

ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA O FEIJOEIRO IRRIGADO EM SOLO DE CERRADO¹

MOREL PEREIRA BARBOSA FILHO² e OSMIRA FÁTIMA DA SILVA³

RESUMO - Em três experimentos de campo, avaliaram-se os efeitos da calagem, da adubação de plantio e de N em cobertura, para o feijoeiro comum. No primeiro experimento, testaram-se doses de calcário (0, 3, 6, 9, 12, e 15 t ha⁻¹); no segundo, a resposta de cinco cultivares/linhagens de feijoeiro (Aporé, Carioca, Novo Jalo, MA534657 e MA534666-2) à aplicação no sulco de plantio de 200, 400 e 600 kg ha⁻¹ do fertilizante 4-30-16 mais 30 kg ha⁻¹ de N em cobertura aos 25 dias após germinação, e no terceiro, as doses de N (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹) aplicadas em cobertura a intervalos de dez dias, a partir dos 20 até aos 70 dias após a emergência das plântulas. A dose de 30 kg ha⁻¹ foi parcelada em uma e duas vezes, e as demais doses, em duas, três e seis vezes. A calagem aumentou a absorção de N, P, K, Ca, Mg e Cu e a produtividade do feijoeiro em até 37%. A cultivar Aporé foi a mais produtiva e a que mais respondeu à adubação. Com exceção da Carioca, as produtividades máximas das demais cultivares/linhagens foram alcançadas com a dose de 400 kg ha⁻¹ de fertilizante mais 30 kg ha⁻¹ de N em cobertura. Houve resposta até a dose máxima testada de 120 kg ha⁻¹ de N, atingindo produtividade máxima de 3.170 kg ha⁻¹. O parcelamento de N em cobertura não afetou a produtividade do feijoeiro.

Termos para indexação: *Phaseolus vulgaris*, irrigação, grãos, rendimento, nutrientes minerais, adubos nitrogenados, absorção de nutrientes.

FERTILIZATION AND LIMING TO THE IRRIGATED COMMON BEAN CROP ON A "CERRADO" SOIL

ABSTRACT - Three experiments were carried out to study the effect of different rates of lime, levels of basal chemical fertilizers and split N applications on common bean. The first experiment studied the response of bean to six rates of lime (0, 3, 6, 9, 12 and 15 ton ha⁻¹). In the second experiment the response of five bean cultivars/lines (Aporé, Carioca, Novo Jalo, MA534657, and MA534666-2) to three rates of basal fertilizer treatments (200, 400 and 600 kg ha⁻¹ of 4-30-16 complex fertilizer) plus N side dressing of 30 kg ha⁻¹ at 25 days after germination was studied. The third experiment studied the effect of different rates of N fertilization (0, 30, 60, 90 and 120 kg ha⁻¹) applied in one, two, three, and six split applications at ten days interval, from 20 to 70 days after germination. Liming increased the absorption of N, P, K, Ca, Mg and Cu and bean yield up to 37%. Aporé cultivar was the most productive and the most responsive to fertilization. Maximum yield of cultivars/lines was obtained with 400 kg ha⁻¹ of fertilizer plus 30 kg ha⁻¹ of N, except for Carioca cultivar. In the third experiment the bean yield increased by N fertilization up to 120 kg ha⁻¹ and the highest yield was 3,170 kg ha⁻¹. The number of split N in side dressing applications did not affect bean yield.

Index terms: *Phaseolus vulgaris*, irrigation, grains, yields, mineral nutrients, nitrogen fertilizers, nutrient uptake.

¹ Aceito para publicação em 14 de dezembro de 1999.

² Eng. Agrôn., Dr., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), Caixa Postal 179, CEP 74375-000 Santo Antônio de Goiás, GO.

E-mail: morel@cnpaf.embrapa.br

³ Econ., Embrapa-CNPAP. E-mail: osmira@cnpaf.embrapa.br

INTRODUÇÃO

O emprego da irrigação na estação seca, a menor incidência de doenças e pragas, e o fato de não haver limitações de temperatura nessa época, fazem com que os solos na área de cerrado, em geral latossolos, sejam explorados de forma intensiva e contínua. Com

isso, esses solos, além de serem naturalmente pobres no que se refere à fertilidade, sofrem anualmente grandes remoções de nutrientes pelas colheitas, fazendo com que cuidados especiais devam ser tomados em relação ao seu manejo de adubação e fertilidade. Nesse caso, a correção da acidez com calcário e a adubação das culturas são práticas comprovadamente indispensáveis ao manejo dos solos, sem as quais teria sido impossível a instalação, na região de cerrados, de culturas como a soja, o milho e o feijão.

Embora muitas pesquisas tenham sido realizadas objetivando a correção da acidez e a adubação de diferentes culturas de verão (Goedert & Lobato, 1988), em culturas de inverno as pesquisas ainda são incipientes. O feijoeiro irrigado por pivô central é a cultura mais plantada no inverno. No entanto, os resultados de pesquisa sobre calagem e adubação nessas condições são insuficientes e ainda não há uma recomendação que seja completamente efetiva.

Frizzone (1986) mostrou que, para uma lâmina de água de 349,7 mm, foram necessários 90 kg ha⁻¹ de N, indicando, assim, que a necessidade de N do feijoeiro irrigado (cultivar Carioca), plantado no outono-inverno, é maior que a do plantado nas épocas tradicionais no verão. Barbosa Filho & Silva (1994) verificaram resposta significativa ao N aplicado em cobertura até a dose máxima testada de 120 kg ha⁻¹ de N, com níveis de produtividade acima de 3 t ha⁻¹. Quanto à calagem e à adubação de plantio, os mesmos autores observaram aumentos de até 54% na produtividade do feijoeiro (cultivar Aporé), decorrentes da calagem e de uma dose econômica de adubação NPK, no plantio, de 360 kg ha⁻¹ do formulado 4-30-16, para uma produtividade de 2.234 kg ha⁻¹. Tal fato evidenciou, portanto, que para níveis de produtividade das cultivares de feijão cultivadas sob irrigação por pivô central, se fazem necessárias doses mais elevadas de fertilizantes.

Entre as deficiências nutricionais que ocorrem na cultura do feijoeiro irrigado, a de N é a mais frequente. Na adubação nitrogenada, tem-se usado uma aplicação por ocasião do plantio e uma aplicação em cobertura, num total não superior a 50 kg ha⁻¹ de N. Além de essa adubação ser insuficiente para atender às necessidades do feijoeiro irrigado, pode haver perdas de parte do N aplicado, embora nas condi-

ções de irrigação por pivô central não haja grandes movimentos da água de irrigação.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da calagem e da adubação de plantio e da aplicação de N em cobertura, na produtividade do feijoeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram instalados três experimentos sob pivô central, na área experimental da Fazenda Capivara, da Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), no município de Santo Antônio de Goiás, GO. No primeiro experimento, avaliou-se o efeito de doses de calcário (0, 3, 6, 9, 12 e 15 t ha⁻¹) sobre a produtividade e absorção de nutrientes pelo feijoeiro, utilizando-se o delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. No segundo, avaliou-se a resposta de cinco cultivares/linhagens de feijoeiro (Aporé, Carioca, Novo Jalo, MA534657 e MA534666-2) à aplicação no sulco de plantio de 200, 400 e 600 kg ha⁻¹ de fertilizante 4-30-16, mais 30 kg ha⁻¹ de N em cobertura, utilizando-se o delineamento de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas, com três repetições; as doses de fertilizantes foram colocadas nas parcelas, e as cultivares/linhagens, nas subparcelas. No terceiro experimento, avaliaram-se doses de N (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹) aplicadas em cobertura a intervalos de dez dias, a partir dos 20 até aos 70 dias após a emergência das plântulas. A dose de 30 kg ha⁻¹ foi parcelada em uma e duas vezes, e as demais, em duas, três e seis vezes. Neste experimento, o delineamento foi o de blocos casualizados, com três repetições. A cultivar utilizada no primeiro e terceiro experimentos foi a Aporé, e, como fonte de N, nos três experimentos, foi usada a uréia.

Antes do preparo do solo, que constou de uma aração e duas gradagens, e da instalação dos experimentos, foi realizada análise química e física das amostras do solo coletadas por blocos na área experimental na camada de 0-20 cm de profundidade. A média dos resultados analíticos indicaram pH em H₂O (1:2,5) 5,2; 5,0 mg dm⁻³ de P; 89 mg dm⁻³ de K⁺; 2,10 cmol_c dm⁻³ de Ca²⁺ + Mg²⁺; 5,58 cmol_c dm⁻³ de H⁺ + Al³⁺; 0,5 cmol_c dm⁻³ de Al³⁺; 29,1% de saturação por bases (V%); 7,9 cmol_c dm⁻³ de CTC efetiva; 2,3 cmol_c dm⁻³ de soma de bases (S); 15 g kg⁻¹ de matéria orgânica; 380 g kg⁻¹ de argila; 220 g kg⁻¹ de silte e 400 g kg⁻¹ de areia. As análises foram feitas segundo metodologia descrita por Embrapa (1997). O solo foi caracterizado como Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, textura franco-argilosa.

O primeiro experimento recebeu uma adubação de 16-120-64 kg ha⁻¹ de N-P₂O₅-K₂O, respectivamente, no

plântio, e 30 kg ha⁻¹ de N em cobertura aos 25 dias após a emergência das plantas. No segundo e o terceiro experimentos foi feita uma calagem com 3,0 t ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT = 100%), distribuído a lanço uma semana antes do plantio. A semeadura foi feita em linhas com espaçamento de 50 cm, em parcelas experimentais de 4 x 5 m, e de forma a obter uma população de aproximadamente 240.000 plantas por hectare. No terceiro experimento, foi feita uma adubação de plantio com 400 kg ha⁻¹ do formulado 4-30-16.

No controle de pragas do solo, foram aplicados 20 kg ha⁻¹ de furadum granulado 5G e no controle da vaquinha (*Diabrotica speciosa*), o azodrin. O experimento foi mantido livre de ervas daninhas empregando-se, inicialmente, o herbicida pós-emergente 2,4 D, e, posteriormente, através de capinas manuais.

A resposta do feijoeiro à calagem, à adubação NPK de plantio e aos diferentes tratamentos com N aplicado em cobertura foi avaliada pela produção de grãos e pela absorção de nutrientes pelas plantas durante o ciclo da cultura. No experimento de calagem (experimento 1) foi avaliada a produção de grãos e a absorção de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn. Para isto, foram colhidas dez plantas por parcela para análise, por ocasião da floração e da colheita. Para avaliar o efeito da calagem no pH do solo e na porcentagem de saturação por bases, foram coletadas amostras de solo por parcela para as análises químicas de pH, Ca, Mg, K e H + Al após 110 e 362 dias depois da aplicação do calcário. No experimento de adubação NPK de plantio (experimento 2) foram colhidas dez plantas por parcela a cada dez dias após a emergência das plântulas, até o final do ciclo da cultura. Neste experimento, as plantas foram separadas em caule + folhas, vagem e grãos para análise de N, P, K, Ca e Mg. No experimento de N em cobertura (experimento 3), a resposta do feijoeiro ao N foi avaliada pela produção de grãos. O material vegetal foi secado em estufa até peso constante, moídas e submetidas à digestão com ácido

sulfúrico concentrado para análise de N e com uma mistura de ácidos nítrico e perclórico na relação de 2:1 para análise de P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn e Zn. Utilizou-se o digestor marca Tecator 1016 na determinação do N total no material; o P foi determinado colorimetricamente, enquanto os demais nutrientes foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica (Morais & Rabelo, 1986). Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão quando necessário, e a comparação de médias feita pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resposta à calagem

A aplicação de 15 t ha⁻¹ de calcário promoveu elevação do pH do solo para 6,1 aos 110 dias de sua aplicação, e para 6,5 aos 362 dias (Tabela 1). Houve sensível aumento na porcentagem de saturação por bases (V%), devido, principalmente, ao aumento nas concentrações de Ca e Mg. Como consequência desse aumento da saturação por bases do solo, houve um aumento correspondente na produção de grãos, representada pela equação linear $Y = 2159,190 + 42,485X$ ($R^2 = 0,865^{***}$). Tais resultados demonstram a importância da calagem para o feijoeiro irrigado e para a melhoria da fertilidade do solo. Mesmo se considerar o curto espaço de tempo de reação do calcário com o solo (110 dias), a calagem efetuada com 3, 6, 9, 12 e 15 t ha⁻¹ de calcário respondeu, respectivamente, por um aumento de 19%, 19%, 29%, 29% e 37% no rendimento do feijoeiro (Tabela 1).

TABELA 1. Alterações no pH e na porcentagem por saturação de bases (V) do solo, e rendimento do feijoeiro irrigado por aspersão em função de doses de calcário.

Calcário	pH em H ₂ O (1:2,5) após 110 dias	pH em H ₂ O (1:2,5) após 362 dias	V após 110 dias	V após 362 dias	Rendimento	Aumento
(t ha ⁻¹)			----- (%) -----		(kg ha ⁻¹)	(%)
0	4,9	4,8	17	19	2.031	-
3	5,3	5,4	30	33	2.423	19,3
6	5,5	5,9	36	50	2.414	18,8
9	5,8	5,8	45	45	2.616	28,8
12	5,9	6,1	45	50	2.616	28,8
15	6,1	6,5	53	60	2.767	36,6

Apesar do aumento de produtividade do feijoeiro promovido pela calagem, os níveis de produção podem ser considerados ainda baixos se comparados com as produtividades alcançadas por Barbosa Filho & Silva (1994) com a mesma cultivar e em condições de solo e clima semelhantes. É possível que o feijoeiro cultivado sob sistema irrigado no inverno necessite de condições de solo ainda melhores do que as conseguidas pela calagem e pela adubação empregada no presente experimento.

A quantidade de nutrientes removida do solo por uma cultura varia em função da produtividade e da massa vegetal produzida. Assim, à medida que o rendimento do feijoeiro aumentou em função das doses de calcário aplicadas, ocorreu, também, um aumento na remoção dos macronutrientes N, P, K, Ca e Mg pela parte aérea das plantas. Entre os macronutrientes, o N foi o que apresentou absorção em quantidade mais elevada pelo feijoeiro, seguido do K, Ca, P e Mg. Entre os micronutrientes, as quantidades absorvidas obedeceram à seqüência Fe > Mn > Zn > Cu (Tabela 2).

Com base na quantidade total absorvida (parte aérea + grãos) na média dos tratamentos com calcário (Tabela 2), calcula-se que, para a produção de uma tonelada de grãos, houve necessidade de 47 kg de

N, 5,0 kg de P, 37,0 kg de K, 11,9 kg de Ca, 3,9 kg de Mg, 17 g de Cu, 500 g de Fe, 94 g de Mn e 72 g de Zn. Além dessas quantidades de nutrientes removidas pela parte aérea (caule + folhas) da planta, há necessidade de se levar em conta, também, que parte considerável dos nutrientes é temporariamente imobilizada nas raízes.

Como uma parte considerável dos fertilizantes aplicados permanece no solo ou é removida sob várias formas, é importante considerar esse aspecto no processo de adubação. No caso do N, por exemplo, aproximadamente 50% do total absorvido é exportado pelos grãos, e o restante permanece no solo na forma de restos vegetais. Outros dois nutrientes mais exportados são o P (63%) e o Cu (60%), seguidos do Mg (36%), do K (35%), do Mn (17%), do Ca (16%), do Fe (14%) e do Zn (14%) (Tabela 2).

Tais dados são importantes em termos de manejo da fertilidade do solo, pois permitem estimar o aproveitamento dos fertilizantes pelas culturas e a necessidade de adubação, em função dos níveis de produtividade desejados. Outro aspecto importante, no caso do P, é a pequena quantidade requerida pelo feijoeiro, diante da quantidade inicialmente aplicada. Esse fato é também relatado em relação a outras culturas, e está relacionado com a alta capacidade de

TABELA 2. Remoção de nutrientes do solo pelo feijoeiro irrigado por aspersão em função de doses de calcário.

Calcário (t ha ⁻¹)	Quantidade removida de nutrientes								
	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
	(kg ha ⁻¹)								
	Parte aérea (caule + folhas)								
0	44	3,8	53	15	4,7	14	985	244	171
3	47	4,1	58	21	5,8	14	1.010	210	136
6	55	4,1	61	27	6,4	18	1.108	192	152
9	55	5,0	63	26	6,4	18	1.145	180	160
12	49	4,7	55	28	6,4	19	992	186	142
15	60	5,6	68	32	7,1	20	1.131	161	156
Média	52	4,6	60	25	6,1	17	1.062	195	153
	Grãos								
0	50	5,6	27	3,5	2,8	20	122	50	20
3	62	7,8	32	4,5	3,4	24	171	39	24
6	64	7,5	30	4,2	3,2	23	201	35	23
9	71	8,2	36	5,2	3,7	27	180	36	27
12	72	8,2	37	5,2	3,7	26	198	35	26
15	75	9,1	36	4,8	4,0	28	177	38	28
Média	66	7,7	32	4,6	3,5	25	175	39	25
Total ¹	118	12,3	92	29,6	9,6	42	1239	234	178
Exportação (%)	56	63	35	15	36	60	14	17	14

¹ Refere-se à parte aérea mais grãos.

fixação desse elemento pelos óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio predominantes nos latossolos de cerrado (Lobato, 1982; Malavolta & Kliemann, 1985).

A resposta positiva do feijoeiro à aplicação de calcário e adubação (Tabelas 1 e 3), caracteriza uma carência de nutrientes nesse solo. Assim, no que se refere aos nutrientes exportados em elevadas quantidades (Tabela 2), em sistemas agrícolas de uso intensivo e contínuo, podem resultar sérias restrições na manutenção da capacidade produtiva dos solos, caso não haja uma reposição adequada mediante a correção desses solos com calcário e adubações.

Analisando a absorção de micronutrientes, observa-se que quanto maior o pH do solo (Tabela 1), ou maior a quantidade de calcário aplicada, maior foi a absorção de Cu e menor a de Mn e Zn, e não afetou consistentemente a absorção de Fe (Tabela 2). O efeito da calagem em diminuir a disponibilidade de micronutrientes nos solos e a absorção pelas plantas é bastante conhecido na literatura (Fageria & Zimmermann, 1979; Malavolta & Kliemann, 1985; Fageria et al., 1991; Barbosa Filho et al., 1994). Entretanto, essa menor absorção de Mn e Zn não foi suficiente para causar queda de produtividade (Tabela 1). Ressalta-se, também, que esses micronutrientes (Mn e Zn) foram os únicos que tiveram suas absorções reduzidas pela elevação do pH do solo, o que indica que a necessidade deles pelo feijoeiro está, provavelmente, em níveis abaixo dos apresentados na Tabela 2.

Resposta das cultivares/linhagens à adubação de plantio

O rendimento de grãos da cultivar Aporé foi significativamente maior ($P < 0,05$) do que o da cultivar

Carioca e das linhagens (Tabela 3). Cultivares mais produtivas, geralmente, apresentam maior resposta à aplicação de fertilizantes (Haag et al., 1978). Portanto, o fato de a cultivar Aporé ter apresentado maior resposta à aplicação de fertilizante pode ser explicado por sua seleção direcionada ao alto rendimento, pelo programa de melhoramento genético da Embrapa-CNPAF, utilizando as características de resistência a doenças da cultivar México 168 e a de alto potencial de rendimento da BAT 76 (Carioca x México 168) x (Carioca x BAT 76).

Com exceção da cultivar Carioca, a dose de 400 kg ha^{-1} de fertilizante 4-30-16 mais 30 kg ha^{-1} de N em cobertura aumentou a produção de grãos das cultivares/linhagens em relação à dose de 200 kg ha^{-1} mais 30 kg ha^{-1} em cobertura, embora não houvesse diferença estatisticamente significativa entre as doses. Esses resultados são muito próximos das recomendações de adubação feitas por Barbosa Filho & Silva (1994) no feijoeiro irrigado por aspersão. Segundo esses autores, a recomendação econômica de adubação de plantio, determinada em condições semelhantes de solo, é de 360 kg ha^{-1} de fertilizante 4-30-16, podendo variar para mais ou para menos, dependendo da relação de preços do produto e do fertilizante por ocasião da colheita.

É interessante destacar, também, que além de produzir menos que a cultivar Aporé, a Carioca necessitou de quantidades relativamente maiores de nutrientes para produção de 1 t de grãos (Fig. 1), caracterizando, assim, sua menor eficiência na utilização dos nutrientes. Embora as plantas absorvam os nutrientes de que necessitam durante todo seu ciclo, aos 40 dias, pouco antes da floração, o feijoeiro já havia absorvido a maior quantidade de nutrientes de que necessitou para a produção de grãos (Fig. 1). Após

TABELA 3. Produtividade (t ha^{-1}) de cultivares/linhagens de feijoeiro cultivadas sob irrigação por aspersão, via pivô central, em função da adubação de plantio¹.

Adubação ² (kg ha^{-1})	Cultivares/linhagens					Média
	Aporé	Novo Jalo	Carioca	MA 534657	MA 534666-2	
200	2,93	2,51	2,76	2,33	2,15	2,54
400	3,22	2,71	2,76	2,47	2,52	2,74
600	3,31	2,72	2,63	2,40	2,50	2,71
Média	3,15	2,65	2,72	2,40	2,39	

¹ DMS (Tukey 5%) cultivares = 0,34; DMS (Tukey 5%) adubação = 0,49; CV (%) = 9,21.

² Fertilizante aplicado: 4-30-16 mais 30 kg ha^{-1} de N em cobertura aos 25 dias após a emergência das plântulas.

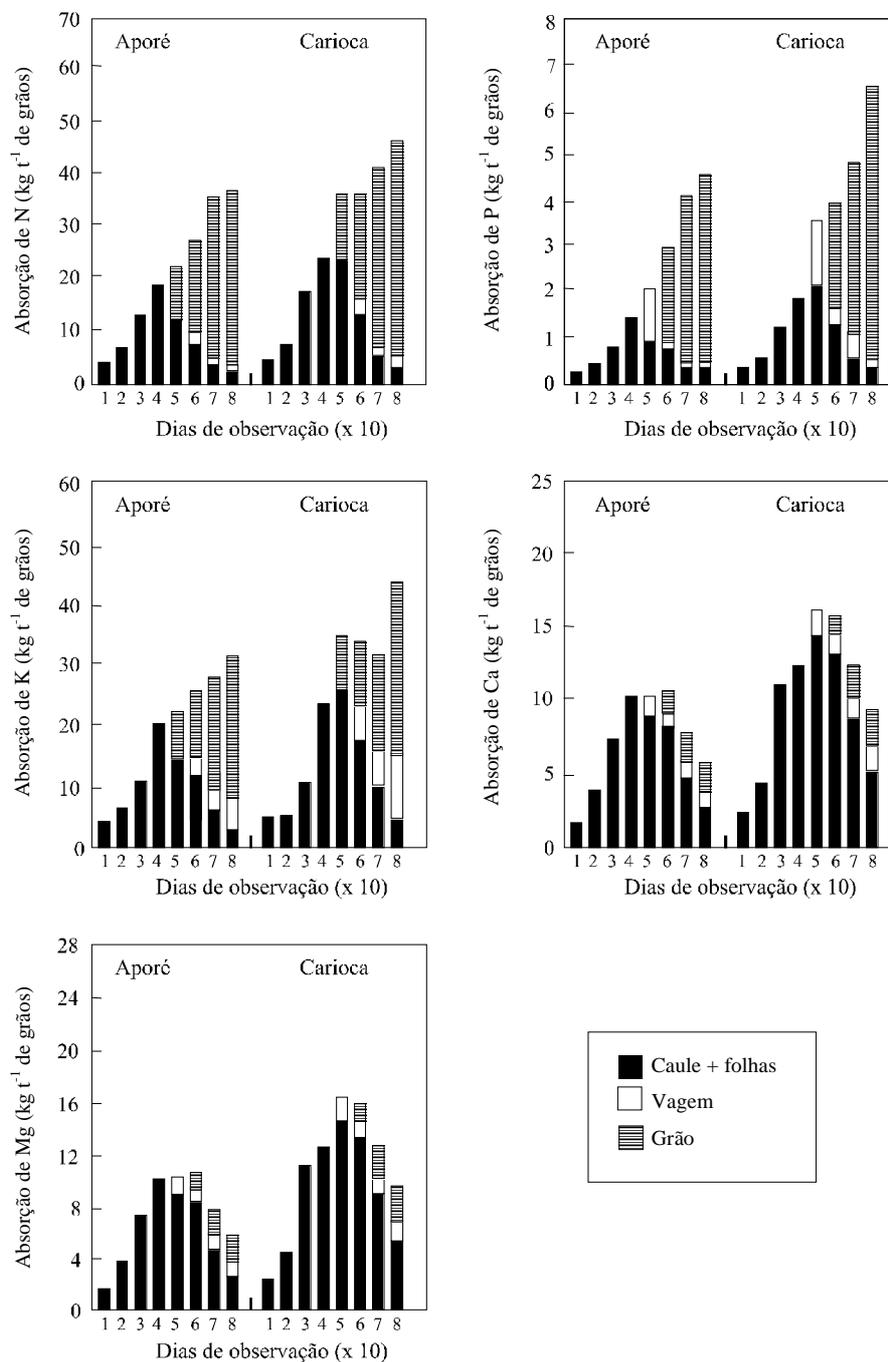


FIG. 1. Absorção comparativa de N, P, K, Ca e Mg, em períodos de 10 dias, das cultivares de feijoeiro Aporé e Carioca.

essa fase, as exigências crescentes de nutrientes das vagens e grãos foram atendidas pelos nutrientes que as plantas continuaram absorvendo do solo e pela redistribuição dos nutrientes das partes vegetativas (caule + folhas) para a reprodutiva (vagens + grãos). Cerca da metade de N necessário pelo feijoeiro foi absorvido até os 40 dias após a emergência das plântulas. Essa informação é importante quando se pensa em fazer uma adubação nitrogenada em cobertura, pois sugere que a aplicação de N após a floração pode não refletir-se em maior aproveitamento desse nutriente pelas plantas e, como consequência, não resultar em maiores rendimentos.

Resposta à adubação nitrogenada de cobertura

Os resultados mostrados na Fig. 2 revelaram efeitos significativos ($P < 0,01$) das doses de N aplicadas em cobertura, na produtividade do feijoeiro. Considerando a produção média de grãos dos parcelamentos em duas, três e seis vezes, para cada dose de N, obtém-se produtividade máxima observada de 3.170 kg ha^{-1} por causa da aplicação de 120 kg ha^{-1} de N. Entretanto, comparando o efeito

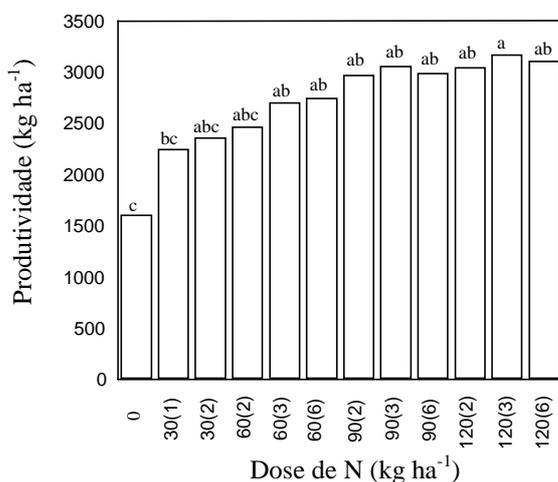


FIG. 2. Efeito de doses e parcelamento de N na produtividade do feijoeiro irrigado. Entre parênteses, os valores correspondem ao número de parcelamentos da dose de N aplicada.

do número de parcelamento dentro das doses de N utilizadas nos tratamentos, não se observaram diferenças significativas de produtividades entre parcelar duas, três ou seis vezes a adubação nitrogenada em cobertura durante o ciclo da cultura. Os resultados sugerem que a dose de N para aplicação em cobertura na cultura do feijoeiro irrigado deve ser parcelada em duas vezes, aos 20 e 40 dias após a germinação das plântulas. Porém, esses resultados não devem ser considerados definitivos, pois outros trabalhos complementares serão necessários, principalmente em solos mais arenosos, onde a capacidade de movimentação de N é reconhecidamente alta. O fato de o feijoeiro responder a altas dosagens de N, conforme demonstrado na Fig. 2, também reforça a necessidade de outros estudos que levem em consideração os aspectos econômicos da adubação nitrogenada de cobertura do feijoeiro irrigado.

CONCLUSÕES

1. A calagem promove aumentos no pH, na saturação por bases, na extração e exportação de N, P, K, Ca, Mg e Cu e diminuição de Mn e Zn, e aumentos na produtividade de grãos do feijoeiro irrigado em até 37%.

2. O feijoeiro responde à adubação NPK, atingindo a maior produtividade na dose de 400 kg ha^{-1} da fórmula 4-30-16 no plantio, mais 30 kg ha^{-1} de N em cobertura.

3. O feijoeiro responde à adubação nitrogenada em cobertura, atingindo produção de grãos máxima de 3.170 kg ha^{-1} com a aplicação de 120 kg ha^{-1} de N; o número de parcelamento do N em cobertura não afeta a produtividade do feijoeiro.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA FILHO, M.P.; DYNIA, J.F.; FAGERIA, N.K. **Zinco e ferro na cultura do arroz**. Brasília : Embrapa-SPI, 1994. 71p. (Embrapa-CNPAF. Documentos, 49).
- BARBOSA FILHO, M.P.; SILVA, O.F. da. Aspectos agroecômicos da calagem e da adubação nas culturas de arroz e feijão irrigados por aspersão. **Pesqui-**

- sa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.11, p.1657-1667, nov. 1994.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (Embrapa-CNPS. Documentos, 1).
- FAGERIA, N.K.; WRIGHT, R.J.; BALIGAR, V.C.; CARVALHO, J.R.P. Response of upland rice and common bean to liming on an Oxisol. In: WRIGHT, R.J.; BALIGAR, V.C.; MURRMANN, R.P. (Ed.). **Plant-soil interactions at low pH**. Dordrecht : Kluwer, 1991. p.519-525.
- FAGERIA, N.K.; ZIMMERMANN, F.J.P. Interação entre fósforo, zinco e calcário em arroz-de-sequeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.3, n.2, p.88-92, 1979.
- FRIZZONE, J.A. **Funções de resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L.) ao uso de nitrogênio e lâmina de irrigação**. Piracicaba : ESALQ, 1986. 133p. Dissertação de Mestrado.
- GOEDERT, W.J.; LOBATO, E. O solo como base dos sistemas de produção agrícola. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 21., 1987, Campinas. **Anais**. Campinas : Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1988. p.101-108.
- HAAG, W.L.; ADAMS, M.W.; WIERSMA, J.V. Differential responses of dry bean genotypes to N and P fertilization of a Central American soil. **Agronomy Journal**, Madison, v.70, n.4, p.565-568, 1978.
- LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da região Centro-Oeste. In: OLIVEIRA, A.J. de; LOURENÇO, S.; GOEDERT, W.J. (Ed.). **Adubação fosfatada no Brasil**. Brasília : Embrapa-DID, 1982. 326p. (Embrapa-DID. Documentos, 21).
- MALAVOLTA, E.; KLIEMANN, H.J. **Desordens nutricionais no cerrado**. Piracicaba : POTAFOS, 1985. 136p.
- MORAIS, J.F.V.; RABELO, N.A. **Um método simples para a digestão de amostras de plantas**. Goiânia : Embrapa-CNPAP, 1986. 12p. (Embrapa-CNPAP. Documentos, 12).