

# AVALIAÇÃO DO 'STAY GREEN' EM FAMÍLIAS SEGREGANTES DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.)

## Performance of common bean segregating families based on stay green

Sidney Lacerda Marcelino do Carmo<sup>1</sup>, João Bosco dos Santos<sup>2</sup>,  
Whilhelm Eigo Hagiwara<sup>3</sup>, Juliano Lino Ferreira<sup>4</sup>

### RESUMO

Vários programas de melhoramento genético de feijoeiro no Brasil visam obter cultivares com menor índice de acamamento, ou seja, com porte ereto. Um dos caracteres relacionados a este fenótipo é o 'stay green', que é a senescência tardia do caule e folhas em relação às vagens. Com intuito de verificar a eficiência da seleção direta sobre o fenótipo 'stay green', utilizou-se a descendência do cruzamento entre as cultivares Carioca MG (com 'stay green') e Carioca 300 Vagens (sem 'stay green'). O caráter foi avaliado em 89 famílias F<sub>2,3</sub> na safra da seca de 2000 e F<sub>2,4</sub> na safra de inverno 2000. Juntamente com as famílias, foram incluídos os dois genitores e nove cultivares em um experimento em látice 10 x 10, com duas repetições nas secas e três repetições no inverno. Foi utilizado um diagrama de notas para avaliação do 'stay green'. Verificou-se que a seleção direta foi pouco efetiva, especialmente quando realizada em uma época para se obter o ganho em outra, em razão da interação famílias x ambientes ser um complicador para obtenção de cultivares com esse fenótipo, como mostrou a herdabilidade realizada de 22,9%. A seleção baseada no comportamento médio das famílias foi mais eficiente.

**Termos para indexação:** Feijão, herdabilidade, porte ereto.

### ABSTRACT

Some common bean breeding programs in Brazil aim at obtaining upright cultivars. The stay green is one of the phenotypes responsible for that type of plant habit, and it means late senescence of stem and leaves in relation to the pods. Aiming at verifying the efficiency of selection for stay green, the cultivars Carioca MG (with stay green) and Carioca 300 Vagens (without stay green) were crossed, and derived 89 F<sub>2,3</sub> families that were evaluated in the dry season, and in the winter of year 2000. Besides the families, both parents and nine checks were included in the experiments using a 10 x 10 square lattice, with two replications in the dry season and three in the winter. The treatments were evaluated using a score diagram for stay green. Direct selection showed low efficiency due to the high families by environments interaction, since it was confirmed by the realized heritability of only 22.9%. Selection based on average family performance showed to be more effective.

**Index terms:** Common bean, heritability, upright plant type.

(Recebido em 20 de setembro de 2005 e aprovado em 11 de maio de 2006)

### INTRODUÇÃO

Atualmente nos programas de melhoramento do feijoeiro, têm-se buscado a obtenção de cultivares tão ou mais produtivas do que as que já se encontram no mercado, porém com um porte mais ereto. São vários os caracteres que se encontram associados com o porte mais ereto, dentre eles o fenótipo denominado 'stay green' (DUNCAN et al., 1981). Há consenso entre os melhoristas que o fenótipo 'stay green' é importante para assegurar plantas mais eretas, principalmente porque a senescência do caule é mais tardia, só ocorrendo após a maturação fisiológica das vagens.

O processo de senescência tardia do caule, 'stay green', é observado em algumas espécies de importância agrônômica como: milho, sorgo, girassol e feijão (DUVICK,

1992; GENCHEV, 1993; THOMAS & SMART, 1993; WALULU et al., 1994). É verificado em milho, sorgo e girassol que as cultivares com 'stay green' são mais resistentes ao acamamento e ao estresse hídrico, além de serem mais tolerantes a pragas e doenças (DUNCAN et al., 1981). No feijão há informações sobre o controle genético do 'stay green' que indicam um número pequeno de genes, embora o caráter possua elevada sensibilidade ao ambiente (AGUIAR et al., 2000). Entretanto, mais avaliações em populações segregantes são necessárias para julgar as possibilidades de sucesso com a seleção.

Deste modo, os objetivos deste trabalho foram: 1) Estimar os parâmetros genéticos e fenotípicos que permitem prever as chances de sucesso com a seleção; 2) verificar a existência e a natureza da interação famílias por ambientes.

<sup>1</sup>Mestre em Agronomia/Genética e Melhoramento de Plantas, Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx. P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – sidneylacerda@bol.com.br

<sup>2</sup>Professor Titular, Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras/UFLA – Cx.P. 3037 – 37200-000 – Lavras, MG – jbsantos@ufla.br

<sup>3</sup>PhD em Genética e Melhoramento de Plantas – Curitiba, PR – hagiwih@yahoo.com.br

<sup>4</sup>Doutorando em Genética e Melhoramento na Universidade Federal de Viçosa/UFV – Viçosa, MG – julianolf@yahoo.com.br

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na área experimental do Departamento de Biologia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no Sul de Minas Gerais (21°14' S, 45°00' W, 900 m de altitude), latossolo vermelho-escuro e clima CWb, de acordo com a classificação climática de Koppen.

Foram utilizadas 89 famílias, cada uma descendente de uma planta da geração  $F_2$  do cruzamento Carioca MG (com 'stay green') x Carioca 300 Vagens (sem 'stay green').

As 89 famílias  $F_{2,3}$  mais os genitores e 9 cultivares foram avaliadas durante o período da seca, em 2000 (semeadura em fevereiro). Utilizou-se o delineamento látice simples 10 x 10, sendo a parcela representada por uma linha de 1m com 15 plantas. No inverno de 2000 (semeadura em julho), os mesmos tratamentos foram avaliados na geração  $F_{2,4}$  em um látice triplo 10 x 10. A parcela foi representada por uma linha de 2 m com 30 plantas. Foram empregados os tratamentos culturais normais para a cultura do feijão, acrescidos da irrigação por aspersão sempre que necessário.

As famílias foram avaliadas para o fenótipo 'stay green' por meio de um diagrama de notas (1 a 5), segundo Aguiar et al. (2000). Nesse diagrama, a nota 1 refere-se à presença do 'stay green' em todas as plantas da parcela e a nota 5 à ausência em todas as plantas; já notas de 2 a 4 referem-se a proporções variáveis de plantas com e sem 'stay green'. Anotou-se também a produtividade de grãos em gramas por parcela.

Foram realizadas análises de variância individuais e conjunta, do caráter 'stay green', considerando todos os efeitos aleatórios nas análises individuais e somente o efeito fixo para gerações no caso da conjunta.

Foram estimadas as herdabilidade no sentido amplo e os ganhos com a seleção, a herdabilidade realizada e o ganho realizado, considerando as 10 famílias com menores notas para o 'stay green' selecionadas na geração  $F_{2,3}$  e avaliadas em  $F_{2,4}$  (RAMALHO et al., 1993). Foi também estimado o coeficiente de correlação genético e fenotípico entre o 'stay green' e a produção de grãos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises de variância individuais das famílias  $F_{2,3}$  e  $F_{2,4}$ , baseadas no caráter 'stay green' evidenciaram diferenças genéticas ( $P \leq 0,01$ ) entre as famílias (Tabela 1). Diante das indicações de sensibilidade do caráter ao ambiente (AGUIAR et al., 2000) é importante comentar sobre a precisão experimental, avaliada por meio do coeficiente de variação, que foi semelhante nas duas gerações (Tabela 1). Apesar de ter sido utilizada a média de

dois avaliadores, os valores de CV foram relativamente altos, semelhantes aos que têm sido obtidos para a produtividade de grãos em experimentos de campo. Embora tenha sido utilizado um diagrama com apenas cinco notas, o que aparentemente facilitaria a identificação dos diferentes fenótipos, a grande dificuldade decorre da influência do ambiente na expressão do caráter. Considerando esse fato, os experimentos foram conduzidos nos períodos de seca e inverno, quando se pode controlar a umidade por meio da irrigação. Na cultura do feijão na época das águas, geralmente ocorre excesso de chuvas e a sua distribuição é desuniforme, ocasionando maior irregularidade de expressão do 'stay green'. Entretanto, há que se considerar também que a irrigação, embora seja mais uniforme quanto à periodicidade e volume de água fornecido para o experimento, ainda ocorre irregularidade de distribuição dentro da área e pode ser uma das causas do aumento do erro experimental, como evidenciado pela alta eficiência do látice. Vale salientar, ainda, que a avaliação das famílias durante o período de inverno-primavera ( $F_{2,4}$ ), no Sul de Minas Gerais, foi provavelmente a mais eficiente, porque os genitores exibiram seus fenótipos como era esperado, isto é, com 'stay green' para o Carioca MG e sem 'stay green' para o Carioca 300 Vagens. Na época das secas, as notas médias dos genitores foram 3,99 para o Carioca MG e 4,01 para o Carioca 300 Vagens.

Com base nas médias ajustadas das famílias das duas gerações, processou-se a análise conjunta e verificou-se que os efeitos de famílias e interação famílias por gerações foram altamente significativos (Tabela 2). Especificamente a alta significância da interação indica que a magnitude de 'stay green' das famílias não foi coincidente nas duas gerações. Quando se decompôs a interação, constatou-se que 95,25% é de natureza complexa (Tabela 3).

Conforme mostrou Aguiar et al. (2000), provavelmente de um a cinco genes controlam o caráter. Poder-se-ia, então, atribuir a interação ao fato de se terem utilizado famílias de duas gerações diferentes ( $F_{2,3}$  e  $F_{2,4}$ ). Entretanto, principalmente se o controle genético do caráter é monogênico com dominância na expressão do fenótipo 'stay green', espera-se ter em  $F_{2,3}$  famílias com 'stay green', sem 'stay green' e famílias com 'stay green' segregantes, na proporção de 3 plantas com e uma sem 'stay green' em cada. Já em  $F_{2,4}$ , espera-se ter famílias também com 'stay green', sem 'stay green' e famílias com 'stay green' segregantes, na proporção de 5 plantas com e 3 sem 'stay green'. Portanto, o uso de gerações diferentes não deve ter contribuído para aumentar a interação, uma

vez que devem ser poucos os genótipos diferentes para o caráter e, certamente, não houve problema de amostragem de uma geração para a outra, mesmo utilizando parcelas pequenas. Além disso, o desempenho inconsistente dos genitores puros confirma a alta sensibilidade do caráter às variações ambientais, o que indica a maior dificuldade que o melhorista terá para seleção de famílias com maior 'stay green'.

Apesar de a interação ser principalmente do tipo complexa, ela representou cerca de 35,65% da variação genética entre famílias (Tabela 3). Por isso, as estimativas de herdabilidade podem ser consideradas altas (Tabela 4). Apenas em  $F_{2:3}$  ela foi de 58,2%, provavelmente devido ao erro experimental ligeiramente superior, em consequência da utilização do menor tamanho da parcela e apenas duas repetições.

**TABELA 1** – Resumo das análises de variância individuais do caráter 'stay green' avaliado nas famílias  $F_{2:3}$  e  $F_{2:4}$ , em Lavras 2000.

Fontes de variação	G.L.( $F_{2:3}$ )	QM( $F_{2:3}$ )	G.L.( $F_{2:4}$ )	QM( $F_{2:4}$ )
Repetição	1	-	2	-
Tratamentos	99	1,211 **	99	1,523 **
Famílias (F)	88	1,244 **	88	1,494 **
Genitores (G)	1	0,042	1	4,528 **
Cultivares (C)	8	1,105	8	1,744
F vs G	1	1,424 **	1	0,190
F vs C	1	0,060	1	0,672
Erro efetivo	81	0,52	171	0,398
CV (%)		25,25		22,83
Eficiência do látice		1,15		1,26

\*\*significativo em nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

**TABELA 2** – Resumo da análise de variância conjunta do caráter 'stay green' avaliado nas famílias  $F_{2:3}$  e  $F_{2:4}$ .

Fontes de variação	GL	QM
Geração (Ge)	1	-
Tratamentos (T)	99	1,8744 **
Famílias (F)	88	1,9579 **
Genitores (G)	1	1,821 *
Cultivares (C)	8	1,3392 **
F vs G	1	0,5064 ns
F vs C	8	0,1750 ns
T x G	99	0,7968 **
F x G	88	0,7296 **
G x Ge	1	1,7299 ns
C x Ge	8	1,381 **
F vs G x Ge	1	1,2346 ns
F vs C x Ge	1	0,7714 ns
Erro médio	252	0,4591
CV (%)		20,52

\*\*significativo em nível de 1% pelo teste F.

Esses resultados de herdabilidade indicam a possibilidade de sucesso com a seleção fenotípica. Entretanto, a natureza complexa da interação, reduz o sucesso com a seleção, quando ela é realizada em um ambiente para obter ganho em outro, como mostra a herdabilidade realizada de 22,3%. Como se nota, o ganho realizado em  $F_{2:4}$  a partir da seleção das 10 melhores famílias em  $F_{2:3}$  foi baixo, quando comparado com os ganhos estimados a partir dos parâmetros genéticos das duas gerações (Tabela 5). Em uma situação como esta, um critério de seleção mais eficiente é realizá-la com base no desempenho médio das famílias (TAKEDA et al., 1991). Assim, considerando a seleção das 10 melhores famílias com base na média das duas gerações, apenas quatro seriam ideais no período da secas e quatro no período de inverno-primavera e seis nos dois ambientes. Esse resultado é ligeiramente superior àquele proveniente da seleção nas “secas” para se ter ganho no inverno-primavera.

Considerando a dificuldade para selecionar o fenótipo ‘stay green’ e, por outro lado, a suposição de que cultivares com ‘stay green’ devem ser favoráveis, porque devem contribuir para que as plantas tenham porte mais ereto, é interessante avaliar a associação do caráter com produtividade de grãos. Os resultados de correlação, embora baixos, indicam que genótipos com maior ‘stay green’ (notas entre 1 e 2) realmente devem contribuir para a maior produtividade de grãos (Tabela 6), em acordo com a suposição de que eles propiciam um melhor enchimento de grãos por alongar o período fotossintético da planta.

O panorama que se observa é a importância da obtenção de cultivares com ‘stay green’ o que, à primeira vista, pode parecer fácil diante do controle genético monogênico ou oligogênico (AGUIAR et al., 2000). Entretanto, a sensibilidade do caráter aos fatores ambientais, gerando principalmente uma inversão na expressão dos fenótipos com e sem ‘stay green’ em diferentes ambientes, torna difícil o sucesso com a seleção direta.

**TABELA 3** – Estimativas das variâncias genética ( $\sigma^2_G$ ), fenotípica ( $\sigma^2_F$ ) e da interação famílias por ambientes ( $\sigma^2_{GE}$ ) com as respectivas partes simples e complexa.

Variâncias	$F_{2:3}$	$F_{2:4}$	Conjunta
$\sigma^2_G$	0,362	0,3653	0,3114
$\sigma^2_F$	0,622	0,498	0,4079
$\sigma^2_{GE}$	–	–	0,111
$\sigma^2_{GE}$ simples	–	–	0,005
$\sigma^2_{GE}$ complexa	–	–	0,1057

**TABELA 4** – Estimativas da herdabilidade no sentido amplo ( $h^2_a$ ) do caráter ‘stay green’, a partir dos dados das análises individuais e conjunta, e seus respectivos limites inferior (LI) e superior (LS).

Geração	$h^2_a$	LI	LS
$F_{2:3}$ (%)	58,20	35,89	72,85
$F_{2:4}$ (%)	73,35	61,18	81,32
Conjunta(%)	76,34	67,38	83,64

**TABELA 5** – Estimativas dos ganhos com a seleção considerando a média das 10 famílias de maior expressão do fenótipo ‘stay green’.

Estimativa	$F_{2:3}$	$F_{2:4}$	Conjunta
GS(%)	- 0,59(20,72%)	- 0,80(28,86%)	- 0,72(25,64%)
GS <sub>R</sub> (%)	-	- 0,23(8,45%)	-

**TABELA 6** – Estimativas de correlação fenotípica e genética entre a produção de grãos (g) e a nota de 'stay green' das famílias provenientes do cruzamento Carioca MG x Carioca 300 vagens, em duas épocas em Lavras.

Estimativa	F <sub>2;3</sub>	F <sub>2;4</sub>	Média
Correlação Fenotípica	- 0,29 **	- 0,21 ns	
Correlação Genética	- 0,40	- 0,22	- 0,50 **

\*\*significância em nível de 1% de probabilidade pelo teste t.

### CONCLUSÃO

A maior parte da variação para o caráter 'stay green' é genética. Entretanto, a ocorrência de interação quase somente do tipo complexa indica que o sucesso com a seleção é maior com base no desempenho médio das famílias em mais de um ambiente.

### AGRADECIMENTOS

À CAPES, pela bolsa concedida ao primeiro autor e à FAPEMIG, pelo apoio financeiro.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, A. M.; RAMALHO, M. A. P.; MARQUES JÚNIOR, O. G. Controle genético do stay green no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista CERES**, Viçosa, v. 47, n. 270, p. 155-167, 2000.

DUNCAN, R. R.; BOCKHOLT, A. J.; MILLER, F. R. Descriptive comparison of senescent and nonsenescent sorghum genotypes. **Agronomy Journal**, Madison, v. 73, n. 5, p. 849-853, 1981.

DUVICK, D. N. Genetic contributions to advances in yield of U.S maize. **Maydica**, Bergamo, v. 37, p. 69-79, 1992.

GENCHEV, D. Asynchronously ripening of stem and pods of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 36, p. 87-88, 1993.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos; ZIMMERMANN, M. J. de O. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: UFG, 1993. 269 p.

TAKEDA, C.; SANTOS, J. B. dos; RAMALHO, M. A. P. Progeny test for the "ESAL 501" x "A354" common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) hybrid at different locations. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 14, n. 3, p. 771-780, 1991.

THOMAS, H.; SMART, C. M. Crops that stay green. **Annals Applied of Biology**, Warwick, v. 123, n. 1, p. 193-219, 1993.

WALULU, R. S.; ROSENOW, D. T.; WERTER, D. B.; NGUYEN, H. T. Inheritance of the stay green trait in sorghum. **Crop Science**, Madison, v. 34, n. 4, p. 970-972, 1994.