

Análise Genética do Início do Florescimento em Feijoeiro pelo “Triple Test Cross”

Jerônimo Constantino Borel¹, Magno Antonio Patto Ramalho² e Ângela de Fátima Barbosa Abreu³

Resumo

O objetivo deste trabalho foi detectar a presença de epistasia e estimar os componentes da variância genética para o caráter início do florescimento em populações de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) oriundas de genitores de diferentes conjuntos gênicos (*pools* gênicos). Foram utilizadas duas linhagens com fenótipo típico de feijões Andinos e duas com fenótipo típico de feijões Mesoamericanos, sendo obtidas quatro populações F₂. Uma amostra representativa dessas populações F₂ foi retrocruzada para os parentais e a F₁ segundo o modelo do “Triple Test Cross” - TTC. Avaliou-se o número de dias da semeadura ao florescimento das plantas. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo Delineamento III de Comstock e Robinson (1948) e posteriormente ao delineamento TTC conforme Kearsey e Pooni (1996). Foi detectada epistasia no controle do caráter em todas as populações. Nos cruzamentos envolvendo linhagens de mesmo conjunto gênico, tanto a epistasia do tipo “i” (aditivo-aditivo), quanto do tipo “j” (aditivo-dominante e dominante-dominante) foram significativas. Já nos cruzamentos envolvendo genitores de conjuntos gênicos diferentes apenas a epistasia do tipo “j” (aditivo-dominante e dominante x dominante) foi significativa. As estimativas dos componentes de variância indicam que tanto efeitos aditivos quanto efeitos de dominância estão envolvidos no controle do caráter. As estimativas de herdabilidade no sentido amplo e no sentido restrito foram de elevada magnitude. Ao que tudo indica o caráter é pouco influenciado pelo ambiente.

Introdução

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) é originário do continente Americano. Há indícios de que a espécie foi domesticada em pelo menos duas regiões distintas, a região Mesoamericana (México e a América Central), e a região Andina (Cordilheira dos Andes, exceto a Colômbia) (Gepts e Bliss 1985). Em virtude desse isolamento geográfico, feijões Andinos e Mesoamericanos desenvolveram fenótipos diferentes para alguns caracteres, tais como: Tamanho da semente, tipo de phaseolina, reação a alguns patógenos, porte da planta, duração do ciclo dentre outros (Singh et al., 1991). Em alguns cruzamentos, envolvendo feijões dos dois conjuntos gênicos observa-se uma incompatibilidade, que inviabiliza ou causa diversas anormalidades da F₁ tais como, nanismo, folhas cloróticas, esterilidade, crescimento radical reduzido e formação de raízes adventícias no hipocótilo (Singh e Gutiérrez, 1984; Arantes et al., 2008). Mesmo quando o cruzamento entre genitores dos dois grupos é compatível, a população obtida apresenta desempenho inferior aos genitores para produtividade de grãos (Bruzi et al., 2007). A ocorrência de epistasia tem sido considerada como uma hipótese para explicar esse fenômeno. Ao que tudo indica, os dois grupos desenvolveram blocos gênicos ou combinações epistáticas que lhes proporcionam maior adaptação. Quando do cruzamento, essas combinações são desfeitas e o desempenho cai. Essa hipótese foi comprovada por alguns trabalhos envolvendo o cruzamento de feijões Andinos e Mesoamericanos (Johnson e Gepts, 2002; Moreto, 2008). Entretanto não se tem informação a respeito da ocorrência de epistasia em cruzamentos envolvendo genitores de mesmo conjunto gênico para muitos caracteres, principalmente para o caráter início do florescimento, que corresponde ao número de dias decorridos da semeadura ao aparecimento das primeiras flores. Essa característica é muito útil para avaliar a precocidade. Genótipos mais precoces são desejáveis, desde que associem alta produtividade, pois aumentam a eficiência de sistemas de produção e flexibilizam a rotação de culturas (Silva et al., 2007). Portanto, o presente trabalho foi realizado a fim de verificar se a epistasia é importante no controle genético do início do florescimento e estimar alguns componentes da variância para o caráter em populações de feijoeiro oriundas de genitores de diferentes conjuntos gênicos.

Material e Métodos

Foram utilizadas duas linhagens com fenótipo típico de feijões Andinos (ESAL 686 e a cultivar BRS Radiante) e duas com fenótipo típico de feijões Mesoamericanos (BRS Valente e BRSMG Majestoso). A

¹ Doutorando em Genética e Melhoramento de Plantas na Universidade Federal de Lavras (UFLA), Cx. P. 3037, CEP 37200-000, Lavras- MG. e-mail: jcbufla@yahoo.com.br

² Professor Titular, Departamento de Biologia, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Cx. P. 3037, CEP 37200-000, Lavras- MG. e-mail: magnoapr@dbi.ufla.br

³ Pesquisadora da Embrapa Arroz e Feijão/ Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Cx. P. 3037, CEP 37200-000, Lavras- MG. e-mail: afbabreu@dbi.ufla.br

linhagem ESAL 686 apresenta grãos grandes de coloração amarela, massa média de 100 grãos de 40-42g, hábito de crescimento determinado e porte ereto, ciclo precoce, aproximadamente 65 dias da emergência à maturidade fisiológica. A cultivar BRS Radiante apresenta grãos grandes, rajados, uniformes e massa média de 100 grãos de 41-43g. Possui hábito de crescimento determinado com porte ereto e ciclo médio de 80 dias. A cultivar BRS Valente apresenta grãos pequenos do tipo preto, massa média de 100 grãos de 21-22g, hábito de crescimento indeterminado com porte ereto (arbustivo) e ciclo de 80 a 94 dias da emergência à maturação fisiológica. A cultivar BRSMG Majestoso apresenta grãos médios do tipo carioca, com massa média de 100 grãos de 26-28g, duração do ciclo de aproximadamente 87 dias, hábito de crescimento indeterminado com porte semi ereto ou pouco prostrado. Quatro combinações híbridas foram obtidas: (A) ESAL 686 x BRS Radiante, (B) BRS Valente x BRS Majestoso, (C) BRS Radiante x BRS Majestoso e (D) ESAL 686 x BRS Valente. As hibridações foram feitas em casa de vegetação no Departamento de Biologia da UFLA. As sementes da geração F_1 de cada cruzamento foram semeadas em campo para obtenção da geração F_2 .

Para a detecção da epistasia e estimação dos componentes de variância foi utilizado o “Triple Test Cross” – TTC, proposto por Kearsey e Jinks (1968). Este delineamento corresponde a uma extensão do Delineamento III da Carolina do Norte (Comstock e Robinson, 1948). Uma amostra de plantas de uma população F_2 é retrocruzada para as linhagens parentais e a geração F_1 destas, obtendo-se conjuntos de três progênies para cada genótipo da população. Por meio do teste de um contraste entre essas progênies pode-se detectar a presença de epistasia e na análise, particioná-la em epistasia do tipo “i” (aditivo-aditivo) e do tipo “j” (aditivo-dominante e dominante-dominante). Este delineamento é apresentado com detalhes por Kearsey e Pooni (1996). Neste trabalho as plantas F_2 foram utilizadas como fêmeas (receptoras de pólen) enquanto que os parentais e a F_1 foram utilizados como macho (doadores de pólen). Na população (A) 33 plantas foram retrocruzadas para os parentais e a F_1 , na população “B” foram retrocruzadas 28 plantas, na população “C” foram retrocruzadas 23 plantas e na população “D” foram retrocruzadas 13 plantas. As 97 progênies obtidas foram avaliadas em condições de campo, na safra da seca de 2011, onde cada uma foi representada por uma linha de 1m espaçada de 0.5m. O número de indivíduos por retrocruzamento variou de três na população “D”, quatro nas populações “C” e “B” e cinco na população “A”. Avaliou-se o número de dias decorridos da semeadura ao florescimento em cada planta. Os dados foram submetidos à análise do delineamento III de Comstock e Robinson (1948), foram estimados os componentes de variância e estimou-se o grau médio de dominância pela expressão $(2\sigma_D^2 / \sigma_A^2)^{1/2}$. Posteriormente procedeu-se a análise pelo delineamento TTC segundo Kearsey e Pooni (1996).

Resultados e Discussão

Algumas peculiaridades do feijoeiro podem dificultar o emprego do delineamento TTC, dentre essas cita-se o pequeno número de descendentes por cruzamento e a dificuldade de realizar hibridações. O número de progênies utilizadas nesse estudo variou de 13 a 33. Estudos teóricos mostram que cerca de 20 a 40 progênies são suficientes para a obtenção de estimativas fidedignas tanto no Delineamento III quanto no TTC (Kearsey e Pooni, 1996).

Na análise de variância pelo Delineamento III todas as fontes de variação foram altamente significativas ($P < 0.01$), com exceção da fonte de variação “Testadores” no cruzamento entre ESAL 686 x BRS Radiante, (Tabela 1). Tanto a variância da soma quanto à variância da diferença foram significativas. Isso indica que no controle do caráter tanto efeitos aditivos quanto efeitos de dominância são importantes. Este fato pode ser comprovado pelas estimativas dos componentes de variância (Tabela 2).

As estimativas da variância genética foram superiores às estimativas da variância ambiental, que em algumas situações pode ser considerada nula, pois as estimativas foram negativas. Isso indica que o início do florescimento em feijoeiro é pouco influenciado pelo ambiente. As estimativas de herdabilidade tanto no sentido amplo quanto no sentido restrito foram elevadas e estão de acordo com resultados encontrados na literatura (Silva et al., 2007). Observa-se que o grau médio de dominância (*GMD*) variou de 0.45 a 0.82, indicando haver dominância no controle do caráter (Tabela 2).

Pela análise do TTC observa-se que a epistasia mostrou-se importante em todos os cruzamentos (Tabela 3). A epistasia do tipo “i” (aditivo-aditivo) foi significativa apenas para os cruzamentos envolvendo genitores de mesmo conjunto gênico, ao passo que a epistasia do tipo “j” (aditivo-dominante e dominante-dominante) foi significativa para todos os cruzamentos. Em plantas autógamias onde o objetivo é a obtenção de linhagens, a ocorrência de epistasia do tipo “i” é mais interessante, pois pode ser aproveitada pela seleção. Já a epistasia do tipo “j”, em princípio, tem maior importância em combinações híbridas visando explorar a heterose (Holland, 2001).

Tabela 1. Resumo da análise de variância do Delineamento III para início do florescimento em feijoeiro

Cruzamento	FV	GL	QM
ESAL 686 x BRS Radiante	Testadores (T)	1	1.68 ^{NS}
	Soma ($\bar{L}_{1i} + \bar{L}_{2i}$)	32	2.42**
	Diferença ($\bar{L}_{2i} - \bar{L}_{1i}$)	32	1.87**
	Dentro das famílias	198	0.64
BRSMG Majestoso x BRS Valente	Testadores (T)	1	24.60**
	Soma ($\bar{L}_{1i} + \bar{L}_{2i}$)	27	25.84**
	Diferença ($\bar{L}_{2i} - \bar{L}_{1i}$)	27	13.05**
	Dentro das famílias	224	1.36
BRSMG Majestoso x BRS Radiante	Testadores (T)	1	69.76**
	Soma ($\bar{L}_{1i} + \bar{L}_{2i}$)	22	22.81**
	Diferença ($\bar{L}_{2i} - \bar{L}_{1i}$)	22	11.94**
	Dentro das famílias	138	3.84
ESAL 686 x BRS Valente	Testadores (T)	1	54.68**
	Soma ($\bar{L}_{1i} + \bar{L}_{2i}$)	12	15.53**
	Diferença ($\bar{L}_{2i} - \bar{L}_{1i}$)	12	4.29**
	Dentro das famílias	52	1.16

Tabela 2. Estimativas dos componentes de variância e herdabilidade para início do florescimento em feijoeiro.

Cruzamento	Componentes Genéticos							
	σ_G^2	σ_A^2	σ_D^2	σ_F^2	σ_E^2	<i>GMD</i>	h^2_a	h^2_r
ESAL 686 x BRS Radiante	1.19	0.89	0.30	1.46	0.27	0.82	0.81	0.61
BRSMG Majestoso x BRS Valente	12.42	9.79	2.33	12.42	-2.26	0.69	100	0.81
BRSMG Majestoso x BRS Radiante	11.5	9.48	2.02	11.95	0.45	0.65	0.96	0.79
ESAL 686 x BRS Valente	10.62	9.58	1.04	10.62	-1.75	0.47	100	0.90

Tabela 3. Resumo da análise do Triple Test Cross para início do florescimento em feijoeiro.

Cruzamento	FV	GL	QM
ESAL 686 x BRS Radiante	Epistasia	33	1.45**
	“i” (aa)	1	2.64*
	“j” (ad e dd)	32	1.41**
	Dentro das famílias	297	0.48
BRSMG Majestoso x BRS Valente	Epistasia	28	8.22**
	“i” (aa)	1	8.40**
	“j” (ad e dd)	27	8.21**
	Dentro das famílias	336	1.42
BRSMG Majestoso x BRS Radiante	Epistasia	23	12.65**
	“i” (aa)	1	3.46 ^{NS}
	“j” (ad e dd)	22	13.07**
	Dentro das famílias	207	3.47
ESAL 686 x BRS Valente	Epistasia	13	3.58*
	“i” (aa)	1	1.18 ^{NS}
	“j” (ad e dd)	12	3.77*
	Dentro das famílias	156	2.03

Poucos trabalhos têm sido realizados visando estudar a ocorrência de epistasia em espécies autógamas, sobretudo para o caráter início do florescimento. Em soja, Araújo (2006) utilizou o TTC modificado de Jinks, Perkins e Breese (1969) adaptado às gerações F₂ e F₃ e observou que a epistasia mostrou-se importante para produtividade de grãos, dias para florescimento e dias para maturação. Em feijoeiro, Moreto (2008) estudou o

cruzamento de uma linhagem Andina e uma Mesoamericana utilizando o TTC. Detectou-se epistasia para massa de grãos por planta, número de grãos por vagem, e número de vagens por planta, indicando que a epistasia parece estar associada à queda de rendimento nesses cruzamentos. Convém ressaltar que a ocorrência de epistasia é um indício de que as estimativas dos componentes de variância podem estar viesadas havendo a necessidade de interpretá-las com cautela. Na literatura vários trabalhos demonstram a ocorrência da epistasia para caracteres quantitativos. Moreto (2008) apresenta um resumo dessas estimativas e comenta que esse fenômeno é mais frequente em caracteres controlados por muitos genes do que se imaginava.

Ao que tudo indica, a epistasia está presente no controle genético do início do florescimento em feijoeiro. Nos cruzamentos entre linhagens de diferentes conjuntos gênicos ambos os tipos são importantes ao passo que em cruzamentos entre genitores de conjuntos gênicos diferentes apenas o tipo “j” foi significativo.

Agradecimentos

À Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais – FAPEMIG e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pelo suporte financeiro.

Referências Bibliográficas

- Araújo PA (2006) **Detecção da epistasia para produção de grãos e caracteres agronômicos em soja**. 78p. Tese (Doutorado) – ESALQ/USP, Piracicaba, São Paulo, Brasil.
- Arantes LO, Ramalho MAP e Abreu AFB (2007) Controle genético da incompatibilidade do cruzamento entre cultivares andinas e mesoamericanas de feijoeiro comum. **Ciência e Agrotecnologia** **32**: 978-980.
- Bruzi AT, Ramalho MAP e Abreu AFB (2007) Desempenho de famílias do cruzamento entre linhagens de feijões Andinos e Mesoamericanos em produtividade e resistência a *Phaeoisariopsis griseola*. **Ciência e Agrotecnologia** **31**: 650-655.
- Comstock RE and Robinson HF (1948) The components of variance in populations of parental progenies and their use in estimating the average degree of dominance. **Biometrics** **4**: 254-266.
- Gepts P and Bliss FA (1985) F₁ hybrid weakness in the common bean: Differential geographic origin suggests two gene pools in cultivated bean germplasm. **Journal Heredity** **76**: 447-450.
- Holland JB (2001) Epistasis and plant breeding. **Plant Breeding Reviews** **21**: 27-82.
- Jinks JL, Perkins JM and Breeze EL (1969) A general method of detecting additive, dominance and epistatic components of variation for metrical traits: II. Application to inbred lines. **Heredity** **24**: 45-57.
- Johnson WC and Gepts P (2002) The role of epistasis in controlling seed yield and other agronomic traits in an Andean x Mesoamerican cross of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Euphytica** **125**: 69-79.
- Kearsey MJ and Pooni HS (1996) **The genetical analysis of quantitative traits**. Editora Chapman & Hall, Londres, 381p.
- Moreto AL (2008) **Epistasia em cruzamento de feijão Andino x Mesoamericano**. 67p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas). UFLA, Lavras, Minas Gerais, Brasil.
- Ramalho MAP, Santos JB e Zimmermann MJO (1993) **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Editora UFG, Goiânia, 271p.
- Silva FB, Ramalho MAP e Abreu AFB (2007) Seleção recorrente fenotípica para florescimento precoce de feijoeiro “carioca”. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **42**: 1437-1442.
- Singh SP (1989) Patterns of variation in cultivated common bean (*Phaseolus vulgaris* L., Fabaceae). **Economic Botany** **43**: 39-57.
- Singh SP and Gutierrez JA (1984) Geographical distribution of the DL1 and DL2 genes causing hybrid dwarfism in *Phaseolus vulgaris* L., their association with seed size, and their significance to breeding. **Euphytica** **33**: 337-345.
- Singh SP and Urrea C (1995) Inter and intraracial hybridization and selection for seed yield in early generations of common bean, *Phaseolus vulgaris* L. **Euphytica** **81**: 131-137.