

PRODUTIVIDADE E BALANÇO DE NPK EM FEIJÃO AFETADOS POR NÍVEIS DE ADUBAÇÃO E CORREÇÃO DO SOLO

YIELD AND NPK BALANCE IN COMMON BEAN AS AFFECTED BY FERTILIZATION LEVELS AND SOIL CORRECTION

Maria da Conceição S. Carvalho¹, Adriano S. Nascente², Nand K. Fageria³

Introdução. A produção de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) no Brasil é caracterizada pela grande diversidade de sistemas de produção e níveis de adoção de tecnologia, resultando em produtividades médias que variaram entre 600 kg ha⁻¹ e 2.600 kg ha⁻¹, em 2012 (Silva & Wander, 2013). Dentre os fatores que contribuem para a baixa produtividade dessa cultura, destaca-se a baixa disponibilidade de nutrientes na maioria dos solos predominantes no Brasil, sobretudo na região do Cerrado, havendo necessidade de correção da acidez do solo e fornecimento de nutrientes por meio da aplicação de corretivos e fertilizantes para a manutenção de altos índices de produtividade. No entanto, considerando a forte dependência brasileira da importação de fertilizantes (ANDA, 2012; FIESP, 2013) e um cenário de maior consciência ambiental e uso sustentável dos recursos naturais, o setor agrícola será cada vez mais pressionado a aumentar a eficiência desse insumo nos sistemas de produção. Dentre os diversos aspectos agrônômicos que influenciam o planejamento adequado da adubação de uma lavoura de feijão, a exigência nutricional da cultura e as quantidades de nutrientes exportadas na colheita tem papel fundamental. Assim, o objetivo desse trabalho foi medir a produtividade e determinar a exportação e o balanço de nitrogênio, fósforo e potássio (N, P e K) afetados pela aplicação de calcário, gesso e níveis crescentes de adubação.

Material e Métodos. O estudo foi conduzido na Fazenda Capivara da Embrapa Arroz e Feijão, localizada no município de Santo Antônio de Goiás, GO, a 16°28'00" S e 49°17'00" W, e 823 m de altitude. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho ácrico argiloso (Embrapa, 2006), cujos resultados da análise químicas realizada em amostras coletadas antes da instalação do experimento são mostrados na Tabela 1. O feijão, cultivar BRS Pérola, foi cultivado em 3ª safra irrigado em 2011, 2012 e 2013 em sistema plantio direto, na sucessão soja-milheto-feijão. O experimento foi instalado em esquema fatorial 4x4, totalizando 16 tratamentos resultantes da combinação de quatro níveis de correção do solo (calcário, calcário + gesso, gesso, e um tratamento controle, sem correção) e quatro níveis de adubação (0, 50, 100 e 150% da adubação recomendada para o feijão). Utilizou-se o delineamento de blocos ao acaso com quatro repetições. As doses de N, P e K na adubação recomendada foram 120, 120 e 60 kg ha⁻¹ de N (ureia), P₂O₅ (superfosfato triplo) e K₂O (cloreto de potássio), respectivamente, aplicadas em cada cultivo. Essas doses foram definidas em função da interpretação do resultado da análise de solo (Tabela 1), utilizando-se os critérios adotados para feijão irrigado no cerrado (Sousa & Lobato, 2004), e da experiência dos autores com a cultura. Fósforo e K foram fornecidos no sulco de semeadura e nitrogênio foi aplicado parte na semeadura (30 kg ha⁻¹) e o restante em cobertura em V4. As doses de calcário e gesso foram 5,0 t ha⁻¹ e 2,5 t ha⁻¹, respectivamente. Esses corretivos foram aplicados a lanço na superfície do solo e sem incorporação, nos tratamentos correspondentes, parcelados em três partes: em nov/2010 (2 t ha⁻¹ de calcário e 1,0 t ha⁻¹ de gesso), em nov/2011 (2 t ha⁻¹ de calcário e 1,0 t ha⁻¹ de gesso) e em out/2012 (1 t ha⁻¹ de calcário e 0,5 t ha⁻¹ de gesso). As variáveis avaliadas foram a produtividade de feijão, o teor de nutrientes (N, P e K) nos grãos. Com esses dados foi possível calcular as quantidades de N, P₂O₅ e K₂O exportadas nos grãos e o balanço desses nutrientes no sistema, ou seja, entrada (adubação) menos saída (exportação na colheita). Os resultados foram analisados estatisticamente por meio da análise de variância (teste F), teste de médias para comparação entre corretivos e análise de regressão para níveis de adubação.

Resultados e Discussão. A produtividade de feijão foi afetada significativamente tanto pela aplicação dos corretivos como pelos níveis de adubação (Tabela 2). O efeito dos corretivos foi de baixa magnitude, considerando que a aplicação de calcário sozinho ou combinado com gesso proporcionou acréscimo de cerca de 10% na produtividade, na média das três safras (Tabela 2). Tal fato pode ser explicado pela baixa eficácia da aplicação anual de calcário em superfície, uma vez que o maior valor de saturação por bases medido no solo foi 44% na camada 0-10 cm (dados não mostrados). A aplicação de gesso não afetou a produtividade, a despeito do baixo teor de Ca na camada 20-40 cm de profundidade. Nas safras 2012 e 2013 houve interação entre corretivos e níveis de adubação (Tabela 2), verificando-se que o efeito positivo dos tratamentos com calcário e calcário + gesso foram significativos apenas nos níveis 0 e 50% da adubação recomendada de NPK, indicando que o efeito residual dos fertilizantes compensou, em parte, o efeito negativo da acidez do solo. O efeito dos níveis de adubação na produtividade foi bastante significativo, constatando-se que a aplicação de doses crescentes de NPK proporcionou acréscimos que se ajustaram à função quadrática na qual a máxima produtividade, na média das três safras, foi obtida com a aplicação de 130% da dose recomendada de NPK. Contudo, com a aplicação de 100% da dose recomendada foi possível produzir mais de 3.000 kg ha⁻¹ (Tabela 2), em média, indicando que as quantidades aplicadas de nutrientes suprimiram a necessidade da cultura, aumentando a produtividade em 248%. Os aumentos nas quantidades de N, P₂O₅ e K₂O exportadas, expressos em quilos por hectare (Tabela 3), seguiram o mesmo padrão dos aumentos de produtividade tanto para os tratamentos com corretivos como para os níveis de adubação (Tabela 2), visto que a variação dos teores absolutos desses nutrientes nos grãos, quando houve, foi de baixa magnitude (dados não mostrados). A análise de correlação linear de Pearson demonstrou elevado grau de correlação entre produtividade e exportação total de N, P₂O₅ e K₂O (n=64; r = 0,96 a 0,99; P<0,001) nas três safras (dados não mostrados). Porém, quando os valores de exportação foram transformados de quilos por hectare para quilos por tonelada de feijão produzido não houve variação com a aplicação de fertilizantes ou corretivos, e os valores médios das três safras para N, P₂O₅ e K₂O foram 36, 9, 14 kg t⁻¹ de grãos, respectivamente. Com base nesses valores e considerando a produção de 3 t ha⁻¹ de feijão, são removidos na colheita cerca de 108 kg ha⁻¹ de N, 27 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 42 kg ha⁻¹ de K₂O, havendo necessidade de repor, pelo menos, essas quantidades ao solo para a manutenção de sua capacidade produtiva. Os resultados apresentados na Tabela 3 mostram que a aplicação de subdoses de N e K resulta em balanço negativo desses nutrientes, os quais são exportados em maiores quantidades. Por outro lado, a aplicação de altas doses de fertilizantes, acima da expectativa real de produtividade, deixam um residual de nutrientes no solo que poderá ser aproveitado pelas culturas sucessoras ou sofrer diversos processos de perdas em maior ou menor grau, dependendo da dinâmica do nutriente, da presença de plantas de cobertura e das condições edafoclimáticas.

Conclusão. A produtividade de feijão não foi afetada pela aplicação de gesso sozinho, mas aumentou 10% com a aplicação de calcário ou calcário + gesso e 248% com adubação NPK na dose recomendada. A exportação de N, P e K, expressa em quilos por tonelada de feijão produzido, não variou com a aplicação de fertilizantes ou corretivos, apresentando valores médios de 36, 9 e 14 kg t⁻¹ de grãos para N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente, de modo que a quantidade exportada aumenta linearmente com o aumento da produtividade. A aplicação de subdoses de N e K resulta em balanço negativo desses nutrientes, os quais são exportados em maiores quantidades.

Tabela 1. Características químicas do solo da área antes da instalação do experimento.

Profundidade (cm)	Ca	Mg	Al	H+Al	K	CTC	pH (H ₂ O)
	----- cmol _c dm ⁻³ -----						
0-20	0,72	0,37	0,38	6,5	0,16	7,78	5,0
20-40	0,53	0,17	0,42	7,1	0,14	7,94	4,8
Profundidade (cm)	V	MO	P (Mehlich-1)	Zn	Cu	Fe	Mn
	g dm ⁻³		----- mg dm ⁻³ -----				
0-20	16,0	18,3	6,0	3,1	2,1	58,7	11,7
20-40	10,6	17,0	2,3	2,1	1,3	38,6	6,5

Tabela 2. Produtividade de feijão (Prod) e quantidades de N, P₂O₅ e K₂O exportadas nos grãos de feijão, em função da aplicação de corretivos e níveis de adubação, nas safras 2011, 2012 e 2013.

Nível de corretivos e adubação	Safr 2011			Safr 2012			Safr 2013			Média 3 safras						
	Prod	Exportação		Prod	Exportação		Prod	Exportação		Prod	Exportação					
		N	P ₂ O ₅		K ₂ O	N		P ₂ O ₅	K ₂ O		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
----- kg ha ⁻¹ -----																
Corretivos																
Calcário	2.176 a	63 a	20 a	33 a	2.942 a	103 a	23ab	33b	2.236a	98a	24a	35a	2.451a	88 a	22 a	34 a
Calcário + Gesso	2.106 a	61 a	18 ab	33 a	3.015 a	109 a	25a	37a	2.246a	102a	24a	35a	2.456a	91 a	22 a	35 a
Gesso	1.826 b	50 b	16 b	28 a	2.783 b	95 b	22b	32b	2.148ab	95a	22b	33ab	2.252b	80 b	20 b	31 b
Controle	1.801 b	50 b	17 b	28 a	2.772 b	95 b	22b	32b	2.079b	92a	22b	31b	2.218b	79 b	20 b	31 b
Nível de adubação (% da recomendada)																
0	551	19	5	8	1.225	45	10	14	847	34	9	12	875	33	8	12
50	1.793	52	16	27	2.964	102	22	33	2.203	93	23	33	2.320	82	20	31
100	2.524	70	23	39	3.548	117	28	41	3.055	134	32	47	3.042	107	27	43
150	3.041	84	27	47	3.776	137	31	45	2.604	126	28	42	3.140	116	29	45
<i>Análise regressão</i>	<i>Q***</i>	<i>Q***</i>	<i>Q***</i>	<i>Q***</i>	<i>Q***</i>	<i>Q***</i>	<i>Q***</i>	<i>Q***</i>	<i>Q***</i>	<i>Q***</i>	<i>Q***</i>	<i>Q***</i>	<i>Q***</i>	<i>Q***</i>	<i>Q***</i>	<i>Q***</i>
Probabilidade do teste F																
Corretivo (C)	0,0080	0,0030	0,017	0,062	0,005	0,0001	0,0125	0,0121	0,0450	0,2879	0,0052	0,0039	<0,001	0,0005	0,0011	0,0010
Adubação (Ad)	<0,0001	<0,0001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
C x Ad	0,7420	0,761	0,765	0,434	0,005	0,0317	0,1890	0,4160	0,0222	0,3699	0,0758	0,0906	0,1627	0,4382	0,0802	0,3824

Médias seguidas de mesma letra entre os corretivos não diferem entre si pelo teste de Duncan (P<0,05). Q*** = ajuste quadrático (P<0,001).

Tabela 3. Balanço de NPK no feijoeiro, considerando as entradas anuais de nutrientes via adubação e a média de exportação (saída) desses nutrientes nas safras 2011, 2012 e 2013, em função da aplicação de corretivos do solo (calcário e gesso) e níveis de adubação.

Nível de Adubação	Entrada (Adubação)			Saída (Exportação)			Entrada - Saída		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
% recomendada	-----kg ha ⁻¹ ano ⁻¹ -----								
Calcário									
0	0	0	0	42	10	15	-42	-10	-15
50	60	60	30	86	21	33	-26	39	-3
100	120	120	60	110	28	44	10	92	16
150	180	180	90	114	29	44	66	151	46
Média	90	90	45	88 a	22 a	34 a	2	68	11
Calcário + Gesso									
0	0	0	0	37	9	13	-37	-9	-13
50	60	60	30	94	22	34	-35	38	-4
100	120	120	60	110	27	43	10	93	17
150	180	180	90	122	31	50	58	149	40
Média	90	90	45	91 a	22 a	35 a	-1	68	10
Gesso									
0	0	0	0	28	7	10	-28	-7	-10
050	60	60	30	73	19	29	-13	41	1
100	120	120	60	105	26	41	15	94	19
150	180	180	90	114	28	44	66	152	46
Média	90	90	45	80 b	20 b	31 b	10	70	14
Controle (Sem corretivo)									
0	0	0	0	23	6	9	-23	-6	-9
50	60	60	30	76	19	29	-17	41	1
100	120	120	60	103	29	43	17	91	17
150	180	180	90	113	27	42	67	153	48
Média	90	90	45	79 b	20 b	31 b	11	70	14
Média de Nível de Adubação (Considerando todos os níveis de correção do solo)									
0	0	0	0	33	8	12	-33	-8	-12
50	60	60	30	82	20	31	-23	40	-1
100	120	120	60	107	27	43	13	93	17
150	180	180	90	116	29	45	64	151	45

Médias seguidas de mesma letra entre os corretivos não diferem entre si pelo teste de Duncan (P<0,05).

Referências

- ANDA - Associação Nacional para Difusão de Adubos. Anuário estatístico do setor de fertilizantes. 2012. Comitê de Estatística. ANDA, São Paulo, Brasil. 173 p.
- FIESP. Outlook Fiesp 2023: projeções para o agronegócio brasileiro. São Paulo: FIESP, 2013. 115p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.
- SILVA, O. F da; WANDER, A.E. O feijão-comum no Brasil: passado, presente e futuro. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2013. 63 p. (Documentos / Embrapa Arroz e Feijão, 287.
- SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E (Ed.). Cerrado: correção do solo e adubação. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2004. 416p.