

Análise dialélica da capacidade combinatória em feijão-de-vagem

Marlon P. da Silva¹; Antônio T. Amaral Júnior¹; Rosana Rodrigues¹; Rogério F. Daher¹; Nilton R. Leal¹; Adilson Ricken Schuelter²

¹UENF, CCTA, Av. Alberto Lamego 2000, Parque Califórnia, 28013-600 Campos dos Goytacazes-RJ; E-mail: amaraljr@uenf.br;

²Universidade Paranaense, Campus Toledo, Toledo-PR.

RESUMO

Cinco acessos de feijão-de-vagem (UENF 1429, UENF 1432, UENF 1442, UENF 1445 e UENF 1448), e combinações híbridas F_1 , foram analisados quanto à capacidade geral e específica de combinação no delineamento em blocos ao acaso com quinze repetições. Decorrente da perda de parcelas utilizou-se o modelo de Griffing (1956) para dados desbalanceados, conforme proposto por Martins Filho *et al.* (1992). Os valores dos quadrados médios para capacidade geral de combinação foram altamente significativos, em 1% de probabilidade, pelo teste F, para todas as características avaliadas. Por sua vez, para capacidade específica de combinação as características número médio de sementes por vagem (NS) e altura média da inserção da primeira vagem (APV) não exibiram significância. Com base nos resultados de g_p , os acessos UENF 1429, UENF 1442 e UENF 1445 são indicados como os mais promissores para uso 'per se'. Com relação aos híbridos, as combinações UENF 1429 x UENF 1432, UENF 1429 x UENF 1445, UENF 1432 x UENF 1445 e UENF 1445 x UENF 1448 têm potencial para geração de genótipos superiores.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris* L., produção de vagens, capacidade geral de combinação, capacidade específica de combinação.

ABSTRACT

Diallel analysis of combining ability in snap bean

Five accessions of snap bean (UENF 1429, UENF 1432, UENF 1442, UENF 1445 and UENF 1448) and their diallelic F_1 hybrids were evaluated for general and specific combining ability in randomized complete block design with fifteen replications. Due to variation caused by the loss of plots, the Griffing's Methodology (1956) for unbalanced diallel was used, according to Martins Filho *et al.* (1992). Mean square values of the general combining ability were highly significant, at 1% of probability, for the F test, for all evaluated traits. For specific combining ability of mean number of seeds per pod and mean insertion of the first pod were not significant. Based on the g_p results, the accessions UENF 1429, UENF 1442 and UENF 1445 were indicated for using 'per se'. The hybrids UENF 1429 x UENF 1432, UENF 1429 x UENF 1445, UENF 1432 x UENF 1445 and UENF 1445 x UENF 1448 have potential to obtain superior genotypes.

Keywords: *Phaseolus vulgaris* L., pod yield, general combining ability, specific combining ability.

(Recebido para publicação em 21 de março de 2003 e aceito em 20 de março de 2004)

O feijão-de-vagem constitui fonte de fibra, com apreciável quantidade de vitaminas B1 e B2, além de possuir, em pequenas quantidades, flúor, potássio, cálcio, ferro e vitaminas A e C, além de proteínas para a nutrição humana (Maluf *et al.*, 2002; Santos *et al.*, 2002). Dados recentes apresentados pela Embrapa (Santos *et al.*, 2002), indicam que o feijão-de-vagem contém razoável quantidade de proteína, sendo, portanto, alimento adequado para satisfazer às necessidades alimentares básicas da população.

Entretanto, o mercado de feijão tem sido afetado pela mudança de hábitos alimentares da população, sendo observado, nos últimos anos, que as magnitudes de produção de milho, arroz e trigo acompanharam o aumento da população brasileira ao passo que a produção de feijão foi estacionária, com cerca de 2,2 milhões de toneladas por ano (Vieira, 1988). Esse é um indício de que o brasileiro está, possivelmente, substituindo as proteínas de origem vegetal

por origem animal, ao menos nos grandes centros urbanos, o que poderá causar prejuízo aos pequenos produtores, principalmente para aqueles que não utilizam tecnologia avançada (Santos e Braga, 1998). Sendo assim, caso a produção de feijão não corresponda ao incremento da produção de alimentos, para atender o crescimento populacional, a qualidade da alimentação dos brasileiros, dependentes da proteína de origem vegetal, será gravemente afetada.

Para tanto, há necessidade de investimentos em programas de melhoramento que possam contribuir com a geração de genótipos superiores, maximizando os retornos econômicos aos agricultores. Neste aspecto, a ampliação da base genética da espécie, por meio de hibridações, é alternativa viável, principalmente em autógamas, em que a diversidade intrapopulacional é inexpressiva, devido ao inerente sistema de autofecundação (Costa e Zimmermann, 1988).

A diversidade genética de feijões-de-vagem de hábito indeterminado do Banco de Germoplasma da UENF foi avaliada por Abreu, em 2001, por meio de procedimentos multivariados e concluiu-se pela existência de suficiente variabilidade entre os acessos. Isso posto, julgou-se oportuno o desenvolvimento desse trabalho, que teve como objetivo utilizar cinco acessos do Banco de Germoplasma com destacada divergência genética e estudar a capacidade de combinação, com o propósito final de identificar progenitores e combinações promissoras para iniciar um programa de melhoramento com a espécie para a região Norte Fluminense.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados cinco acessos de feijão-de-vagem (UENF 1429, UENF 1432, UENF 1442, UENF 1445 e UENF 1448), identificados com base na sua divergência genética, quantificada por Abreu (2001), e seus 10 híbridos F_1 sem inclusão de recíprocos.

Tabela 1. Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (g_c), para cinco características avaliadas em cinco acessos de feijão-de-vagem. Campos dos Goytacazes, UENF, 2000/2002.

Acessos	Características avaliadas ^{1/}				
	NMV	PMV	NS	APV	CV
UENF 1429	0,7729	-0,4839	7,2064	3,5576	-0,4972
UENF 1432	-1,2885	-0,3442	-5,5595	1,1767	-0,5272
UENF 1442	-0,9107	1,8821	-1,0371	5,5540	2,6103
UENF 1445	-2,6323	1,9804	3,3691	-0,2284	1,9666
UENF 1448	3,8658	-2,8967	-3,1957	-9,5536	-3,4072

^{1/}nmv = número médio de vagens por planta; PMV = peso médio de vagens por planta; NS = número médio de sementes por vagem; APV = altura média da inserção da primeira vagem; CV = comprimento médio da vagem

Para a realização dos cruzamentos, foram efetuadas quatro sementeiras, sendo que as duas primeiras ocorreram em maio de 2001, com o período de cruzamentos tendo ocorrido entre junho e julho de 2001, totalizando 581 cruzamentos. As outras duas sementeiras foram realizadas nos meses de julho e agosto de 2001, sendo os cruzamentos efetuados entre setembro e outubro de 2001, perfazendo um total de 528 cruzamentos. Na realização dos cruzamentos, os acessos UENF 1429, UENF 1432, UENF 1442 e UENF 1445 participaram como doadores de pólen, e os acessos UENF 1432, UENF 1442, UENF 1445 e UENF 1448, como receptores de pólen. Em todos os cultivos, o acesso UENF 1448, por ser precoce, foi semeado uma semana após os demais genitores. A sementeira foi realizada em julho de 2002, avaliando-se 15 plantas de cada genitor e F₁, em casa de vegetação localizada na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), em vasos plásticos com volume de 5,0 dm³ de substrato, contendo 40% de solo, 40% de esterco bovino e 20% de areia; cada vaso contendo uma planta.

Na análise estatística, identificados os blocos em que os pretensos híbridos eram de fato autofecundações dos genitores, com base em marcadores RAPD, procedeu-se à análise de variância para blocos incompletos, utilizando os recursos computacionais do programa SAS (1985).

Na análise dialélica empregou-se o Modelo de Griffing (1956) para dados desbalanceados, utilizando o procedimento proposto por Martins Filho *et al.*

(1992), por meio dos recursos computacionais do programa GENES (Cruz, 2001). Para tanto foram utilizadas as médias reais de cada parental e das combinações dialélicas

Foram avaliados: a) número médio de vagens por planta (NMV), obtido pela razão entre o total de vagens, por tratamento, de todos os blocos em relação ao número de repetições; b) peso médio de vagens por planta (PMV), expresso em g, obtido pela relação entre o peso das vagens de todas as plantas de cada tratamento, em todos os blocos, e o número total de repetições; c) número médio de sementes por vagem (NS), obtido pela contagem do número de sementes em uma amostra de dez vagens por planta, para cada tratamento, em relação ao número de repetições do experimento; d) altura média da inserção da primeira vagem (APV), expressa em cm, obtida pela medição da distância do colo até a inserção da primeira vagem, de todas as plantas de cada tratamento, relativo ao número total de repetições do experimento; e e) comprimento médio da vagem (CV), expresso em cm, obtido pela quantificação do comprimento longitudinal de uma amostra de dez vagens por planta, de todas as plantas de cada tratamento, em relação ao número de repetições.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a totalidade das características avaliadas foram registradas diferenças significativas em 1% de probabilidade, o que pressupõe a existência de diferenças genéticas entre os acessos utilizados nos cruzamentos dialélicos, o que é

alento quanto à possibilidade de ganhos genéticos no desenvolvimento de futuros trabalhos de melhoramento genético com as populações.

O coeficiente de variação experimental variou de 6,08% para CV a 51,79%, para APV. Embora apenas as características NMV e APV tenham revelado magnitudes percentuais de CV elevadas (Pimentel-Gomes e Garcia, 2002), provavelmente, isso decorreu da unidade experimental ter sido a 'planta', a despeito do experimento ser realizado em blocos em casa de vegetação.

Os valores dos quadrados médios para capacidade geral de combinação foram altamente significativos, em nível de 1% de probabilidade, pelo teste F, para todas as características em questão. No entanto, para capacidade específica de combinação, as características NS e APV não exibiram significância. As significâncias registradas na grande maioria das características indicam a existência de variabilidade, resultante da ação de efeitos gênicos aditivos e não-aditivos, denotando a possibilidade de obtenção de novas cultivares fixadas ou híbridos.

É importante destacar que trabalhos com análise dialélica em feijão-de-vagem são raros, havendo, dentre os poucos estudos, divergência quanto aos resultados obtidos. Rodrigues *et al.* (1998), por exemplo, na análise dos efeitos gênicos atuantes em dialélico envolvendo cinco genitores de hábito determinado, detectaram que os efeitos de dominância foram preponderantes para altura de planta. Por sua vez, Leal *et al.* (1979), utilizaram a potencialidade do dialélico parcial em feijão-de-vagem, para

Tabela 2. Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (s_{ij}), para cinco características avaliadas em feijão-de-vagem. Campos dos Goytacazes, UENF, 2000/2002.

Efeitos (s_{ij}) ^{1/}	Características avaliadas ²				
	NMV	PMV	NS	APV	CV
1X1	-2,7482	-0,4758	-4,0748	-0,5995	-0,8176
1X2	1,1557	0,2218	4,8124	6,0530	-0,4326
1X3	1,3356	-0,0278	0,5688	-2,9492	0,2601
1X4	4,4794	0,3956	6,0958	2,6401	1,4567
1X5	0,6256	0,5794	0,3941	-1,8748	0,8184
2X2	0,3748	-0,8116	-2,2762	-3,4689	-0,4862
2X3	1,7304	0,1406	0,0015	2,5451	0,0414
2X4	-0,0813	0,6248	-0,2048	3,5010	0,6372
2X5	-3,2462	0,6952	1,2276	-3,5472	0,6111
3X3	-1,7140	1,0160	3,0124	4,5477	0,7858
3X4	-5,5719	-0,0042	-1,0196	-5,9948	-0,0383
3X5	5,5617	-2,2941	-6,1195	-3,7455	-1,9715
4X4	-0,9375	0,3855	-3,5335	2,3395	-0,2700
4X5	4,0977	-1,6295	4,4980	-4,5686	-0,9381
5X5	-3,3340	1,2480	-0,2037	6,7432	0,6744

^{1/}(1) UENF 1429; (2) UENF 1432; (3) UENF 1442; (4) UENF 1445; (5) UENF 1448; ^{2/} NMV = número médio de vagens por planta; PMV = peso médio de vagens por planta; NS = número médio de sementes por vagem; APV = altura média da inserção da primeira vagem; CV = comprimento médio da vagem.

investigar os efeitos gênicos sobre características de produção, pela comparação entre a performance de gerações F_5 e F_6 , em relação a F_1 e F_2 , tendo concluído que a aditividade, e também a epistasia, foram predominantes, apesar de haver sido detectadas diferenças entre os genitores dependendo da característica e do ano avaliado. Não obstante, Carvalho *et al.* (1999), no intuito de avaliar os efeitos gênicos atuantes em oito caracteres agrônômicos, utilizaram as cultivares Alessa, Andra, Cota e Cascade, como progenitores em esquema de cruzamento dialélico sem a inclusão de recíprocos. Constatou-se a ocorrência de significância em todas as características para capacidade específica de combinação, indicando o envolvimento de efeito epistático e, ou de dominância no controle gênico.

Na Tabela 1 encontram-se as estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (g_i) de cada acesso para todas as características avaliadas. Verificou-se que para a característica NMV, somente os acessos UENF 1429 e UENF 1448 acusaram valores positivos de g_i , o que permite antever que, nos cruza-

mentos em que estes dois genitores participarem, haverá contribuição para o aumento do número médio de vagens. Por outro lado, o genitor UENF 1445, por apresentar alto valor negativo de g_i , tende a contribuir indesejavelmente para aumentos em NMV, quando em combinações híbridas.

Para a característica PMV, obtiveram-se valores positivos de g_i entre os acessos UENF 1445 e UENF 1442, respectivamente, 1,9804 e 1,8821, o que permite a indicação destes em cruzamentos com o objetivo de obter segregantes e linhas puras que promovam o aumento do peso médio de vagens. Porém, os acessos UENF 1448, UENF 1429 e UENF 1432, por revelarem valores negativos de g_i , são indesejáveis para proporcionar aumentos no peso médio de vagens.

No que se refere à característica NS, detecta-se que os acessos UENF 1429 e UENF 1445, apresentaram valores positivos de g_i , sendo, respectivamente, 7,2064 e 3,3691; portanto, estes genitores tendem a proporcionar híbridos e, conseqüentemente, linhagens com maior número de sementes por vagem,

contudo, os genitores UENF 1432, UENF 1448 e UENF 1442, contribuiriam para a redução na magnitude da característica, devido aos valores de g_i serem negativos.

Considerando a característica APV, os acessos UENF 1429, UENF 1432 e UENF 1442 expressaram valores de g_i positivos, por conseguinte, tendem a contribuir para aumentar a altura de inserção da primeira vagem em indivíduos provenientes de hibridações. De outro modo, apresentaram-se os genitores UENF 1448 e UENF 1445, que tendem a contribuir para a redução na altura de inserção da primeira vagem em programas envolvendo hibridações.

Os acessos UENF 1448, UENF 1432 e UENF 1429, revelaram valores negativos de g_i , contribuindo para redução do comprimento de vagens nos híbridos provenientes de seus cruzamentos. Ao contrário, os genitores UENF 1442 e UENF 1445 revelaram valores positivos de g_i para a característica CV, portanto, nos programas que têm por objetivo aumentar o comprimento de vagens, tais acessos contribuirão favoravelmente.

Em decorrência dos resultados,

pode-se concluir que os acessos UENF 1429, UENF 1445 e UENF 1442 representam os genitores indicados aos programas de melhoramento que visam à obtenção de híbridos para a seleção de linhagens superiores em gerações avançadas, destacando-se dos demais acessos quanto à característica peso médio de vagens, sendo que o primeiro ainda destacou-se para número médio de vagens, número médio de sementes por vagem e altura média de inserção da primeira vagem; os dois últimos revelaram importância para peso e comprimento médios de vagens.

Com relação à discriminação híbrida, Cruz e Regazzi (2001) preconizam que as melhores combinações devem ser aquelas com maior s_{ij} , cujos genitores apresentem alta CGC. Para NMV, as combinações que se destacaram foram, respectivamente, 3x5 (5,5617), 1x4 (4,4794) e 4x5 (4,0977) conforme Tabela 2, o que demonstra que os acessos UENF 1429 e UENF1448, destacados pelos valores positivos de g_i (Tabela 1), realmente podem gerar indivíduos superiores para número médio de vagens, vez que, pelo menos um dos acessos participa das combinações identificadas como superiores. Entretanto, a combinação entre ambos os acessos revelou reduzido valor de s_{ij} (Tabela 2). Cruz e Vencovsky (1989), comparando alguns métodos de análise dialélica, revelaram o fato de que nem sempre dois genitores de alta capacidade geral, quando cruzados, originam o melhor híbrido do dialelo.

Com relação ao peso médio de vagens, as melhores combinações, de acordo com a Tabela 2, com valores positivos de s_{ij} foram 1x5 (0,5794), 2x4 (0,6248), 2x5 (0,6952) e 1x4 (0,3956). Somente os acessos UENF 1442 e UENF 1445 apresentaram valores positivos de g_i (Tabela 1), demonstrando que o desempenho dos híbridos foi melhor em relação ao esperado com base na CGC dos genitores.

As combinações 1x2 (4,8124), 1x4 (6,0958) e 4x5 (4,4980) apresentaram-se superiores em relação às demais, para a característica NS (Tabela 2). Os acces-

os que apresentaram valores positivos de g_i (Tabela 1) foram UENF 1429 e UENF 1445, indicando que os híbridos F_1 contiveram valores esperados com base na CGC dos genitores.

As combinações 1x2 (6,0530), 1x4 (2,6401), 2x3 (2,5451) e 2x4 (3,5010) destacaram-se para a característica APV (Tabela 2). Os acessos UENF 1429, UENF 1432 e UENF 1442 revelaram valores positivos da CGC para a característica APV (Tabela 1). Por outro lado, foi observado que para a combinação 1x3 (-2,9492), Tabela 2, os genitores não demonstraram satisfatório efeito de complementação gênica.

Ainda pela Tabela 2, para a característica CV, as combinações que expressaram as maiores estimativas positivas de CEC foram: 1x4 (1,4567), 1x5 (0,8184), 2x4 (0,6372) e 2x5 (0,6111), sendo, pois, de interesse para incrementos no comprimento da vagem.

Analisando-se em conjunto as características avaliadas, conclui-se que as combinações 1x2 (UENF 1429 x UENF 1432), 1x4 (UENF 1429 x UENF 1445) 2x4 (UENF 1432 x UENF 1445) e 4x5 (UENF 1445 x UENF 1448) têm alto potencial para geração de materiais superiores.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a UENF/FAPERJ pela bolsa de mestrado concedida a Marlon Peres da Silva; à Técnica Agrícola do Setor de Melhoramento de Plantas do Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal da UENF, Elizabeth Frota Morenz, pelo auxílio na realização dos cruzamentos; e ao Prof. Derly José Henriques da Silva, da UFV, pela cessão dos acessos utilizados nesse trabalho.

LITERATURA CITADA

ABREU, F.B. *Aplicação de técnicas de análise multivariada em acessos de feijão-de-vagem (Phaseolus vulgaris L.) de crescimento indeterminado do banco de germoplasma da UENF*. 2001. 69 p. (Tese mestrado), UENF, Campos dos Goytacazes.
CARVALHO, A.C.P.P.; LEAL, N.R.;

RODRIGUES, R.; COSTA, F.A. Capacidade de combinação para oito caracteres agrônômicos em cultivares rasteiras de feijão-de-vagem. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.17, n.2, p.102-105, 1999.

COSTA, J.G.; ZIMMERMANN, M.J.O. Melhoramento genético do Feijoeiro. In: ZIMMERMANN, M.J.O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.) *Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: POTAFOS, 1988. p.229-248.

CRUZ, C.D. *Programa genes: aplicativo computacional em genética e estatística*. Viçosa: Editora UFV, 2001. 394 p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa: Editora UFV, 2001. 390 p.

CRUZ, C.D.; VENCOVSKY, R. (1989) Comparação de alguns métodos de análise dialélica. *Revista Brasileira de Genética*, v.12, n.2, p.425-438.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal Biological Science*. v.9, p.463-493. 1956.

LEAL, N.R.; HAMAD, I.; BLISS, F. Combining ability estimates for snap bean traits using early and advanced generations. *HortScience*. v.14, n.3, p.405-405, 1979.

MALUF, W.R.; BARBOSA, M.L.; RESENDE, M.R.R.; COSTA, H.S.C. A Cultura do feijão de vagem. Disponível em: <<http://www2.ufla.br/~wrmaluf/bth065/bth065.html>>. Acesso em: 08 nov. 2002.

MARTINS FILHO, S.; CRUZ, C.D.; SEDIYAMA, C.S. (1992) Analysis of Unbalanced Diallel Crosses. *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, v.15, n.4, p.853-869.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C.H. Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais – Exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. *Biblioteca de ciências agrárias Luiz de Queiroz*. Piracicaba: FEALQ, 2002. v.1, 309 p.

RODRIGUES, R.; LEAL, N.R.; PEREIRA, M.G. Análise dialélica de seis características agrônômicas em *Phaseolus vulgaris* L. *Bragantia*, Campinas, v.57, n.2, p.241-250. 1998.

SANTOS, M.L.; BRAGA, M.J. Feijão: aspectos econômicos. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J.; BORÉM, A. (Ed.) *Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas Gerais*. Viçosa: Editora UFV, 1998. p.19-53.

SANTOS, F.F.; MATOS, M.J.L.F.; MELO, M.F.; LANA, M.M.; LUENGO, R.F.A.; TAVARES, S.A. Feijão-de-vagem. Disponível em: <<http://www.emater.df.gov.br/ecndicasind.html#>>. Acesso em: 06 ago. 2002.

SAS Institute Inc. 1985. SAS user's guide: statistics. 5. ed. NC Cary. 958 p.

VIEIRA, C. Perspectiva da cultura do feijão e de outras leguminosas de grãos no país e no mundo. In: ZIMMERMANN, M.J.O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.) *Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: POTAFOS, 1988. p.02-19.