

ADUBAÇÃO MINERAL DE FÓSFORO E POTÁSSIO NA CULTURA DO FEIJÃO E VERIFICAÇÃO DO EFEITO RESIDUAL¹

PAULO AUGUSTO DA EIRA², GILBERTO GASTIM PESSANHA³, DIRCE P.P. de SOUZA BRITTO⁴ e ALFIO RIVERA CARBAJAL⁵

SINOPSE. Experimento com feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) conduzido em campo, na época "da seca" em solo aluvial (AL), no Estado do Rio de Janeiro, usando-se um fatorial completo 5^a com cinco níveis de fósforo e cinco de potássio, mostrou reação favorável à adubação fosfatada, ocorrendo significância para o efeito linear e cúbico do fósforo. Para o potássio não houve significância, notando-se, no entanto, decréscimo na produção, com o aumento do nível deste nutriente. Neste experimento foram calculadas as equações de produção em função somente do elemento significativo, e os níveis ótimo e econômico.

No experimento II para verificação do efeito residual, instalado na época "das águas", pôde-se constatar a falta de reação a fósforo e uma regressão linear para o potássio.

Palavras chaves adicionais para índice: *Phaseolus vulgaris*, níveis ótimos e econômicos.

INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) constitui a fonte mais importante de proteína vegetal para a alimentação do povo brasileiro, sendo assim explicado o seu cultivo em todo o território nacional.

Segundo dados da Fundação IBGE (1970), a produção média brasileira de feijão é de 606 kg/ha, considerada baixa em relação à média de outros países que sabidamente não têm o feijão entre as suas culturas de subsistência. Tal fato torna-se ainda mais grave, por ser o Brasil não só um dos maiores produtores mundiais como também, um dos maiores consumidores desta leguminosa (FAO 1970). Não se pode precisar qual ou quais os fatores responsáveis pelos baixos níveis de produtividade do feijoeiro no Brasil. Pode-se, porém, admitir, que o não uso de fertilizantes e corretivos desempenha um importante papel na baixa produtividade (CEPAL/FAO/BID 1966), tendo em vista os aumentos obtidos com o uso dessa prática cultural nos rendimentos de diversas culturas (Malavolta 1967).

Vários têm sido os trabalhos de pesquisa feitos com relação à adubação do feijoeiro em diferentes localidades e Estados brasileiros. Miyasaka *et al.* (1964, 1965 e 1966b), em diferentes tipos de solos de diversas localidades do Estado de São Paulo, verificaram em experimentos com N, P, K, calagem e uma mistura de enxofre e micronutrientes, efeitos altamente significativos do fósforo, na produção, seguidos do nitrogênio, enquanto o potássio teve pouco ou quase nenhum efeito.

Miyasaka *et al.* (1966a), em sete ensaios conduzidos em terra roxa misturada, no Estado de São Paulo, chegaram à conclusão de que o fósforo aumentou significativamente a produção do feijoeiro em todas as localidades, e o nitrogênio em cinco, não tendo havido influência do potássio em nenhum dos ensaios. Mascarenhas *et al.* (1967), no Vale do Ribeira, em latossolo vermelho-amarelo, recém-desbravado e fortemente ácido, estudando o efeito da calagem, do nitrogênio e do fósforo sobre o feijoeiro, verificaram que com a calagem e a adubação fosfatada, a produção de feijão sofreu um acréscimo de 94% e 72% respectivamente, e que os mesmos mostraram-se mais eficientes quando em aplicação conjunta.

Gouvêa *et al.* (1954), Vieira e Gomes (1961) e Fontes *et al.* (1965), em diversas regiões de Minas Gerais e em vários ensaios de adubação do feijoeiro com NPK, constataram sempre respostas à adubação fosfatada e nenhum efeito dos adubos nitrogenados e potássicos.

Raposo (1958), observou, em experimentos de adubação de feijão realizados em solos do Paraná e do Rio Grande do Sul, respostas somente à adubação fosfatada. Goepfert (1970), trabalhando com solos do Rio Grande do Sul, verificou aumentos na produção de feijão com a aplicação de nitrogênio, fósforo e calagem, revelando ainda certa tendência das plantas à resposta a doses mais altas de nitrogênio e de fósforo.

Em experimento anterior com feijão, realizado em solo aluvial no município de Paracambi, RJ, com doses de nitrogênio e fósforo, no plantio "das águas", Eira *et al.* (1973) encontraram efeito apenas para o fósforo.

Considerando a diversidade das respostas do feijoeiro em diferentes regiões e estados brasileiros às adubações usadas e devido ao fato de que, nas condições do Estado do Rio de Janeiro, muito pouco se sabe a respeito da adubação mineral do feijoeiro, é que se resolveu pesquisar, neste experimento, a influência do potássio e fósforo na cultura.

¹ Aceito para publicação em 19 de outubro de 1973.

Realizado com recursos provenientes do PL-480-CY-68-Projeto III/F/9 - UFRJ/DF-Feijão.

² Eng.º Agrônomo da Seção de Solos do Instituto de Pesquisas Agropecuárias do Centro-Sul (IPEACS), Km 47, Rio de Janeiro, GB, ZC-26, e Pesquisador Assistente, bolsista do Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq).

³ Eng.º Agrônomo, M.Sc. em Fitotecnia, Prof. Assistente do Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRJ), Km 47, Rio de Janeiro, GB, ZC-26.

⁴ Eng.º Agrônomo, Pesquisador em Agricultura, Chefe da Seção de Estatística Experimental e Análise Econômica do IPEACS, Prof. Adjunto do Departamento de Matemática e Estatística da UFRJ e Chefe de Pesquisas, bolsista, do CNPq.

⁵ Eng.º Agrônomo, Estagiário da Seção de Estatística Experimental e Análise Econômica do IPEACS.

MATERIAL E MÉTODOS

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizados dois experimentos de campo com feijão, um na época "da seca" (experimento I), plantado em abril, e outro a seguir, nas mesmas parcelas, para verificar o efeito residual das adubações, na época "das águas" (experimento II), plantado em outubro em área da Casa de Saúde Dr. Eiras, no município de Paracambi, RJ, durante o ano de 1969.

A análise do solo, um aluvial (AL), apresentando topografia plana, revelou os seguintes resultados: 8 ppm de P, 136 ppm de K, 5,9 mEq Ca + Mg e 1,5 mEq Al por 100 cm³, 0,24% de N, 1,78% de C, 3,06% de M.O. e pH 4,8. Os métodos usados nestas análises foram os preconizados pelo Programa Nacional de Análises Rápidas de Solo (PNARS), sendo o carbono determinado por combustão via úmida e o nitrogênio pelo método Kjeldahl, modificado por Braun e Velloso (1965).

Usou-se o esquema fatorial completo 5³, com cinco níveis de P₂O₅ e cinco de K₂O que, combinados, resultaram num total de 25 tratamentos, dispostos no campo em blocos ao acaso, com três repetições. Os níveis de P₂O₅ foram: 0, 60, 120, 180 e 240 kg/ha e os de K₂O: 0, 20, 40, 60 e 80 kg/ha, usando-se como fonte destes nutrientes, o superfosfato simples (20% de P₂O₅) e o cloreto de potássio (60% de K₂O). Não foi feita adubação nitrogenada, uma vez que se procedeu à inoculação de todas as sementes.

Foi usado o cultivar de feijão Rico 23, de semente preta, em espaçamento de 0,50 m entre fileiras e 0,25 m entre covas, cada uma com duas plantas após o desbaste. As parcelas tinham quatro fileiras com 5 m de comprimento, dando uma área total de 10 m² e área útil de 4,60 m², uma vez que se colheram apenas as duas fileiras centrais abandonando-se ainda uma cova em cada uma das extremidades das fileiras.

No experimento II, em que se procurou observar o efeito residual, foi aplicado o calcário na quantidade de 3 t/ha, em toda a área, cerca de um mês antes da semeadura. O cultivar de feijão usado foi o mesmo do experimento I.

As análises estatísticas foram realizadas obedecendo ao método normal de análise de experimentos fatoriais, usando-se a decomposição dos graus de liberdade de cada elemento independente (fósforo e potássio) em suas várias componentes.

No Quadro 1 encontram-se os resultados de peso de grãos em gramas por parcela de 4,60 m² e as produções em kg/ha, das várias combinações de tratamentos. Observando este quadro, verifica-se que no experimento I o tratamento que apresentou a maior produção foi o P₂K₂, que proporcionou um aumento de 58% em relação à testemunha. Outro fato a registrar é que a testemunha produziu 20% a mais que o tratamento P₂K₂ que foi o de menor produção. Este resultado pode ser devido à presença do potássio, que na análise do solo já se apresentava com teor médio alto e que mostrou efeito negativo para a regressão linear e cúbica como pode ser verificado no Quadro 2, apesar de não ser constatada significância para os efeitos citados.

QUADRO 1. Resultados do peso de grãos em gramas por parcela (4,60 m²) e da produção em kg/ha nos dois experimentos (média das três repetições)

Tratamentos*	Experimento I		Experimento II. Efeito residual	
	Peso grãos (g/4,60 m ²)	Produção (kg/ha)	Peso grãos (g/4,60 m ²)	Produção (kg/ha)
P ₀ K ₀	364	791	373	811
P ₁ K ₀	467	1.014	254	552
P ₂ K ₀	409	888	417	906
P ₃ K ₀	472	1.026	304	661
P ₄ K ₀	576	1.233	358	778
P ₀ K ₁	373	810	347	764
P ₁ K ₁	434	945	351	763
P ₂ K ₁	476	1.036	340	739
P ₃ K ₁	397	862	321	698
P ₄ K ₁	448	973	318	691
P ₀ K ₂	304	660	401	872
P ₁ K ₂	509	1.107	304	661
P ₂ K ₂	414	901	324	704
P ₃ K ₂	418	909	394	856
P ₄ K ₂	450	978	360	783
P ₀ K ₃	315	686	308	669
P ₁ K ₃	440	956	402	874
P ₂ K ₃	400	870	397	863
P ₃ K ₃	404	878	367	798
P ₄ K ₃	442	960	362	787
P ₀ K ₄	332	722	328	713
P ₁ K ₄	397	863	394	856
P ₂ K ₄	374	814	400	869
P ₃ K ₄	417	906	390	848
P ₄ K ₄	453	985	355	772

* Níveis de P₂O₅: 0, 60, 120, 180 e 240 kg/ha, níveis de K₂O: 0, 20, 40, 60 e 80 kg/ha.

QUADRO 2. Resultados das análises estatísticas dos experimentos I e II (Efeito residual)*

Fontes de variação	Experimento I			Experimento II	
	G.L.	Q.M.	E	Q.M.	E
Regressão linear P'	1	89.548,16**	3.665	225,70	184
Regressão quadrática P''	1	6.529,72	-1.171	1.987,21	-046
Regressão cúbica P'''	1	55.296,00**	2.880	1.308,32	-443
Regressão do 4.º grau P''''	1	7.212,86	-2.732	6.246,40	2.561
Regressão linear K'	1	34.201,50	-2.265	13.804,80*	1.439
Regressão quadrática K''	1	1.754,52	607	192,38	201
Regressão cúbica K'''	1	216,00	-180	1.491,52	-473
Regressão do 4.º grau K''''	1	874,06	958	428,80	671
Interação P' x K'	1	1.605,45	-694	1.469,65	664
Falta de ajustamento	15	4.020,84		5.967,69	
Resíduo	48	9.947,42		3.230,21	
C.V. (%)			24		16

* Q.M. = quadrado médio ou variância, E = efeitos.

* = significância a 5% de probabilidade, ** = significância a 1% de probabilidade.

No experimento II, do efeito residual, o tratamento de maior produção foi P_2K_0 , que produziu 64% a mais que o tratamento P_1K_0 , que foi o de menor produção, e 12% a mais que a testemunha (P_0K_0), observando-se pequenas variações nos demais tratamentos.

Os quadrados médios ou variâncias apresentadas no Quadro 2 mostram, para o fósforo, significância para a regressão linear e cúbica no experimento I, e para o potássio, regressão linear significativa no experimento II.

No Quadro 3, encontram-se as produções obtidas e as esperadas para o fósforo e o potássio nos dois experimentos, tendo a análise de variância mostrado, como já foi citado, a quebra da linearidade para o fósforo quando indicou significância para a componente do 3.º grau, no experimento I. Pode-se observar um aumento de produção de P_0 para o nível P_1 (243 kg/ha) e após um decréscimo de P_2 e P_3 , vindo novamente a aumentar com o nível P_4 . O aumento com este último nível ($P_4 = 240$ kg de P_2O_5 /ha) em relação à testemunha (P_0) foi de apenas 296 kg/ha, quando com o nível P_1 (60 kg de P_2O_5 /ha) foi obtido aumento de 243 kg/ha.

A influência do potássio, caso fosse significativa, seria no sentido negativo, o que pode ser observado no Quadro 3, onde a produção vai diminuindo com o aumento dos níveis de K_2O . A diminuição de produção com o nível K_4 em relação a K_0 foi de 136 kg/ha, indicando possuir o solo teor satisfatório deste elemento para a cultura. Resposta do feijoeiro à adubação fosfatada e ausência de resposta para o potássio são relatadas também por Gouvêa *et al.* (1954), Vieira e Gomes (1981), Miyasaka *et al.* (1964, 1965, 1966a, b) e Fontes *et al.* (1965).

No experimento II, realizado nas mesmas parcelas para verificação do efeito residual da adubação aplicada na época "da seca", não foi constatado efeito significativo para o fósforo, mostrando inclusive produções discordantes relativamente ao experimento I. Esta ausência de resposta pode ser decorrente da aplicação do calcário em todas as parcelas, correção que foi necessária devido ao teor elevado de alumínio trocável no solo.

Houve significância a 5% de probabilidade para o efeito linear positivo do potássio. A equação linear para o potássio em kg/ha foi: $y = 671,6 + 0,96 K$.

QUADRO 3. Produções (kg/ha) obtidas e esperadas com os níveis de fósforo e potássio de acordo com a equação em função apenas do elemento significativo

Experimento I			Experimento II		
Produções obtidas		Produções esperadas	Produções obtidas		Produções esperadas
P_2O_5	K_2O		P_2O_5	K_2O	
P_0 734	K_0 994	740	P_0 703	K_0 683	672
P_1 977	K_1 925	954	P_1 682	K_1 671	691
P_2 902	K_2 911	936	P_2 751	K_2 714	710
P_3 916	K_3 870	894	P_3 711	K_3 735	729
P_4 1.030	K_4 858	1.036	P_4 701	K_4 747	748

Diante do exposto e não tendo havido interação significativa, calculou-se a equação de produção em função somente do fósforo a fim de se determinar o nível mais indicado, e após, o mais econômico. A equação determinada foi:

$$y = 739,727200 + 6,674280P - 0,061313P^2 + 0,000161P^3.$$

Igualando a zero a primeira derivada e resolvendo a equação do 2.º grau encontrada, verificou-se que o nível máximo de P_2O_5 foi de 79 kg/ha, que poderá fornecer uma produção de 964 kg de grãos por hectare. Determinou-se este nível segundo Gomes (1969).

Realizada a análise econômica usando os preços de Cr\$ 1,00 por quilograma do feijão e de Cr\$ 0,28 por quilograma de superfosfato simples (20% de P_2O_5), obteve-se o valor de 55 kg/ha como nível econômico, para uma produção de 948 kg/ha. A produção observada para 60 kg de P_2O_5 /ha foi de 977 kg de grãos/ha. Se fossem usados 55 kg de P_2O_5 /ha como nível médio econômico, o que vem a corresponder a 275 kg de superfosfato simples/ha, nível próximo de P_1 (60 kg de P_2O_5 /ha) usado no experimento, o gasto com a adubação fosfatada seria de Cr\$ 77,00. O aumento de produção em relação à testemunha P_0 seria de 214 kg de grãos de feijão, correspondendo a Cr\$ 214,00. O lucro com a adubação fosfatada corresponderia assim, a Cr\$ 137,00.

Pela equação, a produção que se deveria esperar com o nível K_4 (80 kg/ha de K_2O) seria de 76,8 kg de grãos de feijão/ha a mais que a testemunha (K_0). No Quadro 3, o aumento verificado foi de 64 kg/ha, o que corresponderia a um aumento de Cr\$ 64,00 para um gasto de Cr\$ 54,40, considerando o preço de Cr\$ 1,00 por quilograma de feijão e Cr\$ 0,68 por quilograma de K_2O . O lucro no caso, por hectare, seria de apenas Cr\$ 9,60. A aplicação do potássio, deste modo, só se fez sentir no segundo plantio. Isto nos indica que, neste solo, apesar do teor inicial de potássio, médio alto, deve-se procurar manter este teor, no caso do feijão, para possibilitar cultivos sucessivos.

CONCLUSÕES

No experimento I, houve efeito significativo para o fósforo, indicando a equação de produção em função deste elemento, como nível ótimo, 79 kg de P_2O_5 /ha, para uma produção de 964 kg de grãos/ha. O nível econômico foi de 55 kg de P_2O_5 /ha para a produção de 948 kg de grãos/ha. Com este nível, o lucro, em relação à testemunha, seria de Cr\$ 137,00 por hectare.

No experimento II, instalado em seguida, na época "das águas", não se verificou efeito residual do fósforo, havendo efeito linear para o potássio. Com o nível mais alto deste elemento (80 kg de K_2O /ha), o lucro seria de Cr\$ 9,60 por hectare.

REFERÊNCIAS

- Braun, W.A.G. & Velloso, A.C.X. 1965. Um novo método para a determinação do nitrogênio total em solo, por nesslerização. Anais IX Congr. Bras. Ciênc. Solo, Piracicaba, S. Paulo, p. 19-20.
- CEPAL-FAO-BID 1966. Brasil. Investigaciones sobre el uso de insumos en la Agricultura. Fertilizantes, Santiago. 67 p. (Mimeo.)
- Eira, P.A.da, Pessanha, G.G., Britto, D.P.P.de S. & Carabajal, A.R. 1973. Comparação de esquemas experimentais em experimentos de adubação mineral de nitrogênio e fósforo na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris*). Pesq. agropec. bras., Sér. Agron. 8:121-125.
- Fontes, L.A.M., Gomes, F.R. & Vieira, C. 1965. Resposta do feijoeiro à aplicação de N, P, K e calcário na Zona da Mata, Minas Gerais. Ceres, Minas Gerais, 12(71):265-285.
- Food Agriculture Organization. 1970. The state of food and agriculture. Rome, p. 236.
- Goepfert, C.F. 1970. Experimento sobre o efeito da calagem e do superfosfato simples em feijoeiro. Anais V Reun. Lat.-Am. Rhizobium, Rio de Janeiro, p. 157-160.
- Gomes, F.P. 1969. Novos aspectos do estudo econômico de ensaios de adubação. Fertiliz. 34:3-9.
- Gouvêa, F.C., Andrade, M.E. & Coimbra, R.O. 1954. Feijão. Adubação NPK. Boim. Agric., Belo Horizonte, 3(11-12): 67-68.
- Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. 1970. Anuário estatístico do Brasil. Min. Planej. Coord. Geral, Rio de Janeiro, p. 126.
- Malavolta, E. 1967. Manual de química agrícola. 2.ª ed. Agron. Ceres, São Paulo.
- Mascarenhas, H.A.A., Miyasaka, S., Igue, T., Lovadini, L.A.C. & Freire, E.S. 1967. Adubação mineral do feijoeiro. Efeitos do N, P, K e da calagem em campos de cerrados do Planalto Paulista. Bragantia 26(22):302-316.
- Miyasaka, S., Freire, E.S. & Mascarenhas, H.A.A. 1964. Ensaio de adubação de soja e do feijoeiro em solo de arenito de Botucatu com vegetação de cerrado. Bragantia 23(5):45-54.
- Miyasaka, S., Igue, T. & Freire, E.S. 1965. Adubação do feijoeiro em solos derivados de arenito de Bauru. Bragantia 24(20):231-236.
- Miyasaka, S., Freire, E.S., Igue, T. & Campana, M. 1966a. Adubação mineral do feijoeiro. II. Efeitos de N, P, K, da calagem e de uma mistura de enxofre e micronutrientes, em terra roxa misturada. Bragantia 25(13):145-160.
- Miyasaka, S., Mascarenhas, H.A.A., Rocha, T.R., Alves, S. & Issa, E. 1966b. Adubação mineral do feijoeiro. VI. Efeitos de N, P, K, S e de uma mistura de micronutrientes, em solo massapê-salmourão. Bragantia 25(24):371-384.
- Raposo, H. 1958. Trabalhos experimentais com feijão. Circ. 5, Serv. Nac. Pesq. Agronômicas, Rio de Janeiro. 39 p.
- Vieira, C. & Gomes, F.R. 1961. Ensaios de adubação química do feijoeiro. Ceres, Minas Gerais, 11:253-264.

ABSTRACT.- Eira, P.A.da; Pessanha, G.G.; Britto, D.P.P.de S.; Carabajal, A.R. [Fertilization of black beans with phosphorus and potassium and its residual effect]. Adubação mineral de fósforo e potássio na cultura do feijão e verificação do efeito residual. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Série Agronomia* (1974) 9, 121-124 [Pt, en] IPEACS, Km 47, Rio de Janeiro, GB, ZC-26, Brazil.

A field experiment with black beans (*Phaseolus vulgaris* L.) was carried out during the dry season on a alluvial soil in the state of Rio de Janeiro. A complete factorial 5² design was used, with five levels each of phosphorus and potassium fertilizer.

A significant linear and cubic response was observed for phosphorus. There was no response to potassium, but rather a tendency of yields to decrease. Phosphorus levels for maximum and economic yields were calculated using a cubic response function.

Residual effect was studied in the subsequent rainy season but no effect for phosphorus and linear response to potassium were observed.

Additional index words:. *Phaseolus vulgaris*, maximum and economic levels.