

EFEITO DA CALAGEM E DA ADUBAÇÃO FOSFATADA E NITROGENADA NA NODULAÇÃO E PRODUÇÃO DO FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris*)¹

DEJAIR LOPES DE ALMEIDA², GILBERTO GASTIM PESSANHA³ e ALBERTO DE FIGUEIREDO PENTEADO⁴

SINOPSE.— Num experimento de campo para verificar o efeito do calcário e do fósforo na nodulação e produção do feijoeiro em solo podzólico vermelho-amarelo, Série Itaguaí, usou-se um fatorial 3² no delineamento de blocos incompletos com confundimento parcial dos componentes X e Y da interação de 2.^a ordem. Os tratamentos nitrogenados usados foram: sem nitrogênio, inoculação com *Rhizobium phaseoli* e 40 kg/ha de N mineral.

Constatou-se um aumento significativo na produção pela aplicação de nitrogênio mineral, fósforo e calcário, tendo estes últimos causado efeitos lineares. As respostas ao nitrogênio, fósforo e calcário, medidas na produção de grãos de feijão, foram, respectivamente, para nitrogênio mineral, 51,6% e 47,7% em relação à inoculação e testemunha; para fósforo (80 e 160 kg/ha de P₂O₅), 36,3% e 35,1%, e para calcário (1 e 2 t/ha), 16,7% e 22,9%.

Com relação à nodulação, verificou-se que o peso seco dos nódulos foi aumentado pela aplicação de fósforo e calcário, no entanto, não foi significativa a correlação entre nodulação e produção. Na ausência de calcário, constatou-se alta correlação entre a produção e os teores de N e P determinados na planta na época da floração. Verificou-se, ainda, que somente o fósforo teve efeito significativo sobre o peso seco das plantas colhidas na época da floração.

INTRODUÇÃO

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma das culturas brasileiras de grande importância econômica por ser a principal fonte de proteína na alimentação do povo brasileiro e cultivada em todas as regiões do País. A produção média brasileira de 605 kg/ha (Ministério da Agricultura 1969) é muito baixa, sendo ainda inferior no Estado do Rio de Janeiro (547 kg/ha). Esta baixa produtividade é devida a vários fatores, entre os quais podem-se citar como principais: métodos inadequados de cultivo, pobreza dos solos e não utilização de variedades melhoradas. Entre estes fatores, a prática de adubação merece especial atenção, tendo em vista que a maioria dos nossos solos é explorado intensivamente, e a não utilização de fertilizantes em nossas condições pelos agricultores.

Experimentos desse tipo, realizados em outros Estados, têm demonstrado aumentos na produção do feijoeiro com o uso da adubação.

Com relação aos vários trabalhos publicados sobre adubação com essa cultura podem-se citar Andrade e Coimbra (1953), Gouvêa *et al.* (1954), Silva e Gouvêa (1955) e Vieira e Gomes (1961) que, em experimentos realizados em diversos tipos de solos e regiões de Minas Gerais, obtiveram sempre resposta do feijoeiro à adubação fosfatada e nenhuma aos outros elementos estudados.

Miyasaka *et al.* (1964), em solo de arenito de Botucatu, vegetação de cerrado, no Estado de São Paulo, também obtiveram efeito significativo somente de fósforo, que foi mais pronunciado em presença de calagem. Miyasaka *et al.* (1966), em solos do Vale do Paraíba, constataram que, em presença ou não da calagem, o efeito do nitrogênio foi pequeno, do potássio, negativo, e do fósforo, altamente significativo.

Fontes *et al.* (1965), em solos da Zona da Mata em Minas Gerais, verificaram que o feijoeiro respondeu muito bem ao fósforo, enquanto para nitrogênio e potássio não houve resposta.

Em latossolo vermelho-amarelo fortemente ácido, Mascarenhas *et al.* (1969), em experimentos realizados em São Paulo, observaram que o calcário e fósforo são mais eficientes quando aplicados juntos.

Apesar das pesquisas feitas em fontes bibliográficas a respeito de dados experimentais obtidos no Estado do Rio de Janeiro sobre adubação, não se encontrou nenhuma referência sobre o assunto. Isto levou ao planejamento deste ensaio, que visou estudar os níveis de fósforo e calagem capazes de proporcionar uma produção econômica do feijoeiro em nossas condições.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em solo podzólico vermelho-amarelo, Série Itaguaí, fase arenosa, em área do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. A análise química do solo, de acordo com os métodos preconizados pelo Plano Nacional de Análises Rápidas do Solo, revelou os seguintes resultados: 0 ppm de P; 53 ppm de K; 2,0 mE/100 cm³ de Ca + Mg; 0,3 mE/100 cm³ de Al e pH igual a 5,5.

¹ Aceito para publicação em 19 abr. 1972.

² Eng.º Agrônomo do Setor de Solos do Instituto de Pesquisa Agropecuária do Centro-Sul (IPEACS), Km 47, Campo Grande, GB, ZC-26, e Pesquisador Assistente, bolsista do Conselho Nacional de Pesquisas.

³ Auxiliar de Ensino Superior, M.Sc. em Fitotecnia, do Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Km 47, Campo Grande, GB, ZC-26.

⁴ Professor Adjunto do Instituto de Matemática, Física e Química da UFRJ.

Adotou-se um fatorial 3³, lançado no campo no delineamento de blocos incompletos com confundimento parcial dos componentes X e Y da interação de segunda ordem (Cochran & Cox 1957) e com duas repetições. Os tratamentos usados foram: três níveis de P (P₀ = 0, P₁ = 80 e P₂ = 160 kg/ha de P₂O₅); três níveis de calcário (Ca₀ = 0, Ca₁ = 1 e Ca₂ = 2 t/ha) e duas fontes de nitrogênio (N₁ = inoculação das sementes com *Rhizobium phaseoli* e N₂ = 40 kg/ha de N mineral), além da testemunha (N₀). O potássio foi usado em dose única de 20 kg/ha de K₂O e constante para todos os tratamentos. As fontes de adubos usadas foram, superfosfato simples (super-30, no comércio), com 30% de P₂O₅, sulfato de amônio, com 20% de N, cloreto de potássio, com 60% de K₂O, e calcário dolomítico, com 23,6% de Ca₀ e 15,0% de MgO. Os adubos fosfatados e potássico e o calcário foram distribuídos nos sulcos por ocasião do plantio e o nitrogênio foi aplicado em cobertura 25 dias após o plantio.

O plantio foi realizado no dia 1.10.70 (época das águas), usando-se o cultivar "Cuva 168-N" de semente preta. As parcelas foram constituídas por quatro fileiras de 5 m de comprimento e espaçadas de 0,40 x 0,20 m com duas plantas/cova, sendo a área total das parcelas 8,00 m² e a área útil 3,68 m².

Na época da floração, foram colhidas 10 plantas das parcelas correspondentes a cada tratamento para fins de contagem e pesagem dos nódulos e determinação do peso seco e teores de N e P nas plantas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos estão reunidos nos Quadros 1 e 2.

A análise estatística dos diversos caracteres estudados foi feita em blocos incompletos mas, devido à pouca eficiência apresentada por este delineamento nas condições em que foi realizado o experimento, adotou-se a análise fatorial em delineamento experimental de blocos ao acaso. As estimativas de variância das diversas fontes de variação com nível de significância encontram-se no Quadro 3.

No Quadro 1 pode-se observar que o desenvolvimento dos nódulos na planta (peso de nódulos em 10 plantas) foi influenciado pela adição de fósforo e calcário no solo, apresentando um efeito linear e quadrático para o primeiro e somente linear para o segundo. Os tratamentos nitrogenados não mostraram significância; observou-se, porém, uma tendência para aumentar o peso dos nódulos pela inoculação de sementes com *Rhizobium*

QUADRO 1. Médias e intervalos de confiança das médias de produção, "Stand" e peso seco da planta e dos nódulos

Níveis	Produção (kg/ha)				"Stand" (pl./parcela)				Peso seco de 10 plantas (g)				Peso seco nódulos 10 plantas (mg transf. $\sqrt{n+1}$)			
	Níveis		Médias		Níveis		Médias		Níveis		Médias		Níveis		Médias	
	N ₀	N ₁	N ₂		N ₀	N ₁	N ₂		N ₀	N ₁	N ₂		N ₀	N ₁	N ₂	
F ₀	394	419	675	496	83	84	87	84	40,8	38,8	39,7	39,7	6,7	7,9	5,0	6,5
P ₁	628	570	830	676	86	89	85	86	42,0	50,6	48,1	46,9	14,9	22,3	15,9	17,7
P ₂	556	581	875	670	85	83	89	85	49,4	49,2	64,4	54,3	14,8	21,2	18,3	18,1
Ca ₀	530	534	574	546	84	84	87	85	39,2	43,3	50,2	44,2	5,8	14,3	9,3	9,8
Ca ₁	479	749	683	637	84	88	83	85	34,5	56,1	54,1	48,2	6,5	22,0	21,7	16,7
Ca ₂	513	745	755	671	86	87	88	87	45,6	41,3	58,6	48,5	7,4	16,8	23,3	15,8
N ₀	Ca ₀	Ca ₁	Ca ₂		Ca ₀	Ca ₁	Ca ₂		Ca ₀	Ca ₁	Ca ₂		Ca ₀	Ca ₁	Ca ₂	
	476	628	507	537	83	85	86	84	42,9	44,4	44,8	44,0	8,4	14,4	13,6	12,1
N ₁	380	466	723	523	84	82	90	85	44,9	44,7	49,0	46,2	13,0	19,5	19,0	17,1
N ₂	782	817	782	793	87	88	85	86	44,9	55,5	51,8	50,7	8,1	16,3	14,9	13,1
Intervalos de confiança				42				1				2,4				2,0

QUADRO 2. Médias e intervalos de confiança das médias de N e P percentuais e totais

Níveis	Porcentagem de N				N total de 10 plantas				Porcentagem de P				P total de 10 plantas			
	Níveis		Médias		Níveis		Médias		Níveis		Médias		Níveis		Médias	
	N ₀	N ₁	N ₂		N ₀	N ₁	N ₂		N ₀	N ₁	N ₂		N ₀	N ₁	N ₂	
F ₀	2,1	1,8	2,6	2,1	653	693	1024	790	0,24	0,24	0,25	0,24	93	90	98	93
P ₁	2,0	2,1	2,4	2,1	817	1065	1176	1019	0,30	0,28	0,30	0,29	124	143	145	137
P ₂	1,9	1,9	2,5	2,1	956	956	1582	1164	0,27	0,32	0,31	0,30	129	161	195	161
Ca ₀	P ₀	P ₁	P ₂		P ₀	P ₁	P ₂		P ₀	P ₁	P ₂		P ₀	P ₁	P ₂	
	2,1	2,0	1,9	2,0	790	866	1069	888	0,23	0,33	0,33	0,29	85	145	170	133
Ca ₁	2,1	2,3	2,1	2,1	866	1279	1163	1002	0,24	0,29	0,27	0,26	81	101	143	128
Ca ₂	2,2	2,2	2,3	2,2	1013	914	1322	1083	0,26	0,26	0,30	0,27	115	106	171	130
N ₀	Ca ₀	Ca ₁	Ca ₂		Ca ₀	Ca ₁	Ca ₂		Ca ₀	Ca ₁	Ca ₂		Ca ₀	Ca ₁	Ca ₂	
	1,8	2,0	2,1	1,9	757	708	961	808	0,27	0,26	0,27	0,26	116	112	118	115
N ₁	1,8	2,0	2,0	1,9	824	930	961	905	0,31	0,27	0,26	0,28	141	123	130	131
N ₂	2,4	2,5	2,6	2,5	1084	1371	1327	1260	0,31	0,27	0,28	0,28	142	151	145	146
Intervalos de confiança				0,06				63				0,02				12

QUADRO 3. Estimativa da variância das fontes de variação de caracteres em feijão*

Fontes de variação	G.L.	Produção (kg/ha)	"Stand" (pl./parcela)	Peso seco dos nódulos de 10 plantas (mg transf. $\sqrt{n+1}$)	Peso seco de 10 plantas (g)	Porcentagem de N	N total de 10 plantas (mg)	Porcentagem de N	P total de 10 plantas (mg)
N	2	417989**	40	127,61	208,96	1,76**	521143**	0,0012	4249
P'	1	240590**	20	1200,62**	1908,23*	0,004	1264875**	0,0266*	41412**
P''	1	91002	26	348,13	0,32	0,018	21280	0,0065	1114
Ca'	1	140500*	30	327,00*	165,89	0,46**	340861**	0,0049	56
Ca''	1	9660	12	185,91	41,19	0,06	3616	0,0038	135
NP	4	5671	44	22,09	180,93	0,10	105492	0,0022	1601
N _{Ca}	4	78907	45	2,30	56,52	0,01	54948	0,0009	274
PCa	4	34614	33	95,31	297,51	0,04	290435*	0,0046	4114
Repetições	1	7350	1	222,45	2536,55*	0,27*	467604*	0,0914**	6867
Resíduo	34	32290	29	70,78	154,75	0,06	71137	0,0043	2602
C.V. (%)		29,0	6,3	59,3	27,0	11,4	26,0	23,4	39,2
D.M.S. Nitrogênio		121	—	—	—	0,2	179	—	—
Interações		—	—	—	—	—	310	—	—

* = significativo ao nível de 5%, ** = significativo ao nível de 1%.

phaseoli em relação à testemunha e à dose de N mineral usada. A adição de fósforo ao solo provocou um aumento no peso de nódulos de 172,0% e 178% para 80 e 160 kg/ha de P_2O_5 em relação ao tratamento sem fósforo, enquanto o calcário com 1 t/ha provocou um aumento de 70,0% (Quadro 1). Esses resultados obtidos concordam, em parte, com os encontrados na soja (Arruda & Döbereiner 1967) e no feijão (Ruschel *et al.* 1966).

A análise estatística efetuada para a porcentagem de N na planta mostrou resposta ao tratamento nitrogenado e uma reação linear ao calcário (Quadro 3). A dose de N mineral de 40 kg/ha e as doses de 1 e 2 t/ha de calcário provocaram, respectivamente, aumentos de 31,5%, 5,0% e 10,0% em relação à testemunha na porcentagem de N nas plantas. Constataram-se, na análise do N total de 10 plantas, efeitos significativos para o tratamento nitrogenado, fósforo e calcário linear e também para a interação PCa. Os aumentos provocados na quantidade do N total das plantas, em relação à testemunha, pela inoculação e N mineral, 80 e 160 kg/ha de P_2O_5 e 1 e 2 t/ha de calcário foram respectivamente 12,0% e 55,9%, 29,0% e 47,3%, e 12,8% e 22,0% (Quadro 2). Pela análise do quadro da quantidade de N total da interação PCa pôde-se verificar que o efeito do fósforo foi linear na ausência do calcário, enquanto que na presença das doses de 1 e 2 t/ha, o efeito foi quadrático, havendo um máximo na dose de 80 kg/ha de P_2O_5 com a dose de 1 t/ha de calcário. Houve, porém, na dose de 2 t/ha, uma tendência para um mínimo quando se usou a dose de 80 kg/ha de P_2O_5 .

O peso de 10 plantas, porcentagem de P e o P total de 10 plantas cresceram linearmente com aplicação de fósforo no solo, provocando aumentos de: 18,1% e 36,8%; 20,8% e 25,0% e 47,3% e 73,1% para as doses de 80 e 160 kg/ha de P_2O_5 em relação à testemunha, respectivamente (Quadros 1 e 2).

A produção do feijoeiro mostrou ser influenciada significativamente pela aplicação de N mineral, fósforo e calcário, tendo estes últimos causado efeitos lineares. Os aumentos de produção de feijão foram da ordem de: N mineral (40 kg/ha de N) de 51,6% e 47,7% em relação respectivamente à inoculação e à testemunha; 80 e 160 kg/ha de P_2O_5 de 36,3% e 35,1% e 1 e 2 t/ha de calcário de 16,7% e 22,9% em relação à ausência de fósforo e de cálcio, respectivamente (Quadro 1). Esses resultados concordam em parte com os trabalhos feitos por Miyasaka *et al.* (1965), Miyasaka e Mascarenhas (1968) e Mascarenhas *et al.* (1967). Em trabalhos rea-

lizados com milho, neste mesmo solo, Eira *et al.* (1968), obtiveram respostas semelhantes no que diz respeito ao fósforo e ao nitrogênio.

A fim de possibilitar conclusões estatísticas e agrônômicas sobre a produção, tendo-se em vista a análise foliar de N e P, determinados nas plantas colhidas na época de floração, efetuou-se a regressão parcial entre produção, porcentagem de N e porcentagem de P para todos os tratamentos, verificando-se a não significância para a regressão linear entre estes parâmetros. Julgando que este resultado tenha sido em virtude do efeito do calcário que interfere na assimilação do nitrogênio e fósforo pelas plantas, fez-se esta mesma análise somente para os tratamentos sem calcário. A equação obtida e o coeficiente de determinação indicaram que estes parâmetros estão altamente correlacionados, sendo que o coeficiente de determinação igual a 0,71 indica que 71% da variação da produção dos nove tratamentos estudados são explicados pela equação em que os dados foram ajustados.

A equação obtida foi a seguinte:

$$Y = -1388,0 + 559,432 X_1 + 341,235 X_2$$

Pelos resultados obtidos, verificou-se que a previsão é possível quando se estuda a correlação entre a produção, porcentagem de N e porcentagem de P no caso de adubar somente com fontes de nitrogênio e fósforo. No caso de se introduzirem outros tratamentos, deve-se também efetuar a análise foliar dos elementos aplicados às plantas.

CONCLUSÕES

Nas condições em que foi efetuado o experimento, pode-se concluir que houve uma resposta na produção do feijoeiro para o nitrogênio mineral, fósforo e calcário. As respostas ao fósforo e calcário foram lineares, indicando que as doses usadas na experiência não foram suficientes para se alcançar um máximo de produção. Em relação à nodulação, verificou-se que o peso seco dos nódulos foi aumentado pela aplicação de fósforo e calcário. Apesar de os efeitos dos adubos sobre a produção e a nodulação terem sido semelhantes, não se constatou correlação entre produção e nodulação. Constatou-se alta correlação entre a produção e os teores de N e P existentes na planta em ausência de calcário. Verificou-se ainda que somente o fósforo teve ação significativa sobre o aumento de peso seco da planta.

REFERÊNCIAS

- Andrade, M.E. & Coimbra, R.O. 1953. Experimento de adubação em feijão NPK. X Reunião de Técnicos, Belo Horizonte, Minas Gerais. 11 p.
- Arruda, N.B. & Döbereiner, J. 1967. Interrelações entre variedades e nutrição na nodulação e simbiose da soja. *Pesq. agropec. bras.* 2:475-487.
- Cochran, W.G. & Cox, G.M. 1957. *Experimental designs*. 2.ª ed. J. Wiley, New York. 612 p.
- Eira, P.A.da, Ruschel, A.P. & Macedo, P.T.de 1968. Verificação das produções máxima e econômica em milho correlacionadas com adubação de nitrogênio e fósforo. VII Reun. Bras. Milho, Viçosa, Minas Gerais.
- Fontes, L.A.N., Gomes, F.R. & Vieira, C. 1965. Resposta do feijoeiro à aplicação de NPK e calcário na Zona da Mata, Minas Gerais. *Ceres* 12(71):265-285.
- Gouvêa, F.C., Andrade, M.E. & Coimbra, R.O. 1954. Adubação NPK em feijão. *Bolm Agric., Inst. Agron. Minas Gerais*, 3(11,12):67-68.
- Mascarenhas, H.A.A., Miyasaka, S., Igue, T., Lovadini, L.A. & Freire, E.S. 1967. Adubação mineral do feijoeiro. Efeitos do nitrogênio, fósforo, potássio e da calagem em campos cercados do Planalto Paulista. *Bragantia* 26(22):302-316.
- Mascarenhas, H.A.A., Almeida, L.D.de, Miyasaka, S., Freire, E.S., Cione, J., Hiroce, R. & Nery, J.P. 1969. Adubação mineral do feijoeiro. Efeito da calagem, do nitrogênio e do fósforo em solo latossolo vermelho-amarelo do Vale da Ribeira. *Bragantia* 28(7):71-84.
- Ministério da Agricultura 1969. *Produção Agrícola*. ECEPLAN-ESCO, Brasília. 57 p.
- Miyasaka, S., Freire, E.S. & Mascarenhas, H.A.A. 1964. Ensaio de adubação de soja e do feijoeiro em solo do 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 do arenito de Bauru. *Bragantia* 24(20):231-245.
- Miyasaka, S., Freire, E.S., Igue, T., Schmidt, N.C. & Leite, N. 1966. Adubação mineral do feijoeiro. V. Efeitos de N, P, K, S e de uma mistura de micronutrientes, em dois solos do Vale do Paraíba. *Bragantia* 25(28):307-316.
- Miyasaka, S. & Mascarenhas, H.A.A. 1968. Estudos mais recentes com feijoeiro. *FIR* 6:44-55.
- Ruschel, A.P., Britto, D.P.P.de S. & Dögereiner, J. 1966. Fixação simbiótica de nitrogênio atmosférico em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) II. Influência do magnésio, do boro, do molibdênio e calagem. *Pesq. agropec. bras.* 1:141-145.
- Silva, T. & Gouvêa, F.C. 1955. Ensaio de adubação para feijão. *Bolm Agric., Inst. Agron. Minas Gerais*, 4(11,12):139.
- Vieira, C. & Gomes, F.R. 1961. Ensaio de adubação química do feijoeiro, Viçosa, Minas Gerais. *Ceres* 11(65):253-264.

ABSTRACT.- Almeida, D.L.de; Pessanha, G.G.; Penteado, A.de F. [Effects of liming and phosphorus and nitrogen fertilizer on nodulation and yield of beans (*Phaseolus vulgaris*)]. Efeito da calagem e da adubação fosfatada e nitrogenada na nodulação e produção do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*). *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Série Agronomia* (1973) 8, 127-130 [Pt, en] IPEACS, Km 47, Rio de Janeiro, GB, ZC-26, Brazil.

A field experiment was carried out in a red yellow podzolic soil (Series Itaguai) using a 3rd factorial with incomplete blocks and partial confounding of the components X and Y in the second grade interaction. The nitrogen treatments were nil, inoculation and 40 kg/ha of N.

The application of mineral nitrogen, phosphorus and lime increased bean yield significantly. The effect of lime and phosphorus was linear. The relative increases were 51.6% and 47.7% for mineral nitrogen in relation to inoculation and check respectively, 36.3% and 35.1% for 80 and 160 kg P₂O₅ respectively and 16.7 and 22.9% for 1 and 2 t/ha of lime.

Nodule dry weight was increased by phosphorus and lime but the correlation between nodule weight and grain yield was not significant. Nitrogen and phosphorus content of the plants at flowering time was highly correlated with grain yield, in the absence of lime. Plant growth until flowering was affected by the phosphorus treatments only.