

Produtividade e Acumulação de Nutrientes por Feijão no Sistema Plantio Direto com Aplicação de Calcário e Ferro

NAND KUMAR FAGERIA⁽¹⁾, MOREL PEREIRA BARBOSA FILHO⁽¹⁾, ALBERTO BAÊTA DOS SANTOS⁽¹⁾ & ADONIS MOREIRA⁽²⁾

RESUMO - A acidez dos solos de cerrado é um dos fatores mais limitantes na produtividade das culturas, e a deficiência de micronutrientes desses solos está relacionada com o aumento do pH. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de calcário e manganês num Latossolo Vermelho distrófico típico na produtividade do feijão. O experimento foi realizado em campo durante três anos consecutivos. As doses de calcário aplicadas foram 0, 12 e 24 Mg ha⁻¹ e de Fe 0, 50, 100, 150, 200 e 400 kg ha⁻¹, através de sulfato de ferro (20% Fe) aplicados a lanço e incorporados ao solo com grade na época da semeadura do primeiro cultivo do feijoeiro. Houve aumento significativo na produtividade do feijão com a aplicação de calcário, porém não houve resposta à aplicação de ferro. Foram estabelecidos valores adequados de algumas propriedades químicas do solo para a cultura do feijoeiro. Considerando a média de duas profundidades (0-10 e 10-20 cm), os valores adequados das propriedades químicas do solo para a cultura do feijoeiro no plantio direto foram: pH 6,3; Ca 3,8 cmol_c kg⁻¹; Mg 1,1 cmol_c kg⁻¹; H+Al 3,5 cmol_c kg⁻¹; Saturação por acidez 41,8%; CTC 7,5 cmol_c kg⁻¹; Saturação por bases 57,4%; Saturação por Ca 45,2%; Saturação por Mg 12,2%, saturação por K 9,1%; relação Ca/Mg 3,1; relação Ca/K 22,6 e relação Mg/K 6,7.

Palavras-Chave: (saturação por bases; saturação por Al; saturação por Ca)

Introdução

O feijoeiro é uma das principais culturas plantadas na entressafra em sistemas irrigados, nas regiões central e sudeste do Brasil. Os solos da região central ou de cerrado são ácidos e apresentam deficiência ou toxidez de alguns elementos, que limitam a produtividade agrícola [1]. A calagem ainda é uma das práticas mais baratas e efetivas na correção da acidez do solo. Nos últimos anos, a degradação do solo é uma preocupação constante da comunidade científica, por causa da redução na produtividade das culturas, do aumento no custo de produção e da poluição do meio ambiente. Uma das práticas mais efetivas e eficientes de conservação do solo é o uso do cultivo mínimo ou do plantio direto (SPD). A prática de plantio direto reduz a erosão do solo, aumenta a retenção de água do solo, controla a população de plantas daninhas e reduz o custo de produção. Além disso, permite racionalizar os custos, o

uso de equipamentos e o tempo, e melhorar a qualidade do solo. A deficiência de micronutrientes está aumentando nos últimos anos nas culturas anuais em solo de cerrado, devido ao cultivo intensivo, erosão de solos, uso de calagem para corrigir a acidez, e maior demanda das cultivares modernas na acumulação e uso de micronutrientes. Não existem dados de pesquisa que tenham determinado os índices adequados de acidez do solo para a cultura do feijoeiro no SPD e a acumulação de macro e micronutrientes. O objetivo deste estudo foi determinar os efeitos da calagem e de ferro na produtividade, nos teores de macro e micronutrientes e índices adequados de acidez do solo para o feijoeiro no solo no SPD.

Material e Métodos

Foi conduzido um ensaio durante três anos consecutivos num Latossolo Vermelho perférrico (Oxisolo). Os resultados das análises químicas e granulométricas do solo (média de 0-10 e 10-20 cm de profundidades) foram: pH 5,8; Ca 2,1 cmol_c kg⁻¹; Mg 1,2 cmol_c kg⁻¹; Al 0,1 cmol_c kg⁻¹; H+Al 5,4 cmol_c kg⁻¹; P 16,1 mg kg⁻¹; K 119,5 mg kg⁻¹; Cu 2,3 mg kg⁻¹; Zn 6,9 mg kg⁻¹; Fe 83 mg kg⁻¹; Mn 16 mg kg⁻¹; M. O. 16,5 g kg⁻¹; argila 375 g kg⁻¹; silte 215 g kg⁻¹ e areia 410 g kg⁻¹. As doses de calcário aplicadas foram de 0, 12 e 24 Mg calcário ha⁻¹ incorporadas ao solo com grade, cinco meses antes da semeadura do primeiro cultivo do feijoeiro de inverno efetuado de maio a setembro. As doses de 0, 50, 100, 150, 200 e 400 kg ha⁻¹ de Fé, através de sulfato de ferro (20% Fe) foram aplicados a lanço e incorporados ao solo com grade na época da semeadura do primeiro cultivo do feijoeiro. O feijão foi cultivado no inverno com irrigação por pivô central, durante três anos consecutivos, sendo nos dois últimos anos utilizado o plantio direto. Aplicaram-se 20 kg N ha⁻¹ (uréia), 120 kg P₂O₅ ha⁻¹ (superfosfato triplo) e 60 kg K₂O ha⁻¹ (cloreto de potássio) por ocasião da semeadura. Foram aplicados, 50 kg de N ha⁻¹ (uréia) em cobertura aos 27 e 41 dias após o plantio. O delineamento experimental foi o de blocos completos casualizados, com três repetições. Foi utilizada a cultivar Pérola, no espaçamento de 40 cm entre fileiras com 19 sementes m⁻¹. O tamanho da parcela foi de 42 x 42 m, com espaçamento de 2 m entre parcelas. Colheram-se as sete fileiras centrais com 4 m cada uma para determinação da produtividade de grãos. Foram feitas amostras de plantas em 1 m na fileira em cada parcela, na época da colheita, para determinar a massa da matéria seca da parte aérea. Após a colheita,

¹Pesquisador da Embrapa Arroz e Feijão, Rodovia GO 462, km 12, Caixa Postal 179, Santo Antônio de Goiás, GO, CEP 75375-000. E-mail: fageria@cnpaf.embrapa.br

²Pesquisador da Embrapa Pecuária Sudeste, Caixa Postal 339, São Carlos, SP, CEP 13560-970.

coletaram-se 50 subamostras de solo em cada parcela, a 0-10 e 10-20 cm de profundidade para formar uma amostra composta para análise química. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

A massa da matéria seca da parte aérea, a produtividade de grãos e o número de vagens foram influenciados significativamente pelas doses de calcário (Tabela 1). Os maiores valores de massa da matéria seca da parte aérea, produtividade de grãos e número de vagens foram obtidos com a aplicação de 12 Mg calcário ha⁻¹. O aumento da produtividade de grãos foi de 34%, da massa da matéria seca da parte aérea foi de 51% e do número de vagens 38% quando a dose de calcário foi aumentada de 0 para 12 Mg ha⁻¹. Esses aumentos se devem ao suprimento adequado de Ca e Mg e pH adequados e ao balanço apropriado entre os cátions básicos [2]. O teor de macronutrientes na palha foi em ordem de K > N > Ca > Mg > P e de micronutrientes Fe > Zn > Mn > Cu (Tabela 2). Nos grãos os teores de nutrientes foram em ordem de N > K > P > Ca > Mg > Fe > Zn > Cu > Mn. A acumulação de macro e micronutrientes segue a mesma ordem na palha e nos grãos. Fageria [2] relatou a mesma ordem dos teores e acumulação de macro e micronutrientes no feijoeiro.

A exportação de nutrientes pelos grãos foi em ordem de N > K > P > Mg > Ca para macronutrientes e Cu > Zn > Mn > Fe para micronutrientes (Tabela 3). A eficiência de uso de nutrientes foi na ordem de Mg > P > Ca > K > N para macronutrientes e Mn > Cu > Zn > Fe para micronutrientes. A necessidade de N foi máxima e de Mg mínima para produzir uma tonelada de grãos de feijão. Para os micronutrientes a necessidade de Fe foi maior e Mn foi menor. Fageria [2] relatou aproximadamente a mesma ordem de exportação de nutrientes pelos grãos,

eficiência de uso e necessidade para produzir uma tonelada de grãos do feijoeiro. Foram estabelecidos valores adequados de algumas propriedades químicas do solo para a cultura do feijoeiro (Tabela 4). Fageria & Stone [3] e Fageria [4] relataram mais ou menos os mesmos valores de propriedades químicas de solo de cerrado na produção de feijão no sistema plantio direto.

Conclusões

A aplicação de calcário até a dose de 12 Mg ha⁻¹ aumenta a produtividade de feijão em solo argiloso de cerrado sob plantio direto. Mesmo com aplicação de alta dose de calcário, a produtividade de feijão não é afetada pela aplicação de ferro. Considerando a média de duas profundidades (0-10 e 10-20 cm), os valores adequados das propriedades químicas do solo para a cultura do feijoeiro no plantio direto foram: pH 6,3; Ca 3,8 cmol_c kg⁻¹; Mg 1,1 cmol_c kg⁻¹; H+Al 3,5 cmol_c kg⁻¹, Saturação por acidez 41,8%; CTC 7,5 cmol_c kg⁻¹; Saturação por bases 57,4%; Saturação por Ca 45,2%; Saturação por Mg 12,2%, saturação por K 9,1%; relação Ca/Mg 3,1; relação Ca/K 22,6 e relação Mg/K 6,7.

Referências

- [1] FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C. 2008. Ameliorating soil acidity of tropical Oxisols by liming for sustainable crop production. *Advances in Agronomy*, 99:345-399.
- [2] FAGERIA, N.K. 2009. *The use of nutrients in crop plants*. New York, CRC Press. 430p.
- [3] FAGERIA, N.K.; STONE, L.F. 2004. Produtividade de feijão no sistema plantio direto com aplicação de calcário e zinco. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39:73-78.
- [4] FAGERIA, N.K. 2008. Optimum acidity indices for dry bean production on an Oxisol in no-tillage system. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 39:845-857.

Tabela 1. Produtividade de grãos, massa da matéria seca da parte aérea e número de vagens do feijoeiro influenciados pelas doses de calcário e de ferro.

Doses de calcário (Mg ha ⁻¹)	Massa da matéria seca da parte aérea (Mg ha ⁻¹)	Produtividade de grãos (Mg ha ⁻¹)	Nº de vagens (m ⁻²)
0	1288c	2195b	236c
12	1948a	2952a	326a
24	1667b	2637a	286b
Doses de Fe (kg ha ⁻¹)			
0	1627a	2676a	294a
50	1605a	2519a	278a
100	1644a	2680a	274a
150	1646a	2547a	275a
200	1710a	2499a	291a
400	1572a	2646a	281a
Teste-F			
Ano (A)	**	**	**
Doses de Calcário (C)	**	**	**
Y X L	NS	NS	NS
Doses de Fe (Fe)	NS	NS	NS
Y X Fe	NS	NS	NS
C X Fe	NS	NS	NS
A X C X Fe	NS	NS	NS

** , ^{NS}Significativo a 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente. Médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 2. Teor e acumulação de nutrientes na palha e nos grãos do feijoeiro. Os valores são médias do primeiro e segundo anos de cultivos com a dose de 12 Mg calcário ha⁻¹.

Nutrientes	Teor (g kg ⁻¹ ou mg kg ⁻¹)		Acumulação (kg ha ⁻¹ ou g ha ⁻¹)	
	Palha	Grãos	Palha	Grãos
N	6,5	32,3	11,8	106,1
P	0,6	3,7	6,9	12,2
K	13,9	15,1	27,3	49,7
Ca	6,4	2,0	12,6	6,6
Mg	3,2	1,6	6,4	5,5
Zn	24,1	35,1	43,3	113,2
Cu	4,5	25,4	7,9	84,1
Mn	12,0	11,2	23,1	36,6
Fe	613,1	72,4	955,2	233,5

Os valores dos teores de macronutrientes em g kg⁻¹ e micronutrientes em mg kg⁻¹. Mesma maneira a acumulação de macronutrientes em kg ha⁻¹ e micronutrientes em g ha⁻¹.

Tabela 3. A exportação de nutrientes pelos grãos, eficiência de uso de nutrientes e necessidade para produzir uma tonelada de grãos.

Nutrientes	Exportação nos grãos (%)	Eficiência de uso (kg kg ⁻¹ ou kg g ⁻¹)	Necessidade para produzir uma tonelada de grãos (kg ou g)
N	90,7	27,4	36,4
P	63,9	169,4	5,9
K	64,5	42,0	23,8
Ca	34,4	168,5	5,9
Mg	46,2	271,9	3,7
Zn	72,3	20,7	48,3
Cu	91,4	35,2	28,4
Mn	61,3	54,2	18,4
Fe	19,6	2,7	367,3

Eficiência de uso = (Produtividade de grãos em kg/acumulação de nutrientes na palha mais em grãos em kg ou g). A eficiência de uso de macronutrientes em kg kg⁻¹ e micronutrientes em kg g⁻¹. Mesma maneira, a necessidade de macronutrientes para produzir uma tonelada de grãos em kg e micronutrientes em g.

Tabela 4. Relação entre propriedades químicas do solo (X) e a produtividade de grãos de feijão (Y). Os valores são médias de três anos de cultivo. As propriedades químicas do solo são media de 0-10 e 10-20 cm de profundidade.

Propriedades do solo	Equação de regressão	R ²	VPM ¹
pH	Y = -30660,21 + 10678,25X - 848,39X ²	0,51**	6,3
Ca (cmol _c kg ⁻¹)	Y = 343,19 + 1297,56X - 169,18X ²	0,42**	3,8
Mg (cmol _c kg ⁻¹)	Y = 725,67 + 3838,15X - 1735,57X ²	0,45**	1,1
H+Al (cmol _c kg ⁻¹)	Y = 2238,36 + 370,05X - 53,53X ²	0,43**	3,5
Sat. por acidez (%)	Y = 1516,52 + 70,22X - 0,84X ²	0,52**	41,8
CTC (cmol _c kg ⁻¹)	Y = -2855,04 + 1487,83X - 98,85X ²	0,27**	7,5
Sat. por bases (%)	Y = 86,26 + 99,88X - 0,87X ²	0,49**	57,4
Sat. por Ca (%)	Y = 489,81 + 107,56X - 1,19X ²	0,50**	45,2
Sat. por Mg (%)	Y = 1133,93 + 239,28X - 8,43X ²	0,41**	12,2
Sat. por K (%)	Y = 735,16 + 955,02X - 52,64X ²	0,32**	9,1
Relação Ca/Mg ¹	Y = 2087,69 + 402,36X - 67,47X ²	0,07 ^{NS}	3,1
Relação Ca/K	Y = 155,80 + 241,97X - 5,34X ²	0,46**	22,6
Relação Mg/K	Y = 936,18 + 562,57X - 42,07X ²	0,33**	6,7

¹⁾Valores para produtividade máxima (VPM) foram calculados com base nas equações de regressão em que R² foi significativo e, nos casos em que R² não foi significativo, o valor médio do tratamento de 12 Mg de calcário ha⁻¹ foi considerado por causa da produção máxima de feijão ter sido obtida com esta dose. **, ^{NS}Significativo a 1% de probabilidade e não significativo, respectivamente.