

# NUTRIÇÃO MINERAL DO FEIJOEIRO CULTIVADO EM SOLOS DE VÁRZEA DO SUL DE MINAS GERAIS<sup>1</sup>

CARLOS ALBERTO DE BASTOS ANDRADE<sup>2</sup>  
VALDEMAR FAQUIN<sup>3</sup>  
ANTONIO EDUARDO FURTINI NETO<sup>4</sup>  
ALEX TEIXEIRA ANDRADE<sup>5</sup>  
ROMERO FRANCISCO VIEIRA CARNEIRO<sup>5</sup>

**RESUMO** - Em experimento conduzido sob condições de casa-de-vegetação, utilizando-se a técnica do elemento faltante, avaliou-se a nutrição em macro e micronutrientes do feijoeiro cultivado em amostras da camada superficial (0-20cm) de quatro solos de várzea, por meio de dois cultivos sucessivos em vasos com três dm<sup>3</sup>. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 13 × 4, envolvendo 13 tratamentos fundamentados na técnica da diagnose por subtração e quatro solos de várzea (Glei Pouco Húmico, Orgânico, Glei Húmico e Aluvial), com três repetições.

Pelos resultados, verifica-se que os solos estudados não supriram as exigências nutricionais do feijoeiro em B e nos macronutrientes, apresentando-se com limitações severas em B, P e K, cujos sintomas visuais de deficiência foram claramente observados nas plantas. Nos dois cultivos realizados, os solos supriram as exigências da cultura em Cu e Zn, embora, a médio prazo, sob condições de cultivo intensivo, possam tornar-se limitantes. A calagem mostrou-se essencial ao feijoeiro nesses solos para fornecimento de Ca e Mg e neutralização do Mn e Al tóxicos.

**TERMOS PARA INDEXAÇÃO:** *Phaseolus vulgaris* L., teor de nutrientes, acumulação de nutrientes, solos de várzea.

## MINERAL NUTRITION OF THE COMMON BEAN PLANT CULTIVATED IN LOWLAND SOILS FROM THE SOUTH OF MINAS GERAIS

**ABSTRACT** - In an experiment conducted at greenhouse conditions, using the missing element technique, macro and micronutrient nutrition of the common bean plant cultivated in surface layer samples (0-20cm) of four lowland soils, during two successive cultivations performed in 3 dm<sup>3</sup> pots, was evaluated. A completely randomized design was used, in a 13 × 4 factorial scheme, involving 13 treatments based upon the subtraction diagnosis technique and four lowland soils (Low Humic Gley, Bog soil, Humic Gley and Aluvial soil), with three replications. The results

showed that the studied soils did not supply the nutritional requirements of the common bean plant in terms of B and macronutrients, presenting severe limitations in B, P and K, whose visual deficiency symptoms were clearly observed in plants. In both cultivations performed, the soils supplied the crop requirements in Cu and Zn, although at medium term, under intensive cultivation conditions, they may become limited. Liming showed to be essential to the common bean plant in these soils by supplying Ca and Mg and neutralizing Mn and Al toxicity.

**INDEX TERMS:** *Phaseolus vulgaris* L., nutrient amount, nutrient accumulation, lowland soils.

1. Parte da tese de doutorado apresentada pelo primeiro autor à UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS (UFLA). Trabalho apresentado na XXII Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, em Manaus (AM), de 21 a 26 de julho de 1996. Financiado pelo CNPq e FAPEMIG.
2. Professor Adjunto do Departamento de Agronomia da Universidade Estadual de Maringá (UEM). Centro de Ciências Agrárias, Av. Colombo, 5790, 87.029-900, Maringá (PR).
3. Professor Titular do Departamento de Ciência do Solo/UFLA, Caixa Postal 37, 37200-000, Lavras (MG). Bolsista do CNPq.
4. Professor Adjunto do Departamento de Ciência do Solo/UFLA. Bolsista do CNPq.
5. Acadêmico de Agronomia da UFLA. Bolsista de I.C. da FAPEMIG e CNPq, respectivamente.

## INTRODUÇÃO

O uso racional das áreas de várzeas irrigáveis representa, para vários Estados brasileiros, uma das alternativas para a expansão econômica da fronteira agrícola. Para utilizar tais áreas, é importante conhecer as principais alterações químicas que ocorrem nos seus solos, provocadas pela fertilização e correção ou mesmo pelo arejamento deficiente em certas épocas do ano, que afetam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Essas informações são essenciais para a adoção de práticas corretivas de acidez e da fertilidade desses solos (Vale, Guilherme e Guedes, 1993).

O feijoeiro mostra-se como grande opção para o cultivo em solos de várzea no período da seca, principalmente em rotação com arroz e outras culturas (Moraes e Dynia, 1992). Os solos de várzea, de acordo com Fageria, Oliveira e Dutra (1996), em sua grande maioria, apresentam-se ácidos e com baixa fertilidade.

Como todas as leguminosas, o feijoeiro é uma cultura exigente em pH e, segundo Guedes e Junqueira Netto (1978), a faixa adequada do pH em água está entre 5,5 e 6,5. A espécie é considerada, também, bastante sensível a concentrações tóxicas de Al e Mn (Rosolem, 1987; Fageria e Santos, 1997), condição bastante comum em solos de várzea (Fageria et al., 1996). Muitos trabalhos têm mostrado que o feijoeiro é bastante exigente em macro e micronutrientes (Rosolem, 1987; El-Husny, 1992; Rosolem e Marubayashi, 1994; Fageria e Souza, 1995). Assim, para o cultivo racional dessa leguminosa em solos de várzea, torna-se importante a avaliação da real necessidade de calagem e da aplicação de nutrientes.

O melhor método de avaliar a capacidade de um solo fornecer determinado nutriente para as plantas é determinar a quantidade absorvida e acumulada do mesmo através de cultivos sucessivos, sob condição de disponibilidade adequada dos demais. Nesse caso, a planta atua como extrator ideal do nutriente do solo e, assim, a fertilidade do solo pode ser inferida pela avaliação do estado nutricional da planta por meio dos métodos da diagnose visual e pela diagnose foliar.

Este trabalho teve como objetivos avaliar as limitações na nutrição do feijoeiro em macro e micronutrientes, quando cultivado em amostras de quatro solos de várzea do Sul de Minas Gerais.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em vasos de três dm<sup>3</sup> em casa-de-vegetação do Departamento de Agricultura, Lavras, v.24, n.4, p.947-956, out./dez., 2000

cultura da Universidade Federal de Lavras, utilizando amostras da camada superficial (0-20 cm) de quatro solos de várzea pertencentes às classes Glei Pouco Húmico (GP), Orgânico (O) artificialmente drenado, Glei Húmico (GH) e Aluvial (A), coletados em Lavras (MG), em várzea não sistematizada. O município de Lavras situa-se a 21° 14' 06" de latitude Sul e a 45° 00' de longitude Oeste, numa altitude média de 900m. A caracterização química e física dos solos é apresentada no Quadro 1.

As determinações químicas foram: pH em água, matéria orgânica, Ca, Mg, Al, P e K (EMBRAPA, 1979), Zn, Cu, Fe e Mn (DTPA), S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (Tedesco, Volkweiss e Bohlen, 1985), B (Jackson, 1970) e P em resina (Raij et al., 1987). As características físicas foram analisadas de acordo com EMBRAPA (1979).

Foram realizados dois cultivos sucessivos com o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivar Carioca-MG. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 13 × 4, envolvendo 13 tratamentos fundamentados na técnica do elemento faltante e quatro solos de várzea (GP, O, GH e A), com três repetições. Os tratamentos e as respectivas identificações foram: (1) Testemunha: solo natural (Test.), (2) Completo 1: adubado com N, P, K, S, B, Cu e Zn + calagem (C1), (3) Completo 2: Completo 1 menos calagem + Ca e Mg como sulfato (C2), (4) Completo 1 menos calagem (C1-Cal), (5) Completo 1 menos N (C1 - N), (6) Completo 1 menos P (C1 - P), (7) Completo 1 menos K (C1 - K), (8) Completo 1 menos S (C1 - S), (9) Completo 1 menos B (C1 - B), (10) Completo 1 menos Cu (C1 - Cu), (11) Completo 1 menos Zn (C1 - Zn), (12) Completo 2 menos Ca (C2 - Ca) e, (13) Completo 2 menos Mg (C2 - Mg).

A dose de calcário aplicada em cada solo, nos tratamentos que receberam calagem, foram baseadas em curvas de incubação obtidas em experimentos preliminares realizados em laboratório, visando a elevar a saturação por bases (V) a 70%, seguindo as recomendações de Raij et al. (1996) para o feijoeiro. As doses equivaleram a 10,27; 11,73; 16,33 e 6,87 t ha<sup>-1</sup> (profundidade 0-20 cm), respectivamente para os solos GP, O, GH e A, usando um calcário dolomítico calcinado, com 36% de CaO, 14% de MgO e PRNT igual a 100%.

No primeiro cultivo, quando pertinente ao tratamento, foi aplicada uma adubação básica de sementeira com 100 mg de N, 300 mg de P, 100 mg de K, 200 mg de Ca, 60 mg de Mg, 40 mg de S, 0,5 mg de B, 1,5 mg de Cu e 5 mg de Zn por dm<sup>3</sup> de solo. Utilizaram-se as seguintes fontes p.a.: Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>; KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>; NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>; NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>; NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>; K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; CaSO<sub>4</sub>; MgSO<sub>4</sub>; Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>; MgCl<sub>2</sub>; H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>; CuCl<sub>2</sub> e ZnCl<sub>2</sub>.

**QUADRO 1** - Características químicas e físicas de amostras dos solos Glei Pouco Húmico (GP), Orgânico (O) Glei Húmico (GH) e Aluvial (A) estudados

Características	Solo			
	GP	O	GH	A
<b>Químicas<sup>1</sup></b>				
pH em água (1:2,5)	4,6	4,7	5,0	4,8
P-Mehlich -1 (mg dm <sup>-3</sup> )	5,0	3,0	4,0	5,0
P-resina(mg dm <sup>-3</sup> )	8,0	12,0	9,0	9,0
K (mg dm <sup>-3</sup> )	64	45	48	30
Ca (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	8	5	7	17,0
Mg (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2	2	2	10
Al (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	10	20	11	4
H + Al (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	63	153	123	45
Soma de bases (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	12	8	10	28
CTC efetiva - t (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	22	28	21	32
CTC pH 7,0-T (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	75	161	133	73
Saturação por Al - m (%)	46	71	52	13
Saturação por bases - V (%)	16	5	16	38
Carbono (g dm <sup>-3</sup> )	17	61	139	17
Matéria Orgânica (g dm <sup>-3</sup> )	30	106	239	22
S-SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	12,94	5,8	11,44	13,7
B (mg dm <sup>-3</sup> )	0,06	0,03	0,03	0,03
Cu (mg dm <sup>-3</sup> )	0,72	0,17	0,83	4,08
Fe (mg dm <sup>-3</sup> )	117,97	90,22	112,65	299,00
Mn (mg dm <sup>-3</sup> )	6,97	3,27	1,97	67,73
Zn (mg dm <sup>-3</sup> )	0,09	0,07	0,09	1,08
<b>Físicas<sup>2</sup></b>				
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	160	280	200	260
Areia grossa (g kg <sup>-1</sup> )	40	20	30	10
Areia fina(g kg <sup>-1</sup> )	580	380	320	310
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	220	320	450	420
Densidade de partícula - dp (g cm <sup>-3</sup> )	2,66	2,15	1,81	2,77
Densidade do solo - ds (g cm <sup>-3</sup> )	1,05	0,64	0,40	0,76
Classe Textural	Média	Média	Média	Média

<sup>1</sup> Análises realizadas no Laboratório de Fertilidade do Solo do DCS/UFLA<sup>2</sup> Análise e interpretação textural realizadas no Laboratório de Física do Solo do DCS/UFLA

No segundo cultivo não foi feita qualquer aplicação de calcário. A adubação básica, quando pertinente ao tratamento, constituiu-se de 70 mg de N, 100 mg de P, 125 mg de K e para o S, Ca, Mg, B, Cu e Zn, metade da dose aplicada no primeiro cultivo, através das mesmas fontes.

Nos dois cultivos, realizaram-se adubações de cobertura com N e K, de acordo com o desenvolvimento das plantas, com exceção dos tratamentos em que foram omitidos e da testemunha. Os tratamentos que proporcionaram em cada solo um crescimento normal das plantas receberam 100 mg de N e 50 mg de K por  $\text{dm}^3$ , parcelados em três aplicações aos 10, 18 e 25 dias da emergência. Os tratamentos cujas plantas tiveram um crescimento menor receberam coberturas proporcionalmente menores, evitando-se aplicações excessivas. As fontes foram  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  e  $\text{KNO}_3$  p.a.

Semearam-se oito sementes do feijoeiro por vaso, desbastando-se para duas plântulas. Dessas, uma foi colhida na época do florescimento (estádio R6) e a outra na maturação dos grãos (estádio R9). A umidade do solo foi mantida próxima de 70 % do Volume Total de Poros (VTP).

Nos dois cultivos, a parte aérea das plantas foi separada em hastes + ramos, folhas e grãos (estádio R9), seca em estufa a 65-70°C até peso constante, para determinação da matéria seca. Avaliaram-se os teores de nutrientes nas folhas do feijoeiro no florescimento e o acúmulo total de nutrientes (1° + 2° cultivos) na matéria seca da parte aérea e nos grãos na maturação.

Os teores dos nutrientes no material vegetal de cada parte foram analisados quimicamente como se segue: N, pelo método Kjeldahl; P, K, Ca, Mg, S, Cu, Mn e Zn, pela digestão nítrico-perclórica, e determinando-se no extrato: P - colorimetria; K - fotometria de chama; S - turbidimetria e Ca, Mg, Cu, Mn e Zn - espectrofotometria de absorção atômica. O B foi determinado por incineração e determinação colorimétrica pelo método da curcumina. Os métodos das análises químicas foram descritos por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997).

A quantidade dos nutrientes acumulada pelo feijoeiro foi calculada com base no teor dos mesmos no tecido e na produção de matéria seca de cada parte, e a quantidade total acumulada, pela soma da acumulação nos dois cultivos.

Os dados de teores e acumulação obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5%.

Para a avaliação e discussão da capacidade dos solos estudados em suprir os nutrientes ao feijoeiro, foram utilizados os teores dos mesmos, determinados nas folhas das plantas coletadas na época do florescimento e as suas acumulações na matéria seca da parte aérea e de grãos no final do ciclo (1° + 2° cultivos), nos tratamentos nos quais foram omitidos (-M), comparativamente aos valores obtidos no tratamento Completo 1 (C1). Os teores foliares foram, também, comparados com aqueles tidos como adequados para a cultura, por Rajj et al. (1996).

Para se inferir sobre os efeitos dos teores e acumulação dos nutrientes no crescimento e rendimento do feijoeiro, calculou-se a produção relativa (PR) de matéria seca da parte aérea (MSPA) e de grãos (MSGR) do tratamento de omissão (-M), em comparação ao Completo 1 (C1), pela seguinte expressão:  $\text{PR}(\%) = \text{MSPA ou MSGR} (-\text{M}) / \text{MSPA ou MSGR} (\text{C1}) \times 100$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Teores dos nutrientes nas folhas na época do florescimento

No Quadro 2 encontram-se os teores dos macro e micronutrientes nas folhas das plantas coletadas no florescimento, no tratamento Completo 1 (C1) e nos respectivos tratamentos de omissão (-M), bem como a produção relativa (PR) de matéria seca da parte aérea do tratamento de omissão em comparação ao C1, no primeiro e segundo cultivos, nos solos GP, O, GH e A.

Observa-se que, de maneira bastante variada entre os nutrientes e os solos, houve uma tendência de os teores dos nutrientes serem maiores no tratamento C1, em relação aos tratamentos em que foram omitidos (-M), nos dois cultivos, embora, nem sempre significativamente.

Comparando-se os teores dos nutrientes do Quadro 2 com aqueles propostos por Rajj et al. (1996), observa-se que tanto para o tratamento Completo 1 (C1) quanto para os de omissão (-M), de maneira geral, os teores estão no limite inferior ou abaixo da faixa tida como adequada, com algumas exceções, dentre elas o Mn, principalmente no -M.

De acordo com Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), a diagnose foliar baseia-se, dentro de limites, em relações diretas entre a fertilidade do solo ou dose do

adubo, teor foliar e produção. Mas, de acordo com esses autores, a relação entre teor foliar e a produção é bastante complicada, podendo ocorrer uma série de situações, ou seja, a relação nem sempre é direta. Dentre as diversas situações, uma delas é denominada de curva em "C" ou "efeito Steenbjerg", que ocorre em casos em que o nutriente está muito deficiente no solo, fazendo com que a sua aplicação na adubação promova uma resposta muito grande da planta em crescimento, proporcionalmente maior à própria absorção do elemento, não permitindo o aumento de sua concentração no tecido. Nesse caso, há uma pequena variação no teor foliar em virtude do grande acúmulo de massa seca, podendo ocorrer, inclusive, diluição do nutriente na matéria seca da planta.

Exemplos claros dessa situação podem ser observados e discutidos para o B e o P no presente trabalho. Esses dois nutrientes foram os que mais limitaram a produção relativa (PR) em todos os solos (Quadro 2), ou seja, as suas omissões na adubação (-M) reduziram grandemente o crescimento da cultura, com teores foliares iguais ou até maiores que no tratamento Completo 1 (C1). Isso quer dizer que no tratamento Completo 1 (C1), a resposta em crescimento às aplicações de P e B foi tão grande que não permitiu que houvesse aumento em suas concentrações nos tecidos; em alguns casos, houve até diluição. Assim, para que houvesse maior teor foliar de P no tratamento Completo 1 (C1), certamente, a dose do nutriente deveria ser maior do que aquela aplicada na adubação básica dos solos. Deve ser lembrado que os teores de P e B na análise química de todos os solos encontram-se em valores bastante baixos (Quadro 1).

Os elevados teores foliares de B, bem acima da faixa adequada (Raij et al., 1996), observados nas plantas do tratamento de omissão (-M), principalmente no segundo cultivo, podem ser explicados pela paralisação completa do crescimento das plantas nesse tratamento, devido à morte da gema apical, que são a consequência e o sintoma típico da deficiência do micronutriente. Como a planta continua viva e ainda absorvendo o nutriente, mas sem possibilidade de crescimento, os teores foliares tendem a se elevar.

Para outros nutrientes, tais como K, N e S, em muitas situações ocorreram fatos semelhantes aos do P e B. Em outros casos, a menor produção relativa (PR) do tratamento de omissão (-M) foi acompanhada por teores foliares também significativamente menores do que no tratamento Completo 1 (C1). Isso pode ser observado para o Ca e o Mg nos solos GP, O e GH, exceto para o Mg no primeiro cultivo do GP (Quadro 2),

em que seus teores foliares no tratamento -M foram sempre inferiores ao tratamento Completo 1 (C1) e, com isso, a produção relativa (PR) correspondente também. Esse comportamento confirma que os teores de Ca e Mg mostrados na análise química desses solos (Quadro 1) eram deficientes para a correta nutrição do feijoeiro e que as doses dos mesmos, aplicados com a calagem (tratamento C1), permitiram aumentos proporcionais na produção de matéria seca e nos seus teores foliares, ou seja, mostrando relação direta entre os teores foliares e a produção. No solo A, esse comportamento não foi bem definido, embora tenha ocorrido redução da produção relativa (PR) (Quadro 2). Tal fato se justifica pelos teores de Ca e Mg que, nesse solo, encontravam-se em valores médio/alto (Quadro 1).

À exceção do solo A, os teores foliares de Ca e Mg nos tratamentos de omissão (-M) apresentaram-se abaixo dos níveis críticos apresentados por Raij et al. (1996), com uma correspondente baixa produção relativa (PR). Esses resultados confirmam a pobreza dos solos GP, O e GH nesses nutrientes, bem como a necessidade de calagem em todos os solos, não só para corrigir o pH, mas também para fornecer Ca e Mg como nutrientes à cultura.

As omissões do Cu e do Zn (-M), à exceção do solo A, embora de maneira bastante variada entre os demais solos e cultivos, em grande parte dos casos, reduziram a produção de matéria seca da parte aérea (PR) na época do florescimento (Quadro 2). Nesses casos, os teores foliares desses micronutrientes mantiveram-se próximos do limite inferior da faixa adequada (Raij et al., 1996), confirmando seus baixos teores observados na análise química do solo (Quadro 1).

Os teores de Mn no tratamento -M referem-se aos teores determinados nas folhas das plantas do tratamento em que não se aplicou calcário (C1-Cal). Observa-se que, em todos os solos, os teores foliares de Mn no -M foram bastante elevados e bem acima da faixa crítica estabelecida por Raij et al. (1996). Esse fato justifica os sintomas de toxidez de Mn observados nas plantas do tratamento sem calagem (C1-Cal), o que, juntamente com os efeitos do pH baixo e da deficiência de Ca e Mg, contribuiu para redução do crescimento (PR) (Quadro 2).

#### **Acúmulo de nutrientes na matéria seca da parte aérea e de grãos no final do ciclo e exportação**

Como já destacado, a real capacidade de um solo fornecer determinado nutriente às plantas pode ser ava-

liada pela determinação da absorção e acumulação do mesmo em cultivos sucessivos, sob condições de disponibilidade adequada dos demais, que foi a metodologia usada neste trabalho.

Pelo Quadro 3 pode-se verificar o acúmulo total dos nutrientes nos dois cultivos, na matéria seca da parte aérea (MSPA) e de grãos (MSGR) no final do ciclo, para os solos GP, O, GH e A. Os valores de acumulação foram calculados para o tratamento Completo 1 (C1) e para os respectivos tratamentos de omissão (-M).

Observa-se que o acúmulo total dos nutrientes na MSPA e na MSGR foi sempre superior no tratamento Completo 1 (C1) em relação ao de omissão (-M), à exceção do Cu no solo GP, do N no solo O, do N e Cu no solo GH, todos na MSPA e do Mn em todos os solos para a MSPA e MSGR.

Em todos os solos, verifica-se que houve baixa acumulação de B, P, K, S, N, Ca e Mg nos tratamentos em que foram omitidos (-M). Dessa forma, apresentaram-se como fatores limitantes à nutrição do feijoeiro, o que se refletiu, na grande maioria dos casos, na redução da produção relativa (PR) das plantas (Quadros 3). O B e o P e, em alguns casos, o K, foram aqueles que mais drasticamente limitaram o crescimento e o rendimento da cultura. Ressalta-se que no período experimental observaram-se sintomas característicos de deficiência desses nutrientes nas plantas. Destaca-se o caso do B, em que a sua limitação foi tão drástica que pode ter impossibilitado a formação de grãos.

O grande acúmulo de Mn no tratamento -M e os sintomas de toxidez observados nas plantas podem ser explicados pela sua alta disponibilidade nos solos em virtude do pH ácido, visto que sua avaliação foi efetuada nas plantas do tratamento em que se omitiu a calagem (C1-Cal). Esse resultado reforça a necessidade de calagem nesses solos para o cultivo do feijoeiro, não só para o fornecimento de Ca e Mg, como visto, limitantes nesses solos, mas também para a elevação do pH visando à redução da concentração tóxica de Al e Mn, comuns em solos de várzeas (Fageria, Oliveira e Dutra, 1996). Quaggio et al. (1985) observaram que a aplicação de calcário em solo de várzea do Vale do Ribeira-SP aumentou a disponibilidade de Ca, Mg, P e Mo e reduziu a toxicidade do Mn, elevando, com isso, a produção do feijoeiro.

As acumulações de Cu e Zn, de maneira geral, foram maiores no tratamento Completo 1 (C1) do que

nos tratamentos em que foram omitidos (-M), graças às suas aplicações na adubação básica. Esse fato, entretanto, não se refletiu em aumentos significativos no rendimento da cultura (Quadro 3). Mas, como esses micronutrientes apresentaram-se em baixos teores nos solos GP, O e GH (Quadro 1) e seus teores foliares mantiveram-se próximos do limite inferior da faixa adequada (Quadro 2), pode-se inferir que, sob condições de cultivos intensivos, os mesmos podem, a médio prazo, tornarem-se limitantes ao feijoeiro em tais solos.

É interessante observar, para todos os solos estudados (Quadro 3), que o Ca foi grandemente acumulado na MSPA, em valores inclusive superiores aos do N, ocorrendo o contrário na MSGR, na qual foi acumulado grande quantidade de N e pouco de Ca. Esse fato pode ser explicado pela grande mobilidade do N dentro da planta (Faquin, 1994), o qual, na época da frutificação, migra das partes vegetativas para as produtivas da planta, principalmente no caso do feijoeiro, cujos grãos apresentam teores elevados de proteína (22 a 26%) (Lajolo, Genovese e Menezes, 1996). No caso do Ca, em virtude de sua imobilidade na planta (Faquin, 1994), o mesmo tende acumular-se na MSPA, migrando muito pouco para os grãos.

A mobilidade ou não dos nutrientes na planta é que, dentro de limites, explica a variação que existe entre eles em termos de exportação pela produção. Os valores percentuais exportados de cada nutriente são apresentados para cada solo no Quadro 3. Destacam-se o N como o mais exportado e o Ca como o menos. Chama atenção a exportação do S que, em média, atinge a valores de 60% do acumulado. De acordo com Faquin (1994), o S é considerado pouco móvel na planta. Mas, deve ser lembrado que tal como o N, o S faz parte dos aminoácidos cistina e metionina, componentes de proteínas dos grãos do feijoeiro.

A ordem decrescente de exportação (%) de macronutrientes pelos grãos do feijoeiro nos solos estudados, em relação ao total absorvido, foram: **GP, O e A** -  $N > P > S > K > Mg > Ca$  e **GH** -  $N = P > S > K > Mg > Ca$ . Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Gallo e Miyasaka (1961); Haag et al. (1967) e Cobra Neto, Accorsi e Malavolta (1971), os quais obtiveram a seguinte ordem de exportação (%) em relação ao total absorvido:  $P > N > S > K > Mg > Ca$ . Para os micronutrientes, a ordem encontrada no presente trabalho foi: **GP e O** -  $Zn > Cu > B > Mn$ ; **GH** -  $Cu > Zn > Mn > B$  e **A** -  $Cu > Zn > B > Mn$ .

**QUADRO 2** - Teores de macro e de micronutrientes nas folhas do feijoeiro na época do florescimento (R6) no tratamento Completo1 (C1) e nos respectivos tratamentos de omissão (-M) e produção relativa (PR) de matéria seca da parte aérea (MSPA) do tratamento de omissão em comparação ao C1 no primeiro e no segundo cultivos nos solos Glei Pouco Húmido, Orgânico, Glei Húmido e Aluvial.

Nutriente	Primeiro Cultivo			Segundo Cultivo			Primeiro Cultivo			Segundo Cultivo		
	CI	-M	PR <sup>1</sup>	CI	-M	PR <sup>1</sup>	CI	-M	PR <sup>1</sup>	CI	-M	PR <sup>1</sup>
<b>Glei Pouco Húmido</b>												
	— g kg <sup>-1</sup> —	%	— g kg <sup>-1</sup> —	%	— g kg <sup>-1</sup> —	%	— g kg <sup>-1</sup> —	%	— g kg <sup>-1</sup> —	%	— g kg <sup>-1</sup> —	%
N	32,9 a <sup>3</sup>	53	22,1 a	37	47,30 a <sup>3</sup>	138	22,3 a	19,1 a	63			
P	2,4 b	17	1,43 a	23	3,0 a	16	1,3 a	1,4 a	23			
K	21,9 a	95	16,9 a	54	42,1 a	111	14,4 a	7,8 b	32			
Ca	20,6 a	78	21,9 a	52	37,9 a	62	18,2 a	6,9 b	56			
Mg	6,9 a	114	5,8 a	78	15,8 a	54	6,1 a	2,1 b	63			
S	2,1 a	80	10,2 a	56	2,2 a	136	10,2 a	10,7 a	39			
	— mg kg <sup>-1</sup> —		— mg kg <sup>-1</sup> —		— mg kg <sup>-1</sup> —		— mg kg <sup>-1</sup> —					
B	35,46 a	21	38,61 a	14	31,71 a	19	38,49 a	78,79 a	7			
Cu	4,57 b	122	5,64 a	99	5,13 a	115	4,74 a	5,63 a	76			
Mn <sup>2</sup>	39,86 b	77	38,88 b	56	135,00 b	34	69,93 b	245,36 a	43			
Zn	35,80 a	49	23,97 a	48	59,03 a	119	31,80 a	24,82 a	85			
<b>Glei Húmido</b>												
	— g kg <sup>-1</sup> —	%	— g kg <sup>-1</sup> —	%	— g kg <sup>-1</sup> —	%	— g kg <sup>-1</sup> —	%	— g kg <sup>-1</sup> —	%	— g kg <sup>-1</sup> —	%
N	41,40 a <sup>3</sup>	53	28,50 a	66	36,30 a <sup>3</sup>	80	25,40 a	32,20 a	61			
P	2,30 a	9	1,30 a	9	4,60 a	16	1,55 a	1,63 a	31			
K	40,8 a	48	20,7 a	38	32,20 a	58	16,10 a	6,55 a	48			
Ca	56,50 a	57	21,70 a	38	24,20 a	61	15,30 a	15,90 a	65			
Mg	9,70 a	64	8,30 a	28	7,00 a	68	4,10 a	2,00 b	89			
S	3,00 a	55	9,50 b	41	1,90 a	85	12,10 a	12,50 a	85			
	— mg kg <sup>-1</sup> —		— mg kg <sup>-1</sup> —		— mg kg <sup>-1</sup> —		— mg kg <sup>-1</sup> —					
B	31,26 b	12	49,27 b	10	37,08 a	20	80,98 b	136,78 a	19			
Cu	3,50 a	68	6,27 a	66	9,61 a	92	7,74 a	5,89 a	102			
Mn <sup>2</sup>	52,88 b	26	49,73 b	125	106,98 b	99	82,86 b	600,00 a	53			
Zn	33,10 a	48	41,12 a	53	60,86 a	112	32,88 a	27,16 a	94			
<b>Aluvial</b>												

<sup>1</sup> PR (%) = MSPA (-M) / MSPA (CI) × 100; <sup>2</sup> Para o Mn os teores no -M referem-se ao tratamento sem calagem (C1 - Cal); <sup>3</sup> Médias com a mesma letra na linha dentro de cada cultivo não diferem entre si (Tukey 5%).

tratamento Completo I (C1) e nos respectivos tratamentos de omissão (-M) e produção relativa (PR) da MSPA e MSGR do tratamento de omissão em comparação ao C1 e percentagem de nutrientes exportados pelos grãos (EXP) no tratamento C1 do feijoeiro cultivado nos solos Glei Pouco Húmido Orgânico Glei Húmido e Aluvial.

Nutriente	MSPA			MSGR			MSPA			MSGR			
	CI	-M	PR <sup>1</sup>	CI	-M	PR <sup>1</sup>	CI	-M	PR <sup>1</sup>	CI	-M	PR <sup>1</sup>	EXP <sup>3</sup>
<b>Glei Pouco Húmido</b>													
N	mg vaso <sup>-1</sup> 246,30 a <sup>4</sup>	105,20 b	48	mg vaso <sup>-1</sup> 709,30 a	301,10 b	45	mg vaso <sup>-1</sup> 175,4 a <sup>4</sup>	204,2 a	107	mg vaso <sup>-1</sup> 827,4 a	792,7 a	90	80
P	48,00 a	7,00 b	45	99,20 a	31,00 b	40	46,6 a	7,1 b	46	143,2 a	29,9 b	34	75
K	209,66 a	43,85 b	70	66,43 a	31,75 b	50	64,51 a	33,77 b	66	87,19 a	14,62 b	22	57
Ca	284,00 a	100,00 b	64	56,20 a	24,70 b	67	416,6 a	83,4 b	57	65,4 a	23,6 b	48	13
Mg	180,70 a	18,50 b	75	42,50 a	22,60 b	65	226,0 a	14,1 b	68	70,8 a	23,9 b	58	24
S	34,60 a	10,10 b	69	49,80 a	22,00 b	51	38,3 a	11,5 b	83	81,3 a	18,5 b	40	68
<b>Glei Húmido</b>													
B	511,10 a	145,80 b	41	352,70 a	00,00 b	00	645,4 a	192,9 b	45	360,5 a	00,0 b	00	36
Cu	124,00 b	247,60 a	96	173,40 a	144,80 a	106	267,01 a	55,6 b	90	235,2 a	130,8 b	89	47
Mn <sup>2</sup>	449,20 a	131,80 b	74	821,10 a	475,70 b	88	685,5 a	201,6 b	98	1239,2 a	699,2 b	86	64
Zn	661,46 b	5373,40 a	59	335,00 b	723,50 a	60	1516,3 b	1775,8 a	61	523,4 a	349,1 b	34	26
<b>Aluvial</b>													
N	mg vaso <sup>-1</sup> 154,7 a <sup>4</sup>	242,9 a	90	mg vaso <sup>-1</sup> 720,2 a	503,0 b	78	mg vaso <sup>-1</sup> 159,8 a <sup>4</sup>	112,2 a	57	mg vaso <sup>-1</sup> 527,30 a	423,8 a	70	77
P	26,5 a	1,5 b	14	120,4 a	6,4 b	10	30,7 a	8,1 b	51	81,0 a	28,9 b	49	72
K	135,83 a	13,36 b	64	53,17 a	17,99 b	33	147,17 a	27,26 b	70	64,51 a	17,64 b	28	30
Ca	642,4 a	151,0 b	63	68,1 a	33,2 b	51	685,5 a	532,3 b	92	44,2 a	32,8 a	74	6
Mg	138,2 a	75,3 b	81	43,1 a	18,5 b	55	110,9 a	52,8 b	80	44,4 a	39,3 a	92	28
S	30,3 a	11,3 b	74	37,2 a	15,2 b	63	36,6 a	15,5 b	84	41,7 a	28,7 a	93	53
B	529,7 a	79,0 b	30	252,6 a	00,0 b	00	626,7 a	268,4 b	82	297,9 a	00,0 b	00	32
Cu	54,4 a	57,5 a	125	124,3 a	55,8 b	97	116,1 a	99,2 a	96	229,1 a	182,2 b	90	66
Mn <sup>2</sup>	498,8 a	189,4 b	98	843,3 a	527,8 b	96	476,9 a	400,3 a	89	650,3 a	620,8 a	99	58
Zn	550,7 b	1832,1 a	88	283,1 a	306,0 a	58	1672,2 b	2547,0 a	74	412,3 b	717,1 a	81	20

<sup>1</sup> PR (%) = MSPA (-M) / MSPA (CI) × 100; <sup>2</sup> Para o Mn as acumulações no -M referem-se ao tratamento sem calagem (C1 - Cal); <sup>3</sup> EXP (%) = Acúmulo do nutriente na MSGR (CI) / Acúmulo na MSPA (CI) + Acúmulo na MSGR (CI) × 100; <sup>4</sup> Médias com a mesma letra na linha dentro de cada cultivo não diferem entre si (Tukey 5%).



## CONCLUSÕES

- a) Os solos de várzea estudados em vasos não supriram as exigências nutricionais do feijoeiro em B e nos macronutrientes.
- b) Os solos supriram as exigências da cultura em Cu e Zn, embora, a médio prazo, sob condições de cultivo intensivo, possam se tornar limitantes.
- c) As limitações mais drásticas foram para o B, P e K, cujos sintomas visuais de deficiência foram claramente observados nas plantas.
- d) A calagem é essencial para o cultivo do feijoeiro nesses solos para fornecimento de Ca e Mg e redução da toxicidade de Mn e Al.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COBRA NETO, A.; ACCORSI, W.R.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. var. Roxinho). **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, Piracicaba, v. 28, p. 257-274, 1971.
- EL-HUSNY, J.C. **Limitações nutricionais para a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em solo do Norte de Minas Gerais**. Lavras: ESAL, 1992. 151p. (Dissertação - Mestrado em Fitotecnia).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1979. n.p.
- FAGERIA, N.K.; OLIVEIRA, I.P.; DUTRA, L.G. **Deficiências nutricionais na cultura do feijoeiro e suas correções**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1996. 40p. ( EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 65).
- FAGERIA, N.K.; SANTOS, A.B. Rice and common bean growth and nutrients uptake as influenced by aluminum on an acid varzea soil. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PLANT-SOIL INTERACTIONS AT LOW pH., 4., 1996, Belo Horizonte. **Proceeding...** : plant-soil interaction at low pH: sustainable agriculture and forestry production. Campinas: Brazilian Soil Science Society, 1997. p.234
- FAGERIA, N.K.; SOUZA, N.P. Respostas das culturas de arroz e feijão em sucessão à adubação em solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 3, p. 359-368, mar. 1995.
- FAQUIN, V. **Nutrição mineral de plantas**. Lavras: ESAL/FAEPE, 1994. 227p.
- GALLO, J.R.; MIYASAKA, S. Composição química do feijoeiro e absorção de elementos nutritivos, do florescimento à maturação. **Bragantia**, Campinas, v. 20, n. 40, p. 867-884, set. 1961.
- GUEDES, G.A.A.; JUNQUEIRA NETTO, A. Calagem e adubação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 4, n. 46, p. 21-23, out. 1978.
- HAAG, H.P.; MALAVOLTA, E.; GARGANTINI, H.; BLANCO, H.G. Absorção de nutrientes pela cultura do feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 26, n. 30, p. 380-391, set. 1967.
- JACKSON, M.L. **Análise química de solos**. 2. ed. Barcelona: Omega, 1970. 662 p.
- LAJOLO, F.M.; GENOVESE, M.I.; MENEZES, E.W. Qualidade nutricional. In: ARAUJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (co-ords). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba: POTAFOS, 1996. p.23-56.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.
- MORAES, J.F.V.; DYNIA, J.F. Alterações nas características químicas e físico-químicas de um solo glei pouco húmico sob inundação e após drenagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 2, p. 223-235, fev.1992.
- QUAGGIO, J.A.; SAKAI, M.; ISHIMURA, I.; SAES, L.A.; BATAGLIA, O.C. Calagem para rotação feijão-milho verde em solo orgânico do vale do Rio Ribeira de Iguape (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 9, n. 3, p. 249-254, set./dez.1985.
- RAIJ, B.van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (eds). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo & Fundação IAC, 1996. 258p. (Boletim Técnico, 100).
- RAIJ, B.van.; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S.; BATAGLIA,

- O.C. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170 p.
- ROSOLEM, C.A. **Nutrição e adubação do feijoeiro**. Piracicaba: POTAFOS, 1987. 93p.
- ROSOLEM, C.A.; MARUBAYASHI, O.M. Seja o doutor do seu feijoeiro. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.68, p.1-15, dez.1994. (Encarte - POTAFOS, Arquivo do Agrônomo, 7).
- TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985. (Boletim Técnico, 5).
- VALE, F.R.; GUILHERME, L.R.G.; GUEDES, G.A.A. **Fertilidade do solo**: dinâmica e disponibilidade dos nutrientes de plantas. Lavras: ESAL/FAEPE, 1993. 171p.