

Controle genético de alguns caracteres relacionados à cor da semente de feijão no cruzamento Rosinha X Esal 693

Aisy Botega Baldoni¹, Flávia França Teixeira² e João Bosco dos Santos^{1*}

¹Universidade Federal de Lavras, C.P. 37, Lavras, Minas Gerais, Brasil. ²CPMS/Embrapa, C.P. 151, Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil. *Autor para correspondência. e-mail: jbsantos@ufla.br

RESUMO. A cor da semente do feijão, *Phaseolus vulgaris* L. (Leguminosae-Faboideae), é de grande importância para o consumo no Brasil, por isso, o conhecimento do seu controle genético, em um cruzamento particular, orienta no dimensionamento da população segregante para a seleção do fenótipo de interesse. Então, objetivou-se determinar o controle genético de alguns caracteres relacionados à cor da semente, a partir do cruzamento Rosinha x ESAL 693 (tipo carioca) e prever as chances de seleção dos fenótipos semelhantes aos das cultivares Carioca e Rosinha. Foram avaliadas as cores de fundo e a presença/ausência de listras e halos nas sementes produzidas em plantas F₂ e em plantas das famílias F_{2,3}. Constatou-se apenas um gene responsável pela ocorrência de listras na semente e outro pela cor bege clara ou escura de fundo da semente tipo carioca. Para os caracteres presença ou ausência de halo e tipo de semente igual ou diferente da cultivar Rosinha, foram identificados dois genes em cada caso. Excetuando-se a presença de listra, certamente estão também envolvidos genes modificadores no controle dos demais caracteres. Considerando todos os caracteres, esperam-se 11,26% das plantas F₂ produzindo sementes do tipo carioca ideal e 12,82% das plantas com sementes do tipo rosinha.

Palavras chaves: *Phaseolus vulgaris* L., cor da semente, controle genético.

ABSTRACT. Genetic control of some traits related to the common bean seed coat color from the Rosinha x Esal 693. The bean seed coat color, *Phaseolus vulgaris* L. (Leguminosae-Faboideae), is of great importance to the Brazilian consumer, therefore the objective of the research was to gain knowledge about the genetic control of some traits related to the seed coat color from the cross Rosinha x ESAL 693 (carioca type), and then to foresee the probability of obtaining desirable phenotypes from the segregating population. The general colors of the seeds, the presence or absence of corona and stripes on seeds from F₂ plants and F_{2,3} families were evaluated. Only one gene is responsible for the presence or absence of stripes on the seed, and another for the light or dark general beige color of carioca type. For the presence or absence of corona and the rosinha color pattern two genes were identified in each case. Except for the presence of stripes, there are modifying genes involved in the control of the other traits. Considering all traits studied 11.26% of the F₂ plants had the ideal carioca type, and 12.82% presented the rosinha type.

Key words: *Phaseolus vulgaris* L., seed coat color, genetic control.

Introdução

No Brasil, são cultivados feijões dos tipos preto, carioca, roxo, mulatinho, rosinha, vermelho e manteigão. Dentre eles, o mais consumido atualmente é o carioca. A qualidade das sementes pode ser considerada sob três aspectos: quanto a sua aceitação comercial, quanto as suas propriedades nutritivas, ou ainda, quanto às características culinárias.

A obtenção de cultivares de alta qualidade nutricional e culinária é desejável, porém para que uma cultivar seja aceita comercialmente é preciso

que o melhorista se preocupe em desenvolver cultivares com tipo de semente exigido pelo mercado. Portanto, dentre as características a serem observadas na semente do feijão, algumas que merecem maiores considerações pelo melhorista são as relacionadas à sua coloração (Ramalho e Abreu, 1998; Vieira *et al.*, 1999).

Mais de 18 genes estão envolvidos com a cor de fundo, nos padrões de manchas e listras e cores de halo no tegumento, o que implica em uma grande complexidade (Gepts e Debouck, 1993). Assim, para cada cruzamento, é necessário conhecer o controle

genético devido apenas aos genes para os quais os genitores diferem, a fim de se poder prever as chances de seleção dos fenótipos desejados e, simultaneamente, dimensionar o tamanho da população segregante a ser utilizada.

Em face dessas considerações o objetivo desse trabalho foi obter informações sobre o número de genes envolvidos no controle de caracteres relacionados à cor da semente do feijão, *Phaseolus vulgaris* L. (Leguminosae-Faboideae), a partir do cruzamento Rosinha x ESAL693 e também estimar as possibilidades de seleção dos tipos carioca e rosinha na população segregante.

Material e métodos

Foram cruzadas a cultivar Rosinha e a linhagem ESAL 693 (tipo carioca), as quais possuem as seguintes características agrônomicas: Rosinha - pertence ao grupo rosinha, é suscetível aos agentes causais da mancha angular e antracnose, possui hábito de crescimento tipo I, baixa produtividade, com grãos pequenos de cor creme clara e halo rosa, e com aceitação comercial em algumas regiões brasileiras; ESAL 693 - pertence ao grupo mulatinho com sementes semelhantes às da cultivar Carioca e com listras levemente escuras; é resistente aos agentes causais da mancha angular, antracnose e oídio e possui hábito de crescimento tipo I e alto potencial produtivo.

O cruzamento foi realizado segundo Ramalho et al. (1993) e, a partir da geração F₁, foram obtidas 120 plantas F₂. As sementes colhidas de cada planta F₂ foram semeadas em linhas separadas, obtendo-se assim a família F_{2,3}. Essas famílias foram avaliadas em um experimento com duas repetições em que cada parcela foi composta por uma linha de um metro linear com 15 sementes. Foi realizada a adubação com 300 Kg/ha do fertilizante 8-28-16 (N-P₂O₅-K₂O). Cerca de 20 dias após a emergência foi realizada adubação nitrogenada de cobertura utilizando-se 20 Kg/ha de nitrogênio. Durante a condução do experimento a irrigação foi realizada periodicamente, sempre que necessário.

Na população F₂ foram eliminadas inicialmente as sementes escuras, que eram principalmente marrons. As sementes claras foram utilizadas para o estudo de controle genético dos seguintes caracteres relativos a coloração do tegumento: a. Cor do fundo da semente tipo carioca - foram determinados os números de sementes de coloração clara e escura; b. Presença de listras - foi contado o número de sementes com e sem listras; c. Tipo de semente rosinha - foram separadas as sementes de coloração típica do rosinha daquelas de outro tipo de

coloração; d. Presença de halo - dentre os grãos que apresentaram padrão rosinha e carioca foi anotada a presença ou ausência de halo.

Tanto na F₂ quanto em F_{2,3} foi tomada uma semente de cada planta para se determinar as segregações fenotípicas. As proporções fenotípicas da F₂ foram testadas pelo teste χ^2 (Steel e Torrie, 1980).

Resultados e discussão

A cor da semente de feijão é fundamental para sua aceitação pelo mercado consumidor. Na maioria das regiões brasileiras a preferência é pelo tipo carioca que corresponde a sementes com cor de fundo creme bem claro, tipo leitoso, com listras marrons claras. As cultivares do tipo rosinha também são aceitas em algumas regiões. A maioria delas possui cor de fundo semelhante ao carioca, porém, com halo rosa.

Um dos caracteres considerados foi a presença ou ausência de listra no tegumento (Tabela 1). Constatou-se um controle genético monogênico, sendo o alelo dominante responsável pela presença da listra, e o recessivo pela ausência, isto é, sementes de cor uniforme. Entre as famílias descendentes das plantas com sementes listradas, eram esperadas 33,3% não segregantes com listras, e 66,7% segregando sementes com e sem listras; estes resultados foram praticamente idênticos aos observados. Entre as famílias provenientes de plantas com sementes de cor uniforme, todas eram esperadas com o mesmo fenótipo, no entanto, quatro se mostraram segregantes. As pequenas discrepâncias, provavelmente ocorreram devido à penetrância incompleta e expressividade variável do alelo responsável pela listra naquelas famílias F_{2,3} segregantes e que eram esperadas de cor uniforme (Ramalho et al., 2001). Neste caso, as sementes F₂, classificadas como de cor uniforme, na verdade, possuem o alelo dominante para listra, porém este não se expressou. Em acordo com essa observação, as sementes F₂ sem listras também ocorreram com um ligeiro excesso, 34 em vez das cerca de 27 esperadas. Além disso, em alguns poucos casos, a presença de listra foi difícil de ser identificada por ser de coloração semelhante à cor de fundo.

Tabela 1. Segregação da presença ou ausência de listras no tegumento

| Fenótipo | Número de plantas F ₂ | Famílias F _{2,3} | |
|-------------|----------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| | | Frequências esperadas | Frequências observadas |
| Com listras | 73 | 24,3 Com listras 48,7 Sem listras | 18 Com listras 55 Sem listras |
| Sem listras | 34 | 34 Sem listras 0 Segregantes | 30 Sem listras 4 Segregantes |
| χ^2 | 2,61 (P = 0,11) | | |

Dentre as 73 plantas F₂ que apresentaram listras, 72 possuíam o fundo creme e listra marrom que lembra o tipo carioca. Entretanto, a intensidade de creme foi variável, conforme Tabela 2. Foi verificada a segregação de três sementes tipo carioca com fundo escuro para um com fundo claro sugerindo um controle genético monogênico, sendo o alelo recessivo responsável pelo fundo claro, que é o fenótipo ideal. A partir das sementes escuras era esperado obter 1/3 de famílias F_{2,3} não segregantes e 2/3 segregando 3 escuras : 1 clara. Porém foram obtidas apenas 8,7% não segregantes e 91,3% segregantes. Dentre as famílias segregantes, a maioria ajustou-se à proporção de três sementes escuras para uma clara. Quanto às sementes cariocas claras, eram esperadas somente famílias não segregantes, porém na maioria delas foi encontrada alguma planta cuja semente foi classificada como escura. Possivelmente, devem estar envolvidos genes modificadores que alteram a intensidade da cor de fundo da semente (Bassett, 1991, 1995; Gepts e Debouck, 1993; Leakey, 1998). Além disso, essas sementes podem ter sido escurecidas principalmente pela maior exposição à luz aliado ao tempo gasto de cerca de um mês para a colheita e avaliação, que devem ter contribuído para aumentar o escurecimento. Contudo, os resultados presentes indicam um gene de efeito principal no controle da cor de fundo da semente carioca, proveniente do cruzamento Rosinha x ESAL 693.

Tabela 2. Segregação da intensidade de cor de fundo das sementes semelhantes ao tipo carioca

| Fenótipo | Número de plantas F ₂ | Famílias F _{2,3} | |
|----------------|----------------------------------|---|----------------------------------|
| | | Frequências esperadas | Frequências observadas |
| Fundo escuro | 59 | 19,03 Fundo escuro 37,97 Segregantes | 5 Fundo escuro 52 Segregantes |
| Fundo claro | 13 | 13 Fundo claro 0 Segregante | 1 Fundo claro 12 Segregantes |
| χ ² | 1,85 (P = 0,17) | | |

Outro fenótipo que é comum em algumas linhagens com sementes do tipo carioca é a presença de um halo, geralmente amarelo, em torno do hilo. Este é um fenótipo indesejável e os melhoristas sempre procuram selecionar linhagens com sementes sem halo. Entretanto, no presente cruzamento a coloração do halo variou de marrom até rosa. Há indicações de que pelo menos seis genes estão controlando a cor do halo (Bassett, 1996). Os resultados do caráter presença ou ausência de halo, independente da sua cor, estão representados na Tabela 3.

Tabela 3. Segregação da presença ou ausência de halo independente de sua cor

| Fenótipo | Número de plantas F ₂ | Famílias F _{2,3} | |
|----------------|----------------------------------|--|---|
| | | Frequências esperadas | Frequências observadas |
| Com de halo | 61 | 6,7 Com halo 0 Sem halo 54,3 Segregantes | 1 Com halo 14 Sem halo 46 Segregantes |
| Sem de halo | 46 | 46 Sem halo 0 Segregantes | 35 Sem halo 11 Segregantes |
| χ ² | 0,001 (P = 0,97) | | |

Observou-se em F₂ a segregação de nove sementes com halo para sete sem halo indicando a herança digênica com epistasia dupla recessiva (Ramalho *et al.*, 2001). Este resultado indica que a presença do halo se deve à ocorrência de pelo menos um alelo dominante, simultaneamente nos dois locos. Já a ausência de halo inclui os genótipos com alelo dominante em apenas um dos locos e também aquele somente com alelos recessivos. Em desacordo com esse resultado, é relatado um controle genético monogênico para o caráter, sendo o alelo dominante considerado responsável pela presença de halo e o recessivo pela ausência (Bassett, 1995, 1996). É importante salientar, segundo o autor, que apenas um gene controla a presença ou ausência de halo, o qual não é responsável por cor. Como a cor do halo é controlada por vários genes (Gepts e Debouck, 1993; Bassett, 1996; Leakey, 1998), os resultados denotam que os genitores diferem em pelo menos dois genes, sendo que um deles condiciona a presença de cor no halo.

Entre as famílias F_{2,3} descendentes das plantas F₂ com sementes que possuíam halo, eram esperadas cerca de 11% não segregantes com halo e foi observada apenas uma família (1,67%); o restante das famílias eram esperadas segregantes, sendo metade 3:1 e metade 9:7, o que não foi exatamente observado. Por outro lado, considerando as famílias provenientes das plantas F₂ com sementes sem halo, somente eram esperadas sementes sem halo, no entanto, cerca de 24% apresentaram-se segregantes. Em razão de provavelmente ocorrerem vários genes modificadores da cor do halo (Yarnell, 1965; Vieira, 1967; Bassett, 1991; Hosfield, 2001), ocorreram dificuldades em distinguir algumas sementes F₂ com halo colorido, porém de cor muito clara, daquelas com ausência de halo. Além disso, as alterações de cor das sementes devidas ao ambiente podem causar a semelhança entre as cores do halo e de fundo da semente e certamente também contribuíram para aumentar a dificuldade na identificação da presença de halo em algumas sementes. Conseqüentemente, as 14 famílias sem halo em F_{2,3} provavelmente são descendentes de plantas F₂ com sementes sem halo e

as 11 famílias segregantes, esperadas sem halo, certamente são descendentes de plantas F_2 de sementes com halo. Note que se essa troca for realizada, praticamente não é alterada a segregação 9:7 observada em F_2 .

Outro fenótipo de interesse refere-se à semente com a cor denominada tipo ou padrão rosinha (Tabela 4). Foi observada na F_2 a proporção de três plantas com sementes do padrão rosinha e 13 fora desse padrão. Este resultado corresponde ao controle genético do tipo epistasia dominante e recessiva (Ramalho et al., 2001). Este controle implica na participação de dois genes no controle do caráter, estando envolvidos dois alelos epistáticos, um dominante de um dos genes e outro recessivo do segundo gene. Qualquer genótipo em que pelo menos um dos epistáticos se expresse, ocorre a produção do fenótipo diferente do padrão rosinha. Conseqüentemente, somente as combinações genotípicas onde nenhum dos epistáticos tem condição de se expressar são as que produzem o fenótipo ideal.

Tabela 4. Segregação da presença ou ausência da cor da semente padrão rosinha

| Fenótipo | Número de plantas F_2 | Famílias $F_{2,3}$ | |
|-------------|-------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
| | | Frequências esperadas | Frequências observadas |
| Rosinha | 15 | 5 Rosinhas 10 Segregantes | 2 Rosinhas 13 Segregantes |
| Não rosinha | 92 | 42,5 Segregantes 49,5 Não rosinha | 31 Segregantes 61 Não rosinha |
| χ^2 | 1,57 (P = 0,21) | | |

Nas famílias $F_{2,3}$ derivadas das sementes F_2 do tipo rosinha eram esperadas 33,3% não segregantes do mesmo padrão de cor da F_2 , sendo observadas apenas 13,3%. Por outro lado, observou-se um excesso de famílias segregantes (86,7%) em vez das 66,7% esperadas. Considerando as famílias descendentes das sementes F_2 não rosinha, as duas classes de famílias $F_{2,3}$ também apresentaram colorações das sementes com frequências levemente diferentes dos resultados esperados.

Os desvios observados nas proporções das famílias $F_{2,3}$, de forma semelhante ao comentado para a cor de fundo das sementes tipo carioca, certamente foram devidos a genes modificadores (Bassett, 1991, 1995; Gepts e Debouck, 1993; Leakey, 1998), que contribuíram principalmente para a detecção de algumas famílias segregantes não esperadas. Entretanto, não se pode descartar também a possibilidade de escurecimento da semente, pois aquelas expostas à luz ficam mais escuras em relação

às protegidas e que também podem ter sido a causa dos desvios observados.

Quando o melhorista realiza cruzamento de cultivares com sementes de cores diferentes, ele está interessado, entre outros caracteres, em prever as proporções esperadas dos fenótipos desejados relativos a cor da semente. No cruzamento considerado, um dos fenótipos de interesse é a semente tipo carioca, isto é, sem halo, com cor de fundo creme clara e listra marrom clara. Considerando todos os resultados, espera-se que 11,26% das plantas F_2 produziram este fenótipo. Já a semente típica rosinha, com cor de fundo creme claro e halo rosa, esperam-se 12,82% de plantas F_2 com esse fenótipo. Evidentemente que algumas famílias $F_{2,3}$ foram segregantes para fenótipos não desejados, porém, a seleção dos fenótipos ideais já na F_2 , bem como dentro das famílias segregantes, permite que o melhorista concentre seus esforços principalmente em outros caracteres nas gerações mais avançadas de autofecundação.

Conclusão

1. Na descendência do cruzamento Rosinha x ESAL 693 foi constatado um gene controlando a presença ou a ausência de listra na semente e outro controlando a cor bege clara ou escura do tipo carioca. Para os caracteres presença ou ausência de halo e tipo igual ou diferente do rosinha, foram identificados dois genes em cada caso.
2. Considerando todos os caracteres, espera-se que 11,26% das plantas F_2 produzam sementes do tipo carioca ideal e 12,82% produzam as sementes do tipo rosinha.

Referências

- BASSETT, M. J. A revised linkage map of common bean. *HortScience*, Alexandria, v.26, n.7, p. 834-836, 1991.
- BASSETT, M.J. The dark corona character in seedcoats of common bean cosegregates with the pink flower allele v^{jac} . *J. Amer. Soc. Hortic. Sci.*, Mount, v.120, n.3, p. 520-522, 1995.
- BASSETT, M. J. List of genes - *Phaseolus vulgaris* L. *Ann. Rep. Bean Improv. Coop.*, Fort Collins, v. 39, p. 1-19, 1996.
- GEPTS, P.; DEBOUCK, D. Origin, domestication, and evolution of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). In: SCHOONHOVEN, A. van., VOYSEST O (Ed.). *Common beans - Research for crop improvement*. Cali: CAB International, CIAT, 1993. cap.1, p. 7-53.
- HOSFIELD, G.L. Seed coat color in *Phaseolus vulgaris* L., Its chemistry and associated health related benefits. *Ann. Rep. Bean Improv. Coop.*, Fort Collins, v. 44, p.1-6, 2001.

- LEAKEY, C.L.A. Genotypic and phenotypic markers in common bean. In: GEPTS, P. (Ed.). *Genetic resources of Phaseolus beans: Their maintenance, domestication, evolution, and utilization*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1998. cap.12, p. 245-327.
- RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Cultivares. In: VIEIRA, C. et al. *Feijão - Aspectos Gerais e Cultura no Estado de Minas*. Viçosa: Editora UFV, 1998. cap.14, p. 435-449.
- RAMALHO, M. A. P. et al. *Genética Quantitativa em plantas autógamas - Aplicações ao melhoramento do feijoeiro*. Goiânia: Editora da UFG, 1993.
- RAMALHO, M. A. P. et al. *Genética na Agropecuária*. 2. ed. Lavras: Edufla, 2001.
- STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. *Principles and procedures of statistics - a biometrical approach*, 2. ed. New York: Mc Graw-Hill, 1980.
- VIEIRA, C. *O Feijoeiro-Comum: cultura, doenças e melhoramento*. Viçosa: Editora UFV, 1967.
- VIEIRA, C. et al. Melhoramento do Feijão. In: BORÉM, A. *Melhoramento das espécies cultivadas*. Viçosa: Editora UFV, 1999. cap. 9, p. 273-349.
- YARNELL, S.H. Cytogenetics of the vegetable crops. IV: legumes. *Bot. Rev.*, New York, v. 31, p. 247-330, 1965.

Received on January 21, 2002.

Accepted on July 01, 2002.