2e-06	100%	60
D06	<i>Oryza sativa</i> cultivar japonica DNA	e-144	97%	517

TABELA 2: Resultados encontrados no banco de dados (GenBank) referente: biblioteca de raiz do milho Saracura, submetida a hipoxia

Clone	Descrição no banco de dados (GenBank)	e-value	Identidade	Score
A03	<i>Homo sapiens</i> mioglobina	1e-35	97%	157
A11	<i>Zea mays</i> P00096382 RNAm	2e-39	90%	168
B05	<i>H. sapiens</i> proteína-ligante FK506	3e-81	91%	309
C12	<i>H. sapiens</i> bangina	2e-57	99%	228
D11	<i>H. sapiens</i> paracaspase	0,0	99%	884
D12	<i>Z. mays</i> P00078539 RNAm	e-173	95%	617
E04	<i>H. sapiens</i> dineína	e-120	99%	438
E10	<i>H. sapiens</i> bangina	1e-62	98%	246
E12	<i>Z. mays</i> P00078539 RNAm	0,0	97%	728
F01	<i>H. sapiens</i> bangina	3e-69	100%	268
G11	<i>H. sapiens</i> paracaspase	0,0	98%	848
H02	<i>Z. mays parviglumis</i> sequência DNA	1e-21	100%	109
H12	<i>H. sapiens</i> mioglobina	2e-39	98%	168

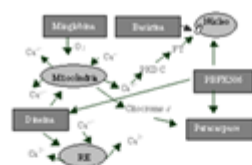


FIGURA 1. Representação da provável relação entre as proteínas codificadas pelos fragmentos dos genes obtidos na biblioteca subtrativa por supressão das raízes de plântulas de milho submetidas a hipóxia sob influência do cálcio

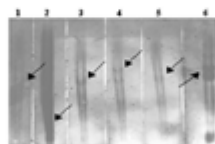


FIGURA 2. Resultado da hibridação dos clones com o DNA genômico do milho Saracura. 1: mioglobina, 2: proteína-ligante FK506, 3: disetina, 4: basigina, 5: paracaspase, 6: gliceraldeído-3-fosfato desidrogenase. As setas indicam as bandas hibridadas pela sonda.

