

CALAGEM, ADUBAÇÃO COM MICRONUTRIENTES E PRODUÇÃO DE ARROZ IRRIGADO E FEJÓEIRO EM SOLO DE VÁRZEA¹

JOSÉ FLÁVIO DYNIA² e JOSÉ FRANCISCO VALENTE MORAES³

RESUMO - Avaliou-se o efeito de tratamentos que associaram cinco doses de calcário e duas doses de micronutrientes aplicados a um solo Gley Pouco Húmico do município de Goianira, GO, sobre a produção de grãos e a absorção de nutrientes pelas plantas de arroz irrigado (cultivares Cica-8 e BR IRGA-409) e de feijoeiro (cultivar Carioca e linhagem LM 30030), em cultivos sucessivos e alternados. A calagem não influenciou a produção de grãos das duas culturas, e os micronutrientes causaram aumento significativo ($p < 0,05$) apenas da produção de grãos do feijoeiro. Nas parcelas sem micronutrientes, as plantas de feijoeiro mostraram sintomas semelhantes aos de deficiência de B e toxidez de Mn. Em todos os tratamentos, a cultivar de arroz BR IRGA-409 acumulou mais Fe na parte aérea do que a cultivar Cica-8, mas nenhuma das cultivares mostrou sintomas de toxidez do elemento.

Termos para indexação: FTE, deficiências nutricionais, boro, zinco, manganês, ferro, inundação.

LIMING, MICRONUTRIENT APPLICATION, AND RICE AND DRY-BEAN PRODUCTION IN A LOWLAND SOIL

ABSTRACT - Grain production, and absorption of nutrients by flooded rice (cv. Cica-8, and BR IRGA-409) and dry-bean (cv. Carioca, and LM 30030) planted in successive and alternate crops in a Low Humic Gley soil of the county of Goianira, GO, Brazil, were evaluated as affected by treatments which associated five lime doses and two micronutrients doses. Lime did not influence the grain yield of rice or bean, and micronutrients increased significantly ($p < 0.05$) the yield of beans, but not of rice. In the plots which had received no micronutrients, the bean plants showed symptoms of B deficiency and Mn toxicity. In all treatments, the rice cv. BR IRGA-409 absorbed more Fe than cv. Cica-8, but none of the two cultivars showed any symptom of Fe toxicity.

Index terms: FTE, nutritional deficiency, boron, zinc, manganese, iron, waterlogging.

¹ Aceito para publicação em 8 de outubro de 1997.

² Eng. Agr., Dr., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental (CNPMA), Caixa Postal 69, CEP 13820-000 Jaguariúna, SP. E-mail: dynia@cnpmembrapa.br

³ Eng. Agr., Ph.D., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), Caixa Postal 179, CEP 74001-970 Goiânia, GO.

INTRODUÇÃO

No Brasil, o aproveitamento dos solos de várzeas limita-se, basicamente, ao cultivo do arroz irrigado por inundação contínua, à pecuária extensiva sobre pastagem nativa, e a uns poucos projetos agrícolas onde se cultivam outras espécies vegetais. Considerando-se as facilidades de topografia e disponibilidade de água para irrigação, que abrem perspectivas de dois cultivos anuais na mesma área, várias tentativas vêm sendo feitas para cultivar espécies de sequeiro nesses solos.

As dificuldades para o cultivo de espécies de sequeiro nas várzeas estão associadas ao arejamento deficiente dos solos, à ocorrência do lençol freático próximo à superfície, e à perda da fertilidade natural dos solos (Letey et al., 1962; Sharma & De Datta, 1985).

O feijoeiro, como a maioria das plantas cultivadas em condição de sequeiro, não tolera baixas tensões de oxigênio no solo, e tem afetado o seu metabolismo e a absorção de água e de nutrientes nos solos mal arejados (Letey et al., 1962).

O arejamento deficiente leva à redução do Mn, do Fe e de outros compostos do solo (Ponnamperuma, 1972; Moraes, 1973; Moraes & Dynia, 1992). O Mn e o Fe são reduzidos às formas solúveis de Mn^{2+} e Fe^{2+} , e podem atingir níveis tóxicos às plantas nos solos inundados (Ponnamperuma, 1972; Barbosa Filho, 1987). Com o arejamento do solo, o Mn^{2+} e o Fe^{2+} são reoxidados e se precipitam (Mahapatra & Patrick Junior, 1968), mas, nos solos de várzea, devido à flutuação do lençol freático, pelas chuvas ou irrigação, a concentração daqueles elementos pode manter-se alta, principalmente o Mn, cujo potencial de oxidação-redução é mais elevado do que o do Fe (Sposito, 1982). O feijoeiro é particularmente sensível a concentrações elevadas de Mn disponível (Malavolta, 1980), ao passo que o arroz é tolerante (Tanaka et al., 1966).

O Zn associado aos óxidos/hidróxidos de Fe e de Mn é colocado em disponibilidade quando o solo é reduzido, mas, com a reoxidação, o Fe e o Mn se precipitam e podem levar à deficiência de Zn, nos cultivos sucessivos do arroz. O Cu, ao contrário, pode ter diminuída a sua disponibilidade durante a inundação, a qual aumenta com a drenagem do solo (Moraes & Dynia, 1992).

A calagem tem sido preconizada como prática capaz de amenizar a toxidez de Fe nos solos inundados (Barbosa Filho, 1987; Patrick Junior & Henderson, 1981) e de diminuir a toxidez do Mn no feijoeiro (Souto & Döbereiner, 1969), mas pode diminuir a disponibilidade dos micronutrientes, principalmente do Zn, pelo aumento do pH dos solos (Kalbazi et al., 1978).

Este trabalho foi realizado para estudar a influência da calagem e da aplicação de micronutrientes na produção de arroz irrigado e de feijoeiro em cultivos sucessivos, e na disponibilidade de micronutrientes para as plantas, em um solo de várzea onde alternaram-se períodos de inundação (cultivo do arroz) e períodos em que o solo foi drenado (cultivo do feijoeiro).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em um solo Gley Pouco Húmico da Fazenda Palmital, da Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), em Goianira, GO. Antes da instalação do experimento, a camada arável do solo (0-20 cm de profundidade) apresentava as seguintes características: 32 g/kg de M.O.; pH 5,8 (relação solo:água = 1:2,5); 10,0 cmol/dm³ de $Ca^{2+} + Mg^{2+}$; 52 mg/dm³ de K^+ ; 16,5 mg/dm³ de P; 220 mg/dm³ de Fe; 25 mg/dm³ de Mn; 1,1 mg/dm³ de Zn; 1,3 mg/dm³ de Cu; 28,4% de argila; 34,5% de silte e 36,9% de areia. As determinações de matéria orgânica, pH, $Ca^{2+} + Mg^{2+}$, P, K^+ , e a análise granulométrica, foram feitas de acordo com Embrapa (1979). Zn, Cu, Fe e Mn foram extraídos pelo extrator de Mehlich 1 e determinados por espectrofotometria de absorção atômica.

O experimento foi constituído por seis tratamentos dispostos em blocos ao acaso, com quatro repetições. As parcelas experimentais, de 70 m², foram separadas por caminhos de 1,0 m, e os blocos, por caminhos de 3,0 m de largura. Os seis tratamentos consistiram da aplicação de frações da dose de calcário necessária (NC) para elevar a saturação de bases do solo a 85%, estimada pelo método SMP (Shoemaker et al., 1961), e da aplicação de uma mistura de micronutrientes sob a forma de fritas (FTE BR-12) em dose equivalente a 60 kg/ha, como segue: 1) O NC; 2) 0,25 NC + FTE BR-12; 3) 0,50 NC + FTE BR-12; 4) 0,75 NC + FTE BR-12; 5) 1,00 NC + FTE BR-12; e 6) 0,75 NC.

A NC foi estimada em 6,9 t/ha (calcário com PRNT igual a 100%). O FTE BR-12 apresentava a seguinte composição: 9,20% de Zn; 2,17% de B; 0,80% de Cu; 3,82% de Fe; 3,4% de Mn e 0,132% de Mo. O calcário e o FTE BR-12 foram aplicados a lanço, antes do primeiro cultivo, e incorporados com grade. Na mesma operação foram aplicados, em todas as parcelas, 60 kg/ha de P_2O_5 , como superfosfato triplo e 40 kg/ha de K_2O , na forma de KCl.

Foram realizados cinco cultivos sucessivos, a saber: três de arroz (na época das chuvas), alternados com dois de feijão (na época seca).

Arroz

No primeiro cultivo de arroz, foi utilizada a cv. Cica-8, semeada em linhas, no espaçamento de 0,20 m e na densidade de 60 sementes por metro. A adubação, no sulco de plantio foi de 300 kg/ha da fórmula 4-24-12. Aos 60 e aos 80 dias do plantio foram aplicados, em cobertura, 60 kg/ha de N (uréia) e 30 kg/ha de N (sulfato de amônio), respectivamente.

A inundação do solo teve início 48 dias após o plantio, e prolongou-se por 97 dias; o arroz foi colhido 15 dias após a retirada da água das parcelas.

No segundo cultivo, foi utilizada a cv. BR IRGA-409. Antes do plantio, as parcelas foram adubadas a lanço com 100 kg/ha da fórmula 4-14-12, mais 28 kg/ha de K₂O, como KCl. Devido ao excesso de água nas parcelas na época da semeadura, causado por chuvas intensas, o plantio foi realizado com mudas de 20 dias de idade, com espaçamento de 0,20 m x 0,20 m entre covas e três a quatro mudas por cova. Dez dias após o transplante, foi feita uma adubação em cobertura com 30 kg/ha de N, e em seguida o solo foi inundado. Trinta dias depois foi feita uma segunda aplicação de 15 kg/ha de N. Nas duas adubações em cobertura foi usado o sulfato de amônio.

A cultivar BR IRGA-409 foi usada novamente no terceiro cultivo de arroz. A semeadura foi feita em linhas com espaçamento de 0,22 m, na densidade de 80 sementes por metro. Antes da semeadura, as parcelas foram adubadas com 300 kg/ha da fórmula 4-30-16. O adubo foi aplicado a lanço e incorporado com grade. Foram feitas duas adubações em cobertura, com 40 e 45 kg/ha de N, 42 e 72 dias após o plantio, respectivamente, ambas com uréia. A inundação do solo teve início 38 dias após a semeadura e prolongou-se por 54 dias.

Nos três cultivos de arroz usou-se o herbicida 2,4-D para controlar as invasoras.

Feijão

No primeiro cultivo de feijão foi usada a cv. Carioca, semeada em linhas com espaços, entre si, de 0,60 m, na densidade de 23 sementes por metro. Foram aplicados 200 kg/ha da fórmula 4-24-12, no sulco de plantio. No segundo cultivo, foi usada a linhagem LM 30030, semeada em linhas com espaços, entre si, de 0,50 m, com 18-20 sementes por metro. Foram aplicados 350 kg/ha, da fórmula 5-30-15, no sulco de plantio. Nos dois cultivos foram aplicados 40 kg de N/ha, na forma de uréia, 30 a 35 dias após o plantio.

O controle de invasoras foi feito com os herbicidas Fusilade e Flex. No primeiro cultivo, o feijão foi irrigado por aspersão, e no segundo, por subirrigação.

Análise do solo e das plantas

Amostras do solo foram coletadas após cada cultivo, nas parcelas correspondentes aos tratamento-testemunha (0 NC) e 0,75 NC, e analisadas quanto a pH, P, K, Ca+Mg, Cu, Zn, Fe e Mn, seguindo-se os métodos descritos em Embrapa (1979).

Amostras da parte aérea das plantas de arroz e de feijão, coletadas na fase da floração, foram analisadas quanto a P, K, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe e Mn. Foi empregado o sistema de digestão úmida com mistura de ácidos nítrico e perclórico (Moraes & Rabelo, 1986). O P foi determinado pelo método do vanadato-molibdato de amônio (Bataglia et al., 1978); K, por fotometria de chama, e Ca, Mg, Zn, Cu, Fe e Mn, por espectrofotometria de absorção atômica.

Experimento de casa de vegetação

Visando identificar o nutriente causador da deficiência do crescimento do feijoeiro no campo, foi conduzido um experimento em vasos, em casa telada, utilizando-se solo da camada arável coletado nas áreas onde as plantas cresceram pouco e mostraram sintomas de deficiência de B e de toxidez de Mn. Foram aplicados dez tratamentos, em arranjo completamente casualizado, com quatro repetições, como segue: 1) testemunha; 2) completo (calcário, NPK e micronutrientes); 3) NPK; 4) calcário; 5) completo - Cu; 6) completo - Zn; 7) completo - Mn; 8) comple - to - B; 9) completo - Mo; 10) completo - Fe.

O calcário foi aplicado como CaCO₃ puro para análise, em dose equivalente a 75% da necessidade para se obter 85% de saturação de bases no solo. A adubação NPK constou de 40 mg/dm³ de N, 15 mg/dm³ de P e 50 mg/dm³ de K, e como micronutrientes, foram aplicados 1,0 mg/dm³ de Cu, 2,0 mg/dm³ de Zn, 0,5 mg/dm³ de B, 5,0 mg/dm³ de Mn, 5,0 mg/dm³ de Fe, e 0,5 mg/dm³ de Mo. Todos os tratamentos foram misturados a 5 dm³ de solo, contido em vasos com capacidade para 6 dm³. Os vasos foram irrigados com água destilada, durante todo o experimento, mantendo-se a umidade próxima a 80% da capacidade de campo.

Em cada vaso foram cultivadas três plantas de feijão (linhagem LM 30030). Aos 54 dias após a semeadura, a parte aérea das plantas foi colhida, lavada e secada a 65°C. Nas plantas que apresentaram sintomas de toxidez de manganês ou de deficiência de micronutrientes, as folhas inferiores com sintomas foram analisadas separadamente das folhas superiores, de aparência normal. Simultaneamente, procedeu-se à análise química de toda a parte aérea.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Experimento de campo

Os dados de produção dos cinco cultivos encontram-se na Tabela 1. A produção de arroz no primeiro cultivo variou entre 9,2 e 10,0 t/ha, e não houve diferença significativa entre os tratamentos. No segundo cultivo, houve diferença significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$). No entanto, a produtividade, em todas as parcelas, foi muito baixa, devido a uma enchente que alagou a área experimental e manteve as plantas submersas por quase duas semanas durante a floração, o que pode ter mascarado os resultados. A produção de arroz no terceiro cultivo variou entre 5,7 e 6,3 t/ha, e não houve diferença entre os tratamentos.

TABELA 1. Produção de arroz irrigado e feijão (kg/ha) no solo Gley Pouco Húmico, em cultivos sucessivos (médias de quatro repetições).

Tratamento ¹	Cultivo ²				
	Arroz Cica 8	Feijão Carioca	Arroz BR IRGA-409	Feijão LM 30030	Arroz BR IRGA-409
0 NC	9400a	925b	2390ab	188c	6360a
0,25 NC + FTE BR-12	9240a	1215ab	2020c	1297ab	5760a
0,50 NC + FTE BR-12	9800a	1230ab	2140b	1092ab	5790a
0,75 NC + FTE BR-12	9550a	1195ab	2575ab	1187ab	5680a
1,00 NC + FTE BR-12	9680a	1345a	2430ab	1392a	6010a
0,75 NC	10060a	975b	2840a	138c	6150a
CV (%)	5,0	11,4	8,6	38,0	5,8

¹ NC: necessidade de calcário para elevar a saturação de bases do solo a 85%; FTE BR-12: 60 kg/ha.

² Nas colunas, valores seguidos pela mesma letra são iguais, pelo teste de Tukey a 5%.

O efeito esperado da calagem no solo Gley Pouco Húmico seria o de amenizar a toxidez de Fe, principalmente na cv. BR IRGA-409, classificada (Barbosa Filho, 1987) como sensível a concentrações altas desse elemento no solo. Moraes & Dynia (1992) constataram, neste mesmo solo, sob inundações, teores de Fe extraível com a solução de Mehlich 1 superiores a 3.000 mg/kg, que representaram cerca de 50% dos cátions trocáveis do solo (Fig. 1).

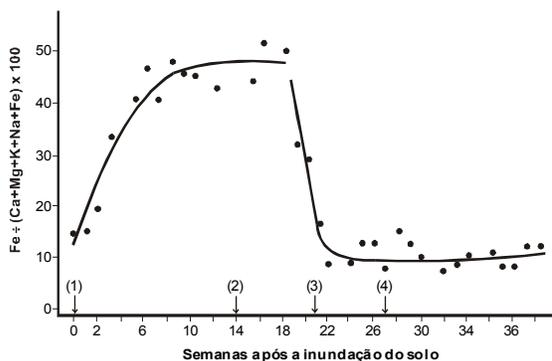


FIG. 1. Relação $Fe / (Ca + Mg + K + Na + Fe) \times 100$ em solo Gley Pouco Húmico durante a inundação e após a drenagem: (1) início da inundação; (2) início da drenagem; (3) fim da drenagem; (4) plantio do feijão (Moraes & Dynia, 1992).

Os resultados da análise de amostras do solo coletadas antes da instalação do experimento e após os cultivos de arroz (Tabela 2) mostram que os teores de Fe extraível aumentaram duas a três vezes mais com a inundações, e que o aumento foi maior nas parcelas sem calcário, principalmente no primeiro e terceiro cultivos (Tabela 2).

A cultivar BR IRGA-409 acumulou mais de 700 mg/kg de Fe na parte aérea, independentemente da dose de calcário aplicada ao solo (Tabela 3). Os teores observados em todos os tratamentos são superiores aos limites de toxidez de Fe definidos para a cultura do arroz (Fageria et al., 1981). Apesar disso, não foram observados sintomas de toxidez de Fe durante o ciclo das plantas. A alta disponibilidade de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ no solo, cujos teores variaram entre 9,5 e 18,3 cmol/dm^3 , pode ter sido um fator importante em amenizar o efeito da alta concentração de Fe na planta. Resultados obtidos por Moore Junior & Patrick Junior (1989) indicam que a atividade relativa do Fe, ou seja, a relação $\text{Fe}^{2+}/\text{cátions divalentes}$, e não sua concentração absoluta no solo (ou na planta), correlaciona-se com a toxidez.

TABELA 2. Variação da fertilidade do solo Gley Pouco Húmico submetido a cultivos sucessivos com arroz inundado e feijoeiro, nos tratamentos com ausência (0 NC) e presença (0,75 NC) de calcário (médias de quatro repetições).

Ano	Tratamento	pH	Ca+Mg	P	K	Zn	Cu	Fe	Mn
			(cmol/dm^3)	-----(mg/dm^3)-----					
1986	Análise inicial	5,8	10,0	16,5	52	1,1	1,3	220	25
1987	0 NC ¹	5,6	9,5	16,6	58	1,2	3,2	700	80
	0,75 NC	6,0	14,5	17,5	39	1,6	3,0	500	105
1988	0 NC	5,7	10,0	17,1	20	1,2	3,3	760	84
	0,75 NC	6,2	18,3	19,9	19	1,6	3,7	680	101
1989	0 NC	5,5	11,6	18,2	21	1,3	3,5	730	68
	0,75 NC	5,9	15,2	14,6	17	1,2	3,8	470	88

¹ Necessidade de calcário para elevar a saturação de bases do solo a 85%.

TABELA 3. Concentração (mg/kg) de ferro e manganês na parte aérea das plantas de arroz das duas cultivares, nos diversos tratamentos (médias de quatro repetições).

Tratamento ¹	Cica 8		BR IRGA-409	
	Fe	Mn	Fe	Mn
0 NC	160	400	803	240
0,25 NC + FTE BR-12	90	270	738	276
0,50 NC + FTE BR-12	100	280	968	195
0,75 NC + FTE BR-12	100	290	833	210
1,00 NC + FTE BR-12	90	250	755	188
0,75 NC	120	310	788	228

¹ NC: necessidade de calcário para elevar a saturação de bases do solo a 85%; FTE BR-12: 60 kg/ha.

A cultivar Cica-8 absorveu menos Fe do que a cv. BR IRGA-409, mas acumulou mais Mn na parte aérea (Tabela 3). Esta é uma característica das cultivares de arroz tolerantes a altas concentrações de Fe no solo. O possível efeito do Mn em diminuir a toxidez do Fe tem levado pesquisadores a sugerirem sua aplicação em solos onde ocorre toxidez de Fe no arroz (Ponnamperuma & Salivas, 1982; Ponnamperuma & Lantin, 1985).

Em nenhum dos cultivos de arroz houve resposta à aplicação dos micronutrientes (FTE BR-12). É possível que o aumento da sua disponibilidade causado pela inundação do solo (Moraes & Dynia, 1992) tenha possibilitado a obtenção de altas produções de grãos, mesmo nas parcelas sem adição de micronutrientes (Tabela 1).

O feijoeiro também não respondeu à calagem (Tabela 1). O elevado teor inicial de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ no solo, ou os problemas nutricionais que limitaram a produtividade do feijoeiro em níveis muito inferiores ao potencial das cultivares usadas, podem ter sido a causa da falta de resposta do feijoeiro aos tratamentos com calcário.

Nos tratamentos sem micronutrientes, a produtividade do feijoeiro foi severamente reduzida, principalmente no segundo cultivo, onde não alcançou 200 kg/ha (Tabela 1). Nas parcelas com esses tratamentos, as plantas apresentavam folhas grossas, coriáceas, enrugadas e enroladas para baixo, com manchas amarelas e necróticas. Tais sintomas, semelhantes aos de deficiência de B (Schwartz et al., 1978; Malavolta & Kliemann, 1985), foram mais intensos no segundo cultivo.

Em todos os tratamentos, diversas plantas se apresentavam com clorose internerval nos folíolos mais novos, e as folhas mais velhas mostravam-se encarquilhadas e encurvadas, com pontos necróticos, sintomas típicos de toxidez de Mn (Schwartz et al., 1978). Esses sintomas também foram mais intensos no segundo cultivo.

A análise da parte aérea do feijoeiro (Tabela 4) mostrou que a concentração de Mn nas plantas de aspecto normal do primeiro e segundo cultivos foi de 90 e 190 mg/kg, respectivamente, mas alcançou 260 mg/kg nas plantas com sintomas de toxidez no segundo cultivo. Observou-se que o Mn tendeu a se acumular nas folhas inferiores, onde alcançou 290 mg/kg. Os teores de Mn na parte aérea do feijoeiro no segundo cultivo foram maiores do que os 100 mg/kg determinados por Pratt (1966) em plantas com sintomas de toxidez.

TABELA 4. Concentração de nutrientes nas plantas de feijoeiro do primeiro e do segundo cultivos, em solo Gley Pouco Húmido.

Nutrientes	Primeiro cultivo		Segundo cultivo		
	Plantas normais		Plantas com sintomas		Plantas normais
	Parte aérea	Parte aérea	Folhas inferiores	Folhas superiores	Parte aérea
Fósforo (g/kg)	3,3	3,6	3,0	3,7	3,6
Potássio (g/kg)	18	29	39	23	22
Cálcio (g/kg)	31	24,2	27,0	14,0	23,5
Magnésio (g/kg)	6,0	8,0	7,5	5,7	7,7
Cobre (mg/kg)	16	8	8	14	12
Zinco (mg/kg)	58	34	30	41	36
Ferro (mg/kg)	200	200	170	170	180
Manganês (mg/kg)	90	260	290	140	190

Os maiores teores de Mn nas plantas de feijoeiro do segundo cultivo estão de acordo com a maior disponibilidade do nutriente no solo. No primeiro cultivo, o experimento foi irrigado por aspersão, enquanto que no segundo usou-se a subirrigação, com variação na profundidade do lençol freático. Nesta última condição, alternaram-se períodos de drenagem e períodos em que o solo permaneceu próximo do ponto de saturação de água, o que pode ter favorecido a redução do Mn. Mesmo após a drenagem, a concentração de Mn no solo permaneceu elevada, e a calagem não contribuiu para acelerar a sua reoxidação (Tabela 2).

Experimento de casa de vegetação

Os dados de produção do feijoeiro no experimento de vasos encontram-se na Tabela 5. A omissão do B não causou diminuição na produção de matéria seca da parte aérea do feijoeiro, e não foram observados sintomas que indicassem a sua deficiência, em quaisquer dos tratamentos. Também não se observaram sintomas que indicassem toxidez de Mn, e a sua omissão não teve influência na produção de matéria seca do feijoeiro. No caso do Mn, uma possível explicação seria que o solo foi secado ao ar e peneirado antes da instalação do experimento, e o bom arejamento pode ter promovido a reoxidação do elemento, que nas

condições de campo poderia estar, em parte, reduzido. Durante o experimento tomou-se o cuidado de evitar o encharcamento do solo dos vasos e, assim, a redução do Mn.

Nos tratamentos com a omissão de Zn, a produção de matéria seca da parte aérea do feijoeiro não se diferenciou estatisticamente do tratamento completo (Tabela 5). A concentração de Zn na parte aérea do feijoeiro foi de 25 mg/kg nas plantas cultivadas nos vasos que não receberam Zn, e 32 mg/kg no tratamento completo. Plantas normais de feijoeiro devem conter entre 40 e 50 mg/kg de Zn na parte aérea, de acordo com Schwartz et al. (1978).

No experimento de campo, a concentração de Zn na parte aérea do feijoeiro foi de 58 mg/kg no primeiro cultivo, e de apenas 34 mg/kg na do segundo cultivo (Tabela 4). Como o teor de Zn disponível no solo manteve-se maior do que 1,0 mg/dm³ (Tabela 2), é possível que, no segundo cultivo, a absorção do Zn pelas plantas da linhagem LM 30030 tenha sido prejudicada pelo excesso de Mn. Malavolta & Kliemann (1985) consideram 1,0 mg/dm³ o nível crítico de Zn no solo para o feijoeiro.

TABELA 5. Produção de matéria seca da parte aérea de feijoeiro (linhagem LM 30030) cultivado em vasos, com solo Gley Pouco Húmico coletado nas áreas do experimento de campo onde as plantas mostraram sintomas semelhantes aos de deficiência de boro e toxidez de manganês (médias de quatro repetições).

Tratamento	Matéria seca (g/vaso) ₁
Testemunha	6,3ab
Completo ₂	7,4ab
N P K	6,4ab
Calcário	5,8b
- Cu	7,2ab
- Zn	6,9ab
- Mn	7,6a
- B	7,6a
- Mo	7,3ab
- Fe	7,4ab

¹ Valores seguidos da mesma letra são iguais, pelo teste de Tukey a 5%.

² Calcário+NPK+micronutrientes.

CONCLUSÕES

1. A calagem não influencia a produção de grãos do arroz irrigado e do feijoeiro no solo Gley Pouco Húmico.

2. A aplicação de micronutrientes sob a forma de FTE BR-12, na dose única de 60 kg/ha, causa aumento significativo ($p < 0,05$) da produção de grãos nos cultivos de feijoeiro, e não influencia a produção do arroz.

3. Independentemente da aplicação de calcário e da mistura de micronutrientes, a cultivar de arroz BR IRGA-409 acumula mais Fe na parte aérea do que a cultivar Cica-8.

REFERÊNCIAS

BARBOSA FILHO, M.P. Toxidez de ferro em arroz irrigado. In: REUNIÃO SOBRE FERRO EM SOLOS INUNDADOS, 1., 1987, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Embrapa-CNPAF, 1987. p.113-133. (Embrapa- -CNPAF. Documentos, 22).

- BATAGLIA, O.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; FURLANI, A.M.C.; GALLO, J.R. **Análise química de plantas**. Campinas: IAC, 1978. 31p. (IAC. Circular, 87).
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro, 1979. 1v.
- FAGERIA, N.K.; BARBOSA FILHO, M.P.; CARVALHO, J.R.P. Influência de ferro no crescimento e na absorção de P, K, Ca e Mg pela planta de arroz em solução nutritiva. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.16, n.4, p.483-488, 1981.
- KALBAZI, M.G.; RACS, G.J.; LEWEN-RUDGERS, L.A. Reactions, products and solubility of applied zinc compounds in some Manitoba soils. **Soil Science**, Baltimore, v.125, p.55-64, 1978.
- LETEY, J.; STOLZY, L.H.; BLANK, G.B. Effect of duration and timing of low oxygen content on shoot and root growth. **Agronomy Journal**, Madison, v.54, n.1, p.34-37, 1962.
- MAHAPATRA, I.C.; PATRICK JUNIOR, W.H. Inorganic phosphate transformation in waterlogged soils. **Soil Science**, Baltimore, v.91, p.121-126, 1968.
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MALAVOLTA, E.; KLIEMANN, H.J. **Desordens nutricionais no Cerrado**. Piracicaba: POTAFOS, 1985. 136p.
- MORAES, J.F.V. Efeitos da inundação do solo. I. Influência sobre o pH, o potencial de  oxido-redução e a disponibilidade do fósforo no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira. Série Agronomia**, Rio de Janeiro, v.8, p.93-101, 1973.
- MORAES, J.F.V.; DYNIA, J.F. Altera es nas características químicas e físico-químicas de um solo Gley Pouco Húmico sob inundação e após a drenagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, n.2, p.225-235, 1992.
- MORAES, 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).
- MOORE JUNIOR, P.A.; PATRICK JUNIOR, W.H. Iron availability and uptake by rice in acid sulfate soils. **Soil Science Society of America. Journal**, Madison, v.53, n.2, p.471-476, 1989.
- PATRICK JUNIOR, W.H.; HENDERSON, R.E. Reduction and reoxidation cycles of manganese and iron in flooded soil and in water solution. **Soil Science Society of America. Journal**, Madison, v.45, n.5, p.855-859, 1981.
- PONNAMPERUMA, F.N. The chemistry of submerged soils. **Advances in Agronomy**, New York, v.24, p.29-96, 1972.
- PONNAMPERUMA, F.N.; LANTIN, R.S. **Diagnoses and amelioration of nutritional disorders of rice**. Los Ba os: IRRI, 1985. 20p.
- PONNAMPERUMA, F.N.; SALIVAS, J.L. Field amelioration of an acid sulfate soil with manganese dioxide and lime. In: DOST, H.; BREEMEN, N. Van (Eds.). **Proceedings of Bangkok symposium on acid sulfate soils**. Wageningen: International Institute for Land Reclamation and Improvement, 1982. p.213-222.
- PRATT, P.F. Aluminum. In: CHAPMAN, H.D. (Ed.). **Diagnostic criteria for plants and soils**. Riverside: University of California, 1966.
- SCHWARTZ, H.F.; GALVEZ, G.E.E.; VAN SHOONHOVEN, A.; HOWELER, R.H.; GRAHAM, P.H.; FLOR, C. **Problemas de campo en los cultivos de frijol en America Latina**. Cali: CIAT, 1978. 136p. (CIAT. Serie GS-19).
- SHARMA, P.K.; DE DATTA, S.K. Effects of puddling on soil physical properties and processes. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE (Los Ba os). **Soil physics and rice**. Los Ba os: IRRI, 1985. p.217-234.
- SHOEMAKER, H.E.; McLEAN, E.O.; PRATT, P.F. Buffer methods for determining lime requirements of soils with appreciable amounts of extractable aluminum. **Soil Science Society of America. Proceedings**, Madison, v.25, p.274-277, 1961.
- SOUTO, S.M.; D BEREINER, J. Toxidez de manganês em leguminosas forrageiras tropicais. **Pesquisa Agropecu ria Brasileira**, Rio de Janeiro, v.4, p.129-138, 1969.
- SPOSITO, G. The chemical forms of trace elements in soils. In: THORNTON, I. (Ed.). **Applied environmental geochemistry**. London: Academic Press, 1982. p.123-167.
- TANAKA, A.; LOE, R.; NAVASERO, S.A. Some mechanisms involved in the development of iron toxicity in the rice plant. **Soil Science and Plant Nutrition**, Tokyo, v.12, n.4, p.158-164, 1966.