

ESTABILIDADE DE LINHAGENS ELITE DE FEIJOEIRO-COMUM COM GRÃOS PRETOS EM SISTEMA DE FIXAÇÃO BIOLÓGICA DE NITROGÊNIO

STABILITY OF COMMON BEAN ELITE LINES WITH BLACK GRAINS IN BIOLOGICAL NITROGEN FIXATION SYSTEM

Polianna A. S. Dias¹; Helton S. Pereira^{3**}; Patrícia G. S. Melo^{2*}; Enderson P. de B. Ferreira^{3**}; Leonardo C. Melo³; Luís C. Faria³; Válder M. Almeida⁴; Adriane Wendland³; Thiago L. P. O. Souza³; Fernanda C. Silva¹; José L. C. Díaz⁵; Mariana C. S. Magaldi⁵; Nilda P. Oliveira⁵

Introdução. O feijoeiro-comum tem importância definida na dieta da população brasileira, sendo o feijão do grupo preto o segundo tipo de maior consumo no País. Uma característica marcante desta espécie é sua capacidade em se associar a bactérias do gênero *Rhizobium* e fixar biologicamente o nitrogênio da atmosfera. Embora relatos na literatura demonstrem o potencial da fixação biológica de nitrogênio (Valadão et al., 2009; Morad et al., 2013), a eficiente fixação simbiótica é um processo que depende de complexos fatores tanto por parte do feijoeiro-comum, como da bactéria, sendo ambos influenciados pelas condições ambientais. As respostas das linhagens, estando inoculadas ou não, variam em função do ambiente para a maioria das características de interesse agrônomo. Com isso, torna-se relevante a avaliação das linhagens em grande número de ambientes, que representem as condições de cultivo. A partir disto, o estudo da interação de genótipos com ambientes pode ser feito, para que conhecendo a interação ela possa ser levada em consideração nos programas de melhoramento. Com o intuito de minimizar os efeitos indesejáveis da interação, devem ser realizadas análises de adaptabilidade e estabilidade, a fim de se selecionar linhagens amplamente adaptadas e com estabilidade fenotípica (Cruz et al., 2012). Nesse sentido, os objetivos deste trabalho foram verificar a existência de variabilidade entre as linhagens elite de feijoeiro-comum do grupo preto e a presença de interação GxA; e identificar linhagens com alta estabilidade fenotípica para produtividade de grãos em sistema de fixação biológica de nitrogênio.

Material e Métodos. Foram avaliados 15 genótipos, grupo comercial preto, sendo quatro cultivares (BRS Esplendor, BRS Campeiro, IPR Uirapuru e BRS Esteio) e 11 genótipos elite para o caráter produtividade de grãos. Os genótipos foram avaliados em ensaios de Valor de Cultivo e Uso, conduzidos em cinco municípios: Santo Antônio de Goiás, Inhumas e Anápolis (GO), Ponta Grossa (PR) e Brasília (DF); em três épocas de semeadura (águas, inverno e seca) e em dois anos (2011 e 2012), totalizando 11 ambientes (Tabela 1). Os ensaios foram conduzidos em delineamento de blocos ao acaso, com três repetições, em parcelas de quatro linhas com quatro metros de comprimento espaçadas de 0,5 m. Foi realizada a inoculação nas sementes com a estirpe SEMIA 4080 (PRF81) de *R. tropici*, com densidade de 10^9 células g^{-1} de turfa, na proporção de 500g de inoculante para 50kg de sementes, sem adubação nitrogenada, mas com o fornecimento de P_2O_5 e K_2O indicado para a cultura. A inoculação foi feita usando solução de sacarose, a qual auxilia na adesão do inoculante turfoso às sementes. As sementes foram secas à sombra e a semeadura foi realizada em aproximadamente 24 horas para que as bactérias não perdessem viabilidade. A estirpe que foi utilizada é regulamentada pelo MAPA e indicada para produção de inoculantes no Brasil para o feijoeiro-comum. Nos ensaios foi avaliada a produtividade de grãos, obtida pela colheita das duas linhas centrais da parcela. Os dados de rendimento foram submetidos à análises de variância individuais, seguido da análise conjunta dos ensaios, considerando-se o efeito de genótipos como fixos e ambientes como aleatórios. A razão entre o maior e o menor quadrado médio de resíduos foi superior a sete, logo, procedeu-se ao ajuste dos graus de liberdade do erro médio e da interação

¹Doutoranda, Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil. poliannaasdias@gmail.com;

²Professora, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás, Brasil. pgsantos@gmail.com *Orientadora

³Pesquisadores, Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, Goiás, Brasil. helton.pereira@embrapa.br; enderson.ferreira@embrapa.br **Co-orientadores

⁴Pesquisador, Empaer MT, Cuiabá, Mato Grosso, Brasil

⁵Analistas, Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, Goiás, Brasil.

GxA. As médias foram comparadas pelo teste de Scott Knott a 10% de probabilidade. Segundo Zimmerman (2004), este procedimento é recomendável quando são esperadas pequenas diferenças entre os tratamentos, como no caso de ensaios com genótipos elite. As médias foram comparadas quanto à estabilidade pelo método de Lin e Binns (1988) modificado por Carneiro (1998). Neste método não paramétrico é realizada a decomposição de Pi (parâmetro de estabilidade do genótipo) em partes relativas a ambientes favoráveis e desfavoráveis. Foi utilizado o aplicativo Genes (Cruz, 2001) para realização das análises.

Resultados e Discussão. Foram encontradas variações nas médias e CV dos experimentos (Tabela 1), indicando diferenças nas condições de cultivo. Por meio da análise conjunta verificou-se efeito significativo entre os genótipos, entre os ambientes e para a interação GxA (Tabela 2). Isto indica variabilidade entre os genótipos e os ambientes e resposta distinta daqueles frente às variações ambientais.

Tabela 1. Resumo das análises de variância individuais para produtividade de grãos (kg ha^{-1}) de feijoeiro-comum com grão tipo preto, em 11 experimentos conduzidos no território brasileiro, sob fixação biológica de nitrogênio.

Ambientes	QMTrat	QMRes	Média	CV(%)	F _{linhagens}	P-valor
Ponta Grossa/Águas/2011	613942	168335	3681	11,15	3,65	0,0017**
Santo Ant. de Goiás/Águas/2011	318241	82910	1446	19,91	3,84	0,0012**
Inhumas/Águas/2011	80690	23668	1052	14,62	3,41	0,0028**
Ponta Grossa/Seca/2012	548530	107383	3067	10,69	5,11	0,0001**
Santo Ant. de Goiás/Seca/2012	202044	75109	1375	19,93	2,69	0,0125*
Anápolis/Inverno/2012	525687	382259	3432	18,01	1,38	0,2289 ^{ns}
Santo Ant. de Goiás Inverno/2012	185474	321663	3524	16,09	0,58	1,0000 ^{ns}
Ponta Grossa/Águas/2012	253431	141760	2967	12,69	1,79	0,0928 ^{ns}
Anápolis/Águas/2012	198966	188818	1816	23,93	1,05	0,4349 ^{ns}
Brasília/Águas/2012	246511	155000	2536	15,52	1,59	0,1438 ^{ns}
Santo Ant. de Goiás/Águas/2012	133646	77745	1460	19,10	1,72	0,1082 ^{ns}

QMTrat: quadrado médio de tratamento; QMRes: quadrado médio do resíduo; Média: média de produtividade de grãos (kg ha^{-1}) por ambiente; CV: coeficiente de variação; F: valor do teste F; * significativo a 5% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade, ^{ns}: não significativo pelo teste F.

Tabela 2. Resumo da análise de variância conjunta para produtividade de grãos (kg ha^{-1}) de feijoeiro-comum grão tipo preto, em 11 experimentos conduzidos no território brasileiro sob fixação biológica de nitrogênio.

Fonte de variação	GL	SQ	QM	F	P-valor
Blocos/Ambientes	22	8151209	370510		
Genótipos	14	13672743	976624	3,02	0,0006**
Ambientes	10	439097028	43909703	118,51	0,0000**
Genótipos x Ambientes	101	32627518	323045	1,43	0,0154*
Resíduo	214	48290215	225655		
Total	494	541838713			
Média (kg ha^{-1})		2396			
CV(%)		19,83			

GL: graus de liberdade; SQ: soma de quadrados; QM: quadrado médio; F: valor do teste F; *significativo a 5% de probabilidade; ** significativo a 1% de probabilidade; CV: coeficiente de variação.

[Digite aqui]

A interação GxA na cultura do feijoeiro para produtividade de grãos é constatada por diversos autores (Pereira et al., 2009b; Ribeiro et al., 2009; Domingues et al., 2013). A comprovação da interação GxA evidencia a necessidade de realização de análises de adaptabilidade e estabilidade para melhor aproveitamento daquele fenômeno. Pelo método de Lin e Binns modificado por Carneiro verificou-se que os dois genótipos com maiores produtividades (BRS Esteio e CNFP 10794) foram também aqueles que se comportaram de forma mais estável na avaliação geral e para ambientes favoráveis, e também foram superiores em ambientes desfavoráveis (Tabela 3). Como o método de Lin e Binns toma como referência os melhores genótipos em cada ambiente, as cultivares mais estáveis e adaptadas deverão estar entre as mais produtivas. Mesma dinâmica e resultados semelhantes para produtividade de feijoeiro-comum, grãos carioca, foram encontrados por Pereira et al. (2009a). No outro extremo, o genótipo CNFP 15188 apresentou média baixa de rendimento e a pior classificação quanto à estabilidade fenotípica (Tabela 3). Silva et al. (2013), trabalhando com o mesmo grupo de genótipos, em sistema convencional de cultivo (com uso de adubação nitrogenada) verificaram que a cultivar BRS Esteio destacou-se quanto à produtividade e o genótipo CNFP 10794 quanto à massa de 100 grãos, porcentagem de grãos com peso comercial e produtividade de grãos, além de ter sido amplamente adaptada e altamente estável no estado do Paraná, utilizando-se o método de Nunes et al. (2005) para avaliar a estabilidade. Os resultados mostram que o genótipo CNFP 10794 tem potencial para ser utilizada nos dois sistemas de cultivo, com inoculação ou adubação nitrogenada, apresentando bom desempenho produtivo.

Tabela 3. Médias de produtividade de grãos (kg ha^{-1}) e estimativas de parâmetros de estabilidade fenotípica de 15 genótipos de feijoeiro-comum grãos tipo preto avaliados em 11 ambientes no Brasil, nos anos de 2011 e 2012 sob sistema de fixação biológica de nitrogênio pelo método de Lin e Binns modificado por Carneiro, com decomposição de P_i (índice de superioridade do genótipo) em favorável (P_{if}) e desfavorável (P_{id}).

Genótipos	Média		P_i ($\times 10^3$)	C	P_{if} ($\times 10^3$)	C	P_{id} ($\times 10^3$)	C
BRS Esteio	2734	a	58	1	67	1	47	3
CNFP 10794	2662	a	110	2	177	2	29	2
BRS Esplendor	2536	b	206	4	302	3	90	7
CNFP 15171	2512	b	218	5	388	7	15	1
CNFP 15174	2477	b	198	3	315	4	58	4
BRS Campeiro	2432	c	228	6	329	5	107	9
IPR Uirapuru	2397	c	242	7	358	6	102	8
CNFP 15177	2382	c	317	10	526	12	67	5
CNFP 15178	2352	c	288	8	460	10	82	6
CNFP 15193	2335	c	313	9	457	9	140	10
CNFP 15194	2312	c	345	11	443	8	228	12
CNFP 15207	2298	c	358	12	461	11	234	13
CNFP 15188	2095	d	492	15	645	15	309	15
CNFP 15198	2250	d	376	13	555	14	162	11
CNFP 15208	2165	d	415	14	534	13	273	14

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ($\alpha = 10\%$); C: classificação dos genótipos quanto à estabilidade fenotípica.

Conclusão. Houve variabilidade entre as linhagens elite de feijoeiro-comum do grupo preto e resposta diferencial destas nos onze ambientes avaliados, em sistema com utilização de fixação biológica de nitrogênio. A linhagem CNFP 10794 e a cultivar comercial BRS Esteio destacam-se por apresentar elevado rendimento médio e alta estabilidade geral, sendo, portanto, indicadas para uso em sistemas com fixação biológica de nitrogênio.

[Digite aqui]

Referências.

- CARNEIRO, P.C.S. **Novas metodologias de análise de adaptabilidade e estabilidade de comportamento**. 1998. 168p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- CRUZ, C.D. Programa Genes: aplicativo computacional em genética e estatística: versão Windows, Editor UFV, Viçosa, 648 p. 2001.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. Vol. 1. Viçosa: UFV, 2012, 514 p.
- DOMINGUES, L.S.; RIBEIRO, N.D.; MINETTO, C.; SOUZA, J.F.; ANTUNES, I.F. Metodologias de análise de adaptabilidade e estabilidade para a identificação de linhagens de feijão promissoras para o cultivo no Rio Grande do Sul. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, p. 1065-1076, 2013.
- PEREIRA, H.S.; MELO, L.C.; DEL PELOSO, M.J.; FARIA, L.C.; COSTA, J.G.C.; DÍAZ, J.L.C.; RAVA, C.A.; WENDLAND, A. Comparação de métodos de análise de adaptabilidade e estabilidade fenotípica em feijoeiro-comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, p. 374-383, 2009a.
- PEREIRA, H.S.; MELO, L.C.; FARIA, L.C.; DÍAZ, J.L.C.; DEL PELOSO, M.J.; COSTA, J.G.C.; WENDLAND, A. Stability and adaptability of carioca common bean genotypes in states of the central South Region of Brazil. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 9, p. 181-188, 2009b.
- LIN, C. S; BINNS, M. R. A superiority measure of cultivar performance for cultivar x location data. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 68, p. 193-198, 1988.
- MORAD, M.; SARA, S.; ALIREZA, E.; REZA, C. M.; MOHAMMAD, D. Effects of seed inoculation by *Rhizobium* strains on yield and yield components in common bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.). **International Journal of Biosciences**, Dacca, v. 3, p. 134-141, 2013.
- NUNES, J.A.R.; RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B. Graphical method in studies of adaptability and stability of cultivars. **Annual report of bean improvement cooperative**, East Lansing, v.48, p.182-183, 2005.
- SILVA, F. C.; PEREIRA, H.S.; MELO, P.G.S.; MELO, L.C.; WANDERLEY, F.M.; FARIA, L.C.; SOUZA, T.L.P.O.; WENDLAND, A.; DÍAZ, J.L.C.; MAGALDI, M.C.S.; SOUZA, N.P. Estabilidade fenotípica para a qualidade comercial de grãos em linhagens de feijoeiro-comum do grupo preto no estado do Paraná. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 7., 2013, Uberlândia. **Anais eletrônicos...** Uberlândia: SBMP, 2013. Disponível em: <<http://www.sbmp.org.br/7congresso/anais>>.
- VALADÃO, F. C. A.; JAKELAITIS, A.; CONUS, L. A.; BORCHARTT, L.; OLIVEIRA, A. A.; VALADÃO JUNIOR, D. D. Inoculação das sementes e adubações nitrogenadas e molíbdica do feijoeiro-comum, em Rolim de Moura, RO. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 39, p. 741-748, 2009.
- ZIMMERMANN, F.J.P. **Estatística aplicada à pesquisa agrícola**. Embrapa Arroz e Feijão, Santo Antônio de Goiás, 402 p. 2004.