

ESTIMATIVAS DOS EFEITOS DOS TEORES DE PROTEÍNA E ZINCO, TEMPO DE COCÇÃO, TAMANHO DO GRÃO E PRODUÇÃO DE GRÃOS SOBRE O TEOR DE FERRO EM FEIJÃO-CAUPI

Jeane de Oliveira Moura⁽¹⁾, Maurisrael de Moura Rocha⁽²⁾, Regina Lúcia Ferreira Gomes⁽²⁾, Kaesel Jackson Damasceno e Silva⁽³⁾, Francisco Rodrigues Freire Filho⁽³⁾, Luis José Duarte Franco⁽⁴⁾, Lígia Renata Almeida da Silva⁽⁵⁾ e Jackeline dos Santos Carvalho⁽⁵⁾

⁽¹⁾Mestranda do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Piauí-UFPI, Teresina, PI, jeaneprofessora@hotmail.com; ⁽²⁾Professora do Departamento de Fitotecnia da UFPI, Teresina, PI, rlfgomes@ufpi.edu.br; ⁽³⁾Pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI, mmrocha@cpamn.embrapa.br, kaesel@cpamn.embrapa.br, freire@cpamn.embrapa.br; ⁽⁴⁾Analista da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI, duarte@cpamn.embrapa.br; ⁽⁵⁾Graduanda do Curso de Agronomia da UFPI, Teresina, PI, lg_renata@hotmail.com, jackeline.s.carvalho@bol.com.br

Resumo – O feijão-caupi é uma leguminosa que apresenta alto potencial para o desenvolvimento de cultivares com boas características nutricionais, culinária e agrônomicas. O conhecimento das associações entre esses caracteres é de suma importância para a escolha da melhor estratégia de seleção. O objetivo desse trabalho foi estimar os efeitos, direto e indireto, de caracteres nutricionais, culinários e agrônomicos sobre o teor de ferro em populações de feijão-caupi. Foram realizados cruzamentos entre os genótipos parentais BRS Xiquexique, IT-98K-205-8 e IT-97K-1042-3, incluindo os seus recíprocos e retrocruzamentos das gerações F₁ com o parental BRS Xiquexique. As gerações F₁, resultantes dos cruzamentos e dos retrocruzamentos, foram avançadas para a geração F₂ e F₃. Os genótipos parentais e as populações segregantes foram avaliados no campo experimental da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI, no ano de 2010. O experimento foi delineado em blocos ao acaso, com onze tratamentos e quatro repetições. Foram mensurados os seguintes caracteres: tamanho do grão (P100G), produção de grãos (PG), tempo de cocção (TC), teor de proteína (TP), teor de ferro (TFe) e teor de zinco (TZn). Os efeitos direto e indireto dos caracteres PG, P100G, TP e TZn sobre o caráter TFe foram avaliados por meio da análise de trilha. O TP e o TZn foram os caracteres que apresentaram maior efeito direto e positivo sobre o TFe. É possível a obtenção de ganhos simultâneos via seleção para os teores de proteína, ferro e zinco e tempo de cocção. Contudo, a seleção direta do tamanho e produção de grãos não representa uma boa estratégia para biofortificação do teor de ferro nas populações de feijão-caupi estudadas.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*, análise de trilha, biofortificação

Abstract – Cowpea is a leguminous that presents high potential for developing cultivars with good nutritional, culinary, and agronomic characteristics. The knowledge of the relationships between these traits is very important to choose the best selection strategy. The aim of this work was to estimate the direct and indirect effects of nutritional, culinary and agronomic characteristics on iron content in cowpea populations. Crosses were done between parents BRS Xiquexique, IT-98K-205-8 and IT-97K-1042-3, including its reciprocal, and backcrossing the F₁ with the parental BRS Xiquexique. The F₁ generation resulting from crosses and backcrosses were advanced to F₂ and F₃. Parents and segregating populations were evaluated at Embrapa Mid-North, Teresina, Piauí, in 2010. The experiment was designed in a randomized block with eleven treatments and four replications. The following traits were measured: grain size (P100G), grain yield (PG), cooking time (TC), protein content (TP), iron content (TFe), and zinc content (TZn). TP and TC were traits that presented more direct and positive effect on the TFe. It is possible to obtain simultaneously genetic gain by selection for TP, TFe and TZn.

However, the direct selection of the size and grain yield not is a good strategy for biofortification of the iron content in cowpea populations studied.

Keywords: *Vigna unguiculata*, path analysis, biofortification

Introdução

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) é uma excelente fonte nutricional e representa alimento básico para as populações de baixa renda do nordeste brasileiro (RIBEIRO, 2002). Para o desenvolvimento de cultivares com boas características nutricionais, culinárias e agronômicas, é preciso conhecer as associações entre esses caracteres.

A análise de trilha é um artifício que o melhorista dispõe para entender as causas envolvidas nas associações entre caracteres e para decompor a correlação existente em efeitos diretos e indiretos, por meios de uma variável principal e variáveis explicativas (KUREK et al., 2001).

Vários estudos de análise de trilha em feijão-caupi têm mostrado que maior efeito direto sobre a produtividade de grãos (PG) tem sido proporcionado pelo caráter tamanho do grão (P100G) (DIAS, 2009; LESLY, 2005; SOUZA, 2005). Kumari et al. (2010) observou efeito direto negativo do P100G sobre a PG. Dias (2009) verificou que maior efeito negativo sobre a PG foi proporcionado pelo COMPV.

Efeito direto positivo do caráter número de dias para o início da floração (NDIF) sobre a PG também tem sido observado em alguns estudos em feijão-caupi (KUMARI et al., 2010; LESLY, 2005). Outros estudos mostraram que o número de vagens por planta foi o caráter mais influente na PG em feijão-caupi (KURER, 2007; SOUZA, 2005; UDOM et al., 2006). Udom et al. (2006) e Dias (2009) encontraram contribuição direta do número de grãos por vagem na PG, enquanto Kumari et al. (2010) encontraram efeitos diretos negativos.

Estudando um grupo de genótipos de feijão-caupi de tegumento verde, Andrade (2010) observou que a produtividade de vagens verdes e o teor de proteína foram, respectivamente, os componentes agronômicos e nutricionais que mais influenciaram a produtividade de grãos verdes.

Este trabalho teve como objetivo estimar os efeitos, direto e indireto, dos caracteres teor de proteína, teor de zinco, tempo de cocção, tamanho do grão e produção de grãos sobre o teor de ferro em populações de feijão-caupi, por meio da análise de trilha.

Material e Métodos

Foram utilizados nesse estudo, como parentais, os genótipos: BRS Xiquexique (P_1), cultivar rica em Fe e Zn, procedente do Programa de Melhoramento da Embrapa Meio-Norte; IT-98K-205-8 (P_2), linhagem rica em Fe; e IT-97K-1042-3 (P_3), linhagem rica em zinco, ambas provenientes do International Institute of Tropical Agriculture (IITA), em Ibadan, Nigéria.

Os cruzamentos entre os genótipos parentais (P_1 , P_2 e P_3), incluindo os recíprocos, foram realizados em condições de telado na Embrapa Meio-Norte, durante o segundo semestre de 2009. Foram realizados quatro cruzamentos: C_1 - BRS Xiquexique x IT-98K-205-8, C_2 - IT-98K-205-8 x BRS Xiquexique, C_3 - BRS Xiquexique x IT-97K-1042-3, e C_4 - IT-97K-1042-3 x BRS Xiquexique; quatro retrocruzamentos, utilizando a BRS Xiquexique como parental feminino, sendo obtidas as gerações F_1 , F_2 e F_3 .

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos completos casualizados, com quatro repetições. A parcela experimental teve as dimensões de 3,2 m x 5,0 m e constou de quatro fileiras de 5,0 m de comprimento, tendo como área útil as duas fileiras centrais. Adotou-se o espaçamento de 0,80 m entre fileiras e de 0,25 m entre covas dentro da fileira, o que resultou em 20 covas por fileira.

Foram avaliados os caracteres agrônômicos tamanho do grão (P100G) e produção de grãos (PG); os caracteres nutricionais teor de proteína (TP), teor de ferro (TFe) e teor de zinco (TZn); e o caráter culinário tempo de cocção (TC). As análises para determinação dos caracteres nutricionais foram realizadas no Laboratório CAMPO, em Paracatu – MG. As amostras de grãos de cada população foram lavadas em água destilada e secas em estufa a 65 °C. Posteriormente cada amostra foi triturada em moinho de bolas de zircônio. O TP foi determinado pelo método de Kjeldahl (ASSOCIATION..., 1990) e os TFe e TZn, por meio de digestão nítrica-perclórica e leitura em espectrofotômetro de absorção atômica, segundo Sarruge e Haag (1974). O TC foi determinado por meio do cozedor de Mattson, em quatro amostras de 25 grãos/população.

Foram estimados os efeitos direto e indireto dos caracteres TP, TZn, TC, P100G e PG (variáveis explicativas) sobre o TFe (variável básica) em populações de feijão-caupi, por meio da análise de trilha.

Todas as análises foram realizadas por meio do programa GENES (CRUZ, 2006).

Resultados e Discussão

As estimativas dos coeficientes de correlações do TFe com os caracteres TP, TZn, TC, P100G e PG apresentaram de média a baixa magnitude, sendo a correlação entre o TFe com os caracteres TP, TZn e P100G positivas, e com o TC e PG, negativas. (Tabela 1). Os resultados indicam que a seleção para aumento do TFe pode trazer ganhos para o TP e TZn, e redução para TC, um aspecto desejável pelo consumidor. Resultados semelhantes de correlação entre o TZn e TFe foram obtidos por Rocha et al. (2009).

Tabela 1. Estimativas dos efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas teor de proteína (TP), teor de zinco (TZn), tempo de cocção (TC), tamanho do grão (P100G) e produção de grãos (PG)¹ sobre a variável básica teor de ferro (TFe), obtidas a partir da avaliação de 11 populações de feijão-caupi. Teresina, PI, 2010.

Variáveis	Efeito direto	Efeito Indireto	Correlação
TP			
Efeito Direto sobre TFe	0,4825		
Efeito Indireto TZn		0,1092	
Efeito Indireto TC		-0,0952	
Efeito Indireto PG		0,0239	
Efeito Indireto P100G		-0,0013	
Total			0,5191
TZn			
Efeito Direto sobre TFe	0,3656		
Efeito Indireto TP		0,1441	
Efeito Indireto TC		0,0275	
Efeito Indireto PG		0,0015	
Efeito Indireto P100G		-0,0052	
Total			0,5334
TC			
Efeito Direto sobre TFe	0,1503		
Efeito Indireto TZn		0,0669	
Efeito Indireto TP		-0,3054	
Efeito Indireto PG		-0,0266	

Continua...

Tabela 1. Continuação.

Variáveis	Efeito direto	Efeito Indireto	Correlação
Efeito Indireto P100G		-0,0001	
Total			-0,1149
P100G			
Efeito Direto sobre TFe	-0,0241		
Efeito Indireto Zn		0,0794	
Efeito Indireto TP		0,0269	
Efeito Indireto TC		0,0002	
Efeito Indireto PG		-0,0150	
Total			0,0674
PG			
Efeito Direto sobre TFe	-0,0369		
Efeito Indireto TZn		-0,0145	
Efeito Indireto TP		-0,3126	
Efeito Indireto TC		0,1084	
Efeito Indireto P100G		-0,0098	
Total			-0,2654

O TP foi o caráter que apresentou maior efeito direto e positivo sobre o TFe (Tabela 1). Isso evidencia que ganhos podem ser obtidos para o TFe via seleção direta do TP. Observa-se que os efeitos indiretos sobre o TFe foram negativos, via TC e o P100G, contribuindo para reduzir a correlação entre TP e TFe. Assim, a seleção para o aumento do TFe via seleção indireta do TC e do P100G não será eficiente.

O TZn, segundo caráter com maior influência sobre o TFe (Tabela 1), pode ser utilizado na seleção direta visando ganhos para o TFe. Velu et al. (2008), estudando a correlação entre os TFe e TZn nos grãos de milho, também encontraram correlação positiva entre esses caracteres. Os resultados encontrados por estes autores sugerem que os genes que controlam esses caracteres estão ligados, ou que há inter-relação entre os mecanismos fisiológicos de absorção/ translocação nos grãos desses nutrientes. A direção e a intensidade da correlação sugerem uma boa possibilidade de melhoramento genético simultâneo para ambos os micronutrientes.

O aumento do TFe via seleção direta do P100G e da PG deve ser evitada, tendo em vista que esses caracteres exercem um efeito negativo sobre o TFe.

Conclusão

É possível a obtenção de ganhos simultâneos via seleção para os teores de proteína, ferro e zinco e tempo de cozimento. Contudo, a seleção direta do tamanho e produção de grãos não representa uma boa estratégia para biofortificação do teor de ferro nas populações de feijão-caupi estudadas.

Agradecimentos

Ao Fundo de Pesquisa Embrapa-Monsanto pelo apoio financeiro ao projeto BioFORT, ao HarvestPlus e AgroSalud.

Referências

- ANDRADE, F. N. **Avaliação e seleção de linhagens e tegumento e cotilédones verdes para o mercado de feijão-caupi verde**. 2010. 109 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Piauí, Teresina.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC International**. 15th ed. Arlington, 1990.
- CRUZ, C. D. **Programa Genes: estatística experimental e matrizes**. Viçosa, MG: UFV, 2006. 285 p.
- DIAS, F. T. C. **Utilização de técnicas multivariadas e moleculares na caracterização e seleção de genótipos de feijão-caupi de porte ereto e ciclo precoce**. 2009. 997 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- KUMARI, R. U. et al. Relationship between the yield contributing characters in cowpea for grain purpose [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. **Electronic Journal of Plant Breeding**, Tamil Nadu, v. 1, n. 4, p. 882-884, 2010.
- KUREK, A. J. et al. Análise de trilha como critério de seleção indireta para rendimento de grãos em feijão. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 7, n. 1, p. 29-32, 2001.
- KURER, S. **Genetic variability studies in F2 and F3 generations of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**. 2007. 54 f. Thesis (Master of Science in Agriculture) – University of Agricultural Sciences, Dharwad.
- LESLEY, W. D. **Characterization and evaluation of cowpea (*Vigna unguiculata* [L.] walp) germplasm**. 2005. 120 f. Thesis (Master of Science in Agriculture) – University of Agricultural Sciences, Dharwad.
- RIBEIRO, V. Q. (Ed.). **Cultivo do feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2002. 110 p. (Embrapa Meio-Norte. Sistemas de Produção, 2).
- ROCHA, M. de M. et al. Estimativas de parâmetros genéticos (g), ambientais (a) e da interação G x A para os conteúdos de ferro e zinco em germoplasma elite de feijão-caupi. In: REUNIÃO ANUAL DE BIOFORTIFICAÇÃO NO BRASIL, 3., 2009, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2009. 1 CD-ROM. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos, 148).
- SARRUGE, J. R.; HAAG, H. P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1974. 57 p.
- SOUZA, C. L. C. **Variabilidade, correlações e análise de trilha em populações de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) para a produção de grãos verdes**. 2005. 59 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Piauí, Teresina.
- UDOM, G. N. et al. Path coefficient analysis of the components of grain yield in intercropped cowpea, growth in Borno, Nigeria. **International Journal of Natural and Applied Sciences**, Grahamstown, v. 2, n. 4, p. 310-316, 2006.
- VELU, G. et al. Variability for grain iron and zinc contents in pearl millet hybrids. **Journal of SAT Agricultural Research**, Andhra Pradesh, v. 6, n. 1, p. 1-4, Dec. 2008. Disponível em: <http://ejournal.icrisat.org/Volume6/Sorgum_Millet/KN_Rai.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2011.