

EFICIÊNCIA DA SELEÇÃO DENTRO DE FAMÍLIAS S_4 DE MILHO-PIPOCA, VISANDO À OBTENÇÃO DE LINHAGENS

Emmanuel Arnhold¹
José Marcelo Soriano Viana¹

RESUMO

Embora no processo de desenvolvimento de linhagens seja importante considerar a seleção de plantas em famílias, sua eficiência diminui com o aumento da endogamia. O objetivo deste trabalho foi investigar a eficiência da seleção dentro de progênies S_4 , visando à obtenção de linhagens. O experimento, conduzido na Universidade Federal de Viçosa, na safra 2001/2002, foi delineado em blocos incompletos, sendo cada um formado por um grupo distinto de famílias S_4 da população de milho-pipoca Beija-Flor e duas testemunhas. As análises de variância evidenciaram variabilidade genotípica entre progênies quanto à capacidade de expansão (CE) e produção. A variância genotípica entre famílias foi inferior à variância dentro de progênies, quando consideradas a CE e a produção das plantas autofecundadas. As magnitudes dos ganhos preditos e realizados evidenciaram, em geral, eficiência da seleção dentro. A seleção de uma planta em cada progênie superior maximizou o ganho dentro realizado em CE, com ganho real positivo ou negativo em produção.

Palavras-chave: melhoramento; seleção; famílias endógamas.

ABSTRACT

EFFICIENCY OF SELECTION WITHIN POPCORN S_4 FAMILIES, AIMING INBRED LINE DEVELOPMENT

Although it is important to consider within family selection in the inbred line development process, its efficiency decreases with the increase in inbreeding. The objective of this study was to investigate the efficiency of within S_4 family selection for inbred line development. The experiment, conducted at Federal University of Viçosa in 2001/2002, and designed as incomplete blocks, included progenies S_4 derived from the popcorn population Beija-Flor and two checks. The analysis of expansion volume and yield indicated considerable genetic variability among families. Data from selfed plants evidenced that genotypic variance among families was smaller than the genotypic variance within family, for expansion volume and yield. The predicted and realized gains from selection showed, in general, efficiency of within family selection. The selection of one plant in each superior family maximized the within realized gain in expansion volume, associated with positive or negative real gain in yield.

Key words: breeding, selection, inbred families.

¹ Departamento de Biologia Geral, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. E.mail: jmsviana@ufv.br; earnhold@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

No Brasil, segundo Matta & Viana (2003), programas de melhoramento de milho-pipoca são necessários para o desenvolvimento dessa cultura, pois além de ser o País importador de grãos, possui poucas populações melhoradas, inclusive híbridos, disponíveis aos produtores. A principal característica de uma população comercial de milho-pipoca é alta capacidade de expansão (CE), a qual é a principal medida de qualidade para consumo humano.

Em relação à CE, verificaram-se efeitos de dominância positivos, negativos e nulos, dificultando a exploração da heterose (Scapim *et al.*, 2002; Simon *et al.*, 2004). Mesmo quando a heterose é positiva, sua magnitude não é elevada (Scapim *et al.*, 2002; Simon *et al.*, 2004). Esse fato ocorre porque a CE é determinada principalmente pelos efeitos individuais dos genes (Lyerly, 1942; Dofing *et al.*, 1991; Pereira & Amaral Júnior, 2001). Em um trabalho clássico com milho-pipoca, Lyerly (1942) comenta que se deve praticar seleção com base na CE durante a fase de obtenção de linhagens, pois cruzamentos entre linhagens de alta CE tendem a produzir híbridos com CE elevada, enquanto aqueles entre linhagens de alta e baixa CE tendem a produzir híbridos com valores intermediários. Também se devem selecionar linhagens produtivas, para diminuir o custo das sementes. No entanto, Coimbra *et al.* (2001) e Granate *et al.* (2002) afirmam que o melhoramento simultâneo das características capacidade de expansão e produção é dificultado, devido à correlação genotípica negativa entre elas, embora o uso de índices de seleção permita contornar essa dificuldade.

Vilarinho *et al.* (2003) analisaram a eficiência da seleção de famílias S_1 e S_2 de milho-pipoca, visando à obtenção de linhagens, e recomendaram o uso do índice de Mulamba e Mock na seleção simultânea em CE e produção. Apesar da correlação genotípica negativa em famílias S_1 e S_2 (-0,39 e -0,31), observaram ganhos nas duas características, com a seleção pelo índice. Santos *et al.* (2004) avaliaram a eficiência de diferentes estratégias de seleção de famílias S_2 de milho-pipoca, sendo a melhor, com base em ganhos preditos, a seleção entre e dentro de famílias, simultaneamente em CE e produção, com auxílio do índice de Mulamba e Mock. Com base em ganhos realizados, contudo, observaram que o resultado obtido pelo índice foi equivalente ao encontrado pela seleção direta em CE. Viana *et al.* (2007) verificaram equivalência entre os processos seletivos de progênies S_3

de milho-pipoca, considerando desempenhos individual e em cruzamento.

Embora no processo de desenvolvimento de linhagens seja importante considerar a seleção de plantas em famílias, a eficiência da seleção dentro diminui com o aumento do grau de endogamia. O objetivo deste trabalho foi investigar a eficiência da seleção dentro de famílias S_4 , visando o desenvolvimento de linhagens.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram analisadas a capacidade de expansão e a produção de 106 famílias S_4 da população de milho-pipoca Beija-Flor, e de 304 plantas autofecundadas. O experimento, conduzido na Universidade Federal de Viçosa, na safra 2001/2002, em lote isolado no tempo, foi delineado em blocos incompletos, sendo em cada um incluídos um grupo distinto de progênies e duas testemunhas: o híbrido simples modificado IAC 112 e o híbrido triplo Zélia. Cada parcela correspondeu a uma fileira de 5 m, com 30 plantas. O espaçamento entre fileiras foi de 0,9 m. As plantas das testemunhas foram despendoadas, para permitir recombinação apenas entre as progênies. Em cada uma foram autofecundadas cinco plantas. A partir da mistura de igual peso de sementes de 35 progênies selecionadas com base em CE, visando melhoramento populacional, foi obtida uma população melhorada, denominada Beija-Flor S_5 .

Visando à obtenção de linhagens, a seleção entre e dentro de famílias foi feita com base em CE e com uso do índice de Mulamba & Mock (1978), com pesos 3 para CE e 1 para produção, estabelecidos com base nos resultados obtidos por Vilarinho *et al.* (2002, 2003), Santos *et al.* (2004) e Viana *et al.* (2007), com a mesma população. Foram consideradas duas estratégias de seleção: seleção de 70 famílias e de uma planta em cada, e seleção de 35 progênies e de duas plantas em cada. Na seleção entre foram considerados os dados de parcela. Os ganhos preditos entre e dentro com seleção direta em produção foram estimados apenas como referencial de ganho máximo.

A capacidade de expansão foi obtida a partir de amostras de 30 g de grãos de cada família e de 10 g de grãos de cada planta autofecundada. Utilizou-se pipoqueira de ar quente com potência de 1.200 watts. Para uniformizar a umidade dos grãos, visando ao teste de CE, as amostras foram mantidas em câmara-fria, com temperatura de

10 °C e umidade de 50-55%, por 30 dias. Os dados de produção foram corrigidos para umidade de 14,5% e estande de 30 plantas por parcela. As análises de variância foram realizadas pelo programa estatístico SAS.

Os ganhos preditos foram calculados pela função $\Delta M = p \cdot h^2 \cdot DS$, sendo p o controle parental (1/2 com seleção entre visando melhoramento populacional e 1 com seleção entre e dentro visando identificação de famílias S_5 superiores), h^2 a herdabilidade em sentido amplo e DS o diferencial de seleção. Os ganhos realizados foram computados com base nos dados do teste de 144 famílias S_5 , obtidas por seleção direta em CE, em relação as 304 plantas S_4 autofecundadas. O experimento também foi delineado como blocos incompletos e conduzido na UFV na safra 2002/2003. Em relação a cada estratégia de seleção entre progênies S_4 , o ganho realizado correspondeu à diferença entre a média das famílias S_5 derivadas de progênies selecionadas e a média da geração S_5 . Em relação a cada estratégia de seleção dentro de progênies S_4 , o ganho realizado correspondeu à diferença entre a média das famílias S_5 derivadas de plantas selecionadas e a média das progênies S_5 oriundas das famílias selecionadas, e, portanto, de plantas selecionadas e não selecionadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes nas análises de variância dos dados de parcela revelaram variabilidade genética para CE e produção ($P < 5\%$), com estimativas de variância genotípica entre famílias de 20,0804 (mL/g)² e 171.976,5416 (kg/ha)². Portanto, há possibilidade de progresso genético ao se praticar seleção com base nestas características. Quanto às testemunhas, ocorreu diferença significativa apenas para produção ($P < 5\%$), evidenciando-se maior capacidade produtiva do IAC 112. A CE média das famílias foi 28,62 mL/g, valor satisfatório em termos de qualidade, porém estatisticamente inferior à média das testemunhas ($P < 5\%$). Os valores médios de CE do IAC 112 e do Zélia foram 32,08 mL/g e 33,34 mL/g. Porém, 24 famílias apresentaram CE superior a 33 mL/g, ou seja, qualidade equivalente ou superior à das testemunhas. O máximo em CE para as famílias, 41,21 mL/g, é superior às médias das testemunhas e superior à qualidade do milho-pipoca comercializado no país, com CE em torno de 34 a 40 mL/g (Matta & Viana, 2001).

Em relação à produção, a média das famílias foi 2.474,38 kg/ha. Apesar de elevada, considerando que são endógamas, foi estatisticamente inferior à média das tes-

temunhas ($P < 5\%$). Cinco famílias apresentaram produção superior à do IAC 112, de 3.533,10 kg/ha, e 22 famílias foram superiores ao Zélia, cuja média foi 3.149,04 kg/ha. A produção máxima para famílias foi de 3.807,95 kg/ha, tendo ocorrido 29 famílias com produtividade acima de 3.000 kg/ha, considerada muito satisfatória, mesmo se fosse referente a um híbrido de milho-pipoca.

Os coeficientes de variação foram baixos, 11,6% e 7,7% para produção e CE, o que demonstra excelente controle local. A herdabilidade em sentido amplo da produção foi 67,6%, considerada alta. A herdabilidade em sentido amplo da CE também foi alta, 80,7%, compatível com valores encontrados na literatura, 60% e 32% com famílias S_1 e S_2 (Vilarinho *et al.*, 2002, 2003), 72% com famílias S_2 (Santos *et al.*, 2004), e 64,8% e 81,9% com famílias S_3 (Viana *et al.*, 2007). A correlação genotípica entre produção e CE foi 0,42, certamente uma consequência de processos seletivos anteriores, realizados por Vilarinho *et al.* (2002, 2003), Santos *et al.* (2004) e Viana *et al.* (2007). Portanto, espera-se obter ganhos diretos em CE e produção, com o uso do índice, bem como ganhos indiretos em produção, com seleção direta em CE.

As análises de CE e produção das plantas autofecundadas evidenciaram que as variâncias genotípicas entre foram menores que as variâncias genotípicas dentro (22,4783 (mL/g)² e 29,5537 (mL/g)², em relação à CE, e 35,3944 (g/0,15 m²)² e 46,9637 (g/0,15 m²)², em relação à produção), resultado não esperado na ausência de seleção, devendo-se, provavelmente, aos três ciclos de seleção anteriormente praticados. As herdabilidades em sentido amplo em nível de planta dentro de família foram de 64,8% para CE e de 31,4% para produção. A correlação genotípica dentro de famílias entre produção e CE foi 0,33, similar à estimada com os dados de parcela. Então, é esperado que os ganhos genéticos diretos e indiretos com seleção dentro tenham magnitude considerável em relação aos ganhos totais.

Com seleção de 35 famílias com base em CE de parcela, os ganhos preditos em CE e produção foram 4,8 mL/g e 165,2 kg/ha, este último correspondendo a 31,6% do ganho predito máximo (Tabela 1). Com o uso do índice, estimou-se ganho predito em produção de 518,3 kg/ha, correspondendo a 99,2% do ganho máximo, mas o ganho em CE foi de 1,9 mL/g, correspondendo a apenas 38,8% do ganho máximo. Portanto, a seleção entre com base no índice não proporcionou resultados favoráveis, como os encontrados nos trabalhos de Vilarinho *et al.* (2002, 2003), Santos *et al.* (2004) e Viana *et al.* (2007).

Tabela 1. Ganhos preditos com duas estratégias de seleção entre e dentro de famílias S₃, em relação à capacidade de expansão (CE, mL/g) e à produção (P, kg/ha), considerando seleção com base no índice de Mulamba e Mock (SMM), com pesos 3 para CE e 1 para produção, seleção direta em capacidade de expansão (SDCE) e seleção direta em produção (SDP).

Estratégia	SMM		SDCE		SDP	
	P	CE	P	CE	P	CE
	kg/ha	mL/g	kg/ha	mL/g	kg/ha	mL/g
Seleção de 35 famílias	518,3	1,9	165,2	4,8	522,3	1,1
Seleção de duas plantas/fam.	106,0	2,4	83,0	2,5	180,4	1,0
Seleção de 70 famílias	256,0	1,0	68,3	2,6	257,8	0,6
Seleção de uma planta/fam.	100,0	3,6	59,4	3,8	235,7	1,5

Considerando seleção de 70 famílias com o uso do índice, obteve-se ganho predito em produção de 256,0 kg/ha, correspondendo a 99,3% do ganho máximo, mas o ganho predito em CE foi de 1,0 mL/g, correspondendo a apenas 37,3% do ganho máximo (Tabela 1). Portanto, a estratégia de seleção de 70 progênies com o uso do índice, semelhantemente ao que ocorreu com a seleção de 35 famílias, não apresentou resultados favoráveis. A melhor estratégia também foi seleção direta em CE, com ganho predito de 2,6 mL/g. O ganho predito indireto em produção foi de 68,3 kg/ha, correspondendo a 26,5% do ganho máximo.

A população melhorada Beija-Flor S₅ foi obtida pela mistura de igual peso de sementes de 35 famílias superiores em CE. Os ganhos direto e indireto preditos com melhoramento populacional são metade dos apresentados na Tabela 1.

Em relação à melhor estratégia de seleção entre – seleção direta em CE – a seleção dentro de 35 famílias com base em CE proporcionou ganho predito de 2,5 mL/g (Tabela 1). O ganho indireto em produção foi de 83 kg/ha. Utilizando o índice foram obtidos resultados mais favoráveis. O ganho predito em CE foi 2,4 mL/g, que corresponde a 96% do ganho máximo, e o ganho em produção foi 106 kg/ha, correspondendo a 58,8% do ganho máximo. Com seleção dentro de 70 famílias com base em CE, obteve-se ganho predito de 3,8 mL/g. O ganho indireto em produção foi 59,4 kg/ha. Apenas em CE obteve-se ganho predito superior ao encontrado com seleção dentro de 35 famílias. Utilizando o índice, os resultados foram novamente mais favoráveis, com ganho predito em CE de 3,6 mL/g, que corresponde a 94,7% do ganho máximo, e ganho em produção de 100 kg/ha, correspondendo a 42,4% do ganho máximo. Também neste caso, o ganho em CE foi superior ao encontrado com seleção dentro de 35 famílias. Em relação à produção, o ganho dentro com seleção de 35 famílias com o uso do índice foi superior ao ganho estimado com seleção dentro de 70 famílias, mas a diferença foi irrelevante (6 kg/ha).

Analisando os ganhos preditos totais, considerando as melhores estratégias de seleção entre e dentro, a estratégia que proporcionou os maiores ganhos em CE e produção foi seleção de 35 famílias com base em CE e de 70 plantas com base no índice, com ganhos totais de 7,2 mL/g e 271,2 kg/ha. A seleção dentro foi responsável por 33,3% e 39,1% dos ganhos preditos totais em CE e produção. Com seleção de 70 progênies com base em CE e de 70 plantas com base no índice, os ganhos em CE e produção foram inferiores, 6,1 mL/g e 168,3 kg/ha. Claro que a contribuição relativa da seleção dentro foi maior, 59,4% para produção e 57,4% para CE, devida à maior intensidade de seleção dentro. Então, com base nos ganhos preditos, é justificável praticar seleção dentro de famílias S₄, considerando CE e produção.

Analisando os ganhos realizados, conclui-se que a seleção de 35 famílias com base em CE teve a mesma eficiência da seleção massal em CE (processo que efetivamente originou a geração S₅ avaliada) (Tabela 2). Com seleção dentro, o ganho realizado foi insignificante, 0,01 mL/g, com o uso do índice ou com base em CE. A seleção de 70 famílias com base em CE promoveu ganho adicional de 0,14 mL/g, em relação ao ganho devido à seleção

Tabela 2. Ganhos realizados com duas estratégias de seleção entre e dentro de famílias S₄, em relação à capacidade de expansão (CE, mL/g) e à produção (kg/ha), considerando seleção entre em CE (SECE), seleção dentro em CE (SDCE) e seleção dentro com base no índice de Mulamba e Mock (SMM), com pesos 3 para CE e 1 para produção.

Estratégia	Produção kg/ha	CE mL/g
SECE (35 famílias)	233,29	0,00
SDCE (2 plantas/fam.)	209,29	0,01
SMM (2 plantas/fam.)	233,29	0,01
SECE (70 famílias)	149,77	0,14
SDCE (1 planta/fam.)	-65,92	1,34
SMM (1 planta/fam.)	23,32	1,18

massal em CE. A seleção dentro com base em CE proporcionou ganho de 1,34 mL/g, correspondendo a 90,5% do ganho total. Com o uso do índice, o ganho realizado foi um pouco inferior, 1,18 mL/g. Em relação à produção, os ganhos realizados com seleção de 35 e 70 famílias com base em CE foram superiores aos ganhos preditos. Com seleção dentro, os ganhos realizados foram menores que os preditos e que os ganhos realizados com seleção entre famílias. A seleção direta em CE de uma planta em 70 progênies implicou em decréscimo na produção das progênies S_5 . O ganho realizado com seleção dentro representou, no mínimo, 13,5% do ganho total, no caso de seleção de uma planta em 70 famílias, com base no índice. Considerando a seleção de duas plantas em 35 famílias, o ganho dentro correspondeu à cerca de 50% do ganho total, independente do critério de seleção.

Os ganhos realizados confirmam a relevância da seleção dentro com base em CE e evidenciam que também é justificável selecionar levando em conta a produção. A maximização dos ganhos em CE, devidos à seleção dentro, ocorreu com a seleção de um maior número de famílias e de uma planta em cada. Isto, contudo, não permitiu ou minimizou o ganho em produção.

CONCLUSÕES

As magnitudes dos ganhos preditos e realizados evidenciaram, em geral, eficiência da seleção dentro. A seleção de uma planta em cada progênie superior maximizou o ganho dentro realizado em CE, com ganho real positivo ou negativo em produção, dependendo do critério de seleção.

AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG, ao CNPq e à CAPES (Programa PROEX), pelo suporte financeiro e pelas bolsas.

REFERÊNCIAS

- Coimbra RR, Miranda GV, Viana JMS & Cruz CD (2001) Correlações entre caracteres na população de milho-pipoca DFT-1 Ribeirão. *Revista Ceres*, 48:427-435.
- Dofing SM, D'Croz-Mason N & Thomas-Compton M (1991) Inheritance of expansion volume and yield in two popcorn x dent corn crosses. *Crop Science* 31:715-718.
- Granate MJ, Cruz CD & Pacheco CAP (2002) Predição de ganho genético com diferentes índices de seleção no milho-pipoca CMS 43. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37:1001-1008.
- Lyerly PJ (1942) Some genetic and morphological characters affecting the popping expansion of popcorn. *Journal of the American Society of Agronomy*, 34:986-999.
- Matta FP & Viana JMS (2003) Eficiências relativas dos processos de seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos em população de milho pipoca. *Ciência e Agrotecnologia*, 27:548-556.
- Matta FP & Viana JMS (2001) Testes de capacidade de expansão em programas de melhoramento de milho-pipoca. *Scientia Agricola*, 58:845-851.
- Mulamba NN & Mock JJ (1978) Improvement of yield potential of Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. *Egyptian Journal of Genetics and Cytology*, 7:40-57.
- Pereira MG & Amaral Júnior AT (2001) Estimation of genetic components in popcorn based on the nested design. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 1:3-10.
- Santos JF, Viana JMS, Vilarinho AA & Câmara TMM (2004) Efficiency of S_2 progeny selection strategies in popcorn. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 5:183-191.
- Scapim CA, Pacheco CAP, Tonet A, Braccini, AL & Pinto, RJB (2002) Análise dialélica e heterose de populações de milho-pipoca. *Bragantia*, 61:219-230.
- Simon GA, Scapim CA, Pacheco CAP, Pinto RJB, Braccini AL & Tonet A (2004) Depressão por endogamia em populações de milho-pipoca. *Bragantia*, 63:55-62.
- Viana JMS, Condé ABT, Almeida RV, Scapim, CA & Valentini L (2007) Efficiency of S_2 progeny selection strategies in popcorn. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 7:74-81.
- Vilarinho AA, Viana JMS, Câmara TMM & Santos JF (2002) Seleção de progênies endogâmicas S_1 e S_2 em um programa de melhoramento intrapopulacional de milho pipoca. *Acta Scientiarum*, 24:1419-1425.
- Vilarinho AA, Viana JMS, Santos JF & Câmara TMM (2003) Eficiência da seleção de progênies S_1 e S_2 de milho-pipoca, visando à produção de linhagens. *Bragantia*, 62:9-17.