

Dinâmica de Boro, Cobre, Ferro e Manganês em Solo Submetido à Aplicação de Zinco na Cultura da Soja em Sete Lagoas, MG

Fernanda Moreira Ferraz⁽¹⁾; Maykom Ferreira Inocêncio⁽²⁾; Antônio Eduardo Furtini Neto⁽³⁾; Álvaro Vilela de Resende⁽⁴⁾ & Matheus Peres Veloso⁽⁵⁾

(1) Acadêmica do Curso de Agronomia da Universidade Federal de Lavras, Campus da Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, CEP: 37200-000, nandaferraz87@yahoo.com.br (apresentadora do trabalho); (2) Mestrando do Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo e bolsista do CNPq, UFLA, Lavras, MG, CEP: 37200-000, maykomagronomia@yahoo.com.br; (3) Professor do Departamento de Ciência do Solo da UFLA, Lavras, MG, CEP: 37200-000, afurtini@ufla.br; (4) Pesquisador Doutor da EMBRAPA Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, CEP: alvaro@cnpms.embrapa.br; (5) Acadêmico do Curso de Agronomia da UFLA, Lavras, MG, CEP: 37200-000, matheusveloso@netsite.com.br

RESUMO – A poucas informações a respeito da dinâmica de micronutrientes em plantio direto em solos do bioma Cerrado. Por isso, o objetivo desse estudo foi avaliar a dinâmica de boro, cobre, ferro e manganês no primeiro ano de instalação do plantio direto em função da aplicação de zinco em um solo argiloso do Cerrado de Minas Gerais. O experimento foi realizado na EMBRAPA Milho e Sorgo, localizada no município de Sete Lagoas, MG. Os tratamentos consistiram de formas de aplicação (a lanço, incorporado, via semente, via foliar, no NPK) e fontes (óxido, sulfato, quelato, coquetéis com outros nutrientes), totalizando 16 tratamentos, com quatro repetições. A aplicação de zinco não alterou significativamente os teores de micronutrientes nos tratamentos, nas profundidades e nas posições de amostragem.

Palavras-chave: *Glycine max*, micronutrientes, plantio direto no Cerrado.

INTRODUÇÃO – Os micronutrientes, por definição são aqueles requeridos em pequenas quantidades pelas plantas, porém na sua ausência ou com baixa disponibilidade no solo/solução nutritiva acarreta distúrbios fisiológicos, com baixo desenvolvimento da cultura e em estágios mais avançados de deficiência a morte da planta (Abreu et al., 2007).

Dentre os micronutrientes, o Zn e o B são os mais limitantes na produtividade das culturas no Cerrado. As causas da deficiência comum nas culturas são a pobreza natural das rochas,

normalmente rochas ácidas, pobres em micronutrientes ou rochas ferromagnesianas que sofreram um intenso processo de intemperismo, acarretando a perda das bases trocáveis e de micronutrientes, resultando no acúmulo de sílica (SiO₂) e óxidos de ferro e alumínio (Fageria, 2000). Além dos processos pedoclimáticos, a exportação de micronutrientes na forma de produto colhido pelas culturas sem a devida restituição do total permite que os teores do micronutriente presente no solo atinjam níveis de deficiência.

O objetivo desse estudo foi avaliar a dinâmica de boro, cobre, ferro e manganês em um Latossolo Vermelho Distroférico cultivado com soja em função de formas de aplicação e fontes de zinco em Sete Lagoas, MG.

MATERIAL E MÉTODOS – O experimento foi realizado com a cultura da soja (*Glycine max* L.) em um Latossolo Vermelho Distroférico de textura muito argilosa, com um solo já cultivado anteriormente com culturas anuais, na EMBRAPA/CNPMS, localizado em Sete Lagoas, MG. O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com 16 tratamentos e quatro repetições, totalizando 64 unidades experimentais de 24 m² (6 m x 4m) e separadas entre si por 1 m. Os tratamentos foram: testemunha absoluta (T1); 3,0 kg ha⁻¹ de Zn na forma de ZnSO₄ (T2); Zn a 0,5% no formulado NPK + 3,0 kg ha⁻¹ de Zn, a lanço e sem incorporação (T3); Zn a 0,5% no formulado NPK no sulco de plantio (T4); Zn a 0,5% no formulado NPK a lanço e sem incorporação (T5); óxido de zinco via semente

(T6); Broadacre Zn via semente (T7); Broadacre Zn via foliar (T8); Sulfato de Zn via foliar (T9); Zn-EDTA (T10); Znitro via foliar (T11); Phytogard Zn via foliar (T12); Phytogard K via foliar (T13); Biozyme via foliar (T14); Apenas água destilada via foliar (T15) e Coquetel bomba – tratamentos 4, 7, 13 e 14 (T16).

O solo da área experimental foi corrigido quimicamente e semeado milho para verificar possíveis áreas desuniformes (“manchas”). Antes da semeadura da soja coletaram-se cinco amostras simples na profundidade de 0-20 cm nas entrelinhas centrais da parcela, formando uma amostra composta, para caracterização inicial dos tratamentos. Os resultados médios obtidos foram os seguintes: pH (H₂O): 5,87; matéria orgânica: 3,56%; S: 15,09 g dm⁻³; P: 9,27 mg dm⁻³; P remanescente: 16,86 mg dm⁻³; K⁺: 52,75 mg dm⁻³; Ca²⁺: 4,22 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺: 1,13 cmol_c dm⁻³; Al³⁺: 0,11 cmol_c dm⁻³; H⁺ + Al³⁺: 4,09 cmol_c dm⁻³; soma de bases (SB): 5,48 cmol_c dm⁻³; capacidade de troca catiônica efetiva (t): 5,59 cmol_c dm⁻³; capacidade de troca catiônica a pH: 7,0: 9,57 cmol_c dm⁻³; saturação por bases (V%): 57,20%; B: 0,58 mg dm⁻³; Cu²⁺: 1,03 mg dm⁻³; Fe²⁺: 32,28 mg dm⁻³; Mn²⁺: 46,27 mg dm⁻³ e Zn²⁺: 3,60 mg dm⁻³.

No dia 12 de novembro de 2009, foi realizada a abertura dos sulcos de plantio com espaçamento de 50 cm, a demarcação das parcelas e a aplicação manual da adubação de base NPK (450 kg ha⁻¹ de 02-20-20 com ou sem Zn, dependendo do tratamento). A semeadura foi manual do genótipo BRS Valiosa RR (Carol), na base de 15 sementes metro linear⁻¹, com um estande final de 240 mil plantas ha⁻¹. As sementes foram tratadas como fungicida, inseticida, cobalto (3 g ha⁻¹), molibdênio (30 g ha⁻¹) e inoculante e quando pertinente o uso de Zn para o tratamento da semente. A coleta das amostras de solo nas profundidades de 0-10 e 10 cm na linha e entre linha de cultivo foi realizado na época de florescimento pleno da soja (R2), sendo secas ao ar, destorroadas e passadas em peneiras com malhas de 2 mm e submetidas a análise de Zn extraído por Mehlich 1 (Malavolta et al., 1997).

Os resultados obtidos foram submetidos a análises de variância e teste de média a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SISVAR (Ferreira, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO – O manejo da adubação com zinco em função de diferentes fontes e formas de aplicação de zinco, não proporcionou diferenças significativas nos teores de boro, cobre, ferro e manganês em profundidade (0-10 e 10-20 cm), posição de coleta (linha e entre linha de cultivo e tratamentos. Isso indica no primeiro ano, que não há interação do zinco com outros micronutrientes.

Mesmo após a correção com boro e o cultivo de milho, as amostras de solo, principalmente as da camada superficial, não diferiram estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Uma das possíveis causas desse resultado pode ser porque o experimento foi realizado em um solo que já vem sendo submetido a cultivos com culturas anuais e os teores de micronutrientes já estão acima do nível crítico. É esperado que ao longo dos cultivos e sem o revolvimento do solo, os teores de micronutrientes possam apresentar diferenças significativas. Rosa et al. (2004) avaliaram o efeito da aplicação manganês e zinco na cultura do feijoeiro em casa-de-vegetação e a campo e concluíram que os micronutrientes afetaram as características agrônomicas e a produtividade da cultura, com a máxima eficiência técnica de 60% superior a testemunha. Nesse caso a testemunha apresentava limitações químicas desses dois micronutrientes, possibilitando assim uma resposta positiva do estudo.

A busca da compreensão da dinâmica de micronutrientes é algo que necessita de muitos estudos, principalmente em solos do Cerrado de Minas Gerais. Com isso algumas perguntas podem ser respondidas, principalmente no que diz respeito a interação matéria orgânica x micronutrientes x corretivos na camada superficial do solo. Mesmo as quantidades de micronutrientes exigidas serem de gramas por hectare, a redução da disponibilidade de micronutrientes se refletirá significativamente na produtividade das culturas, visto que os micronutrientes atuam principalmente na ativação de enzimas e nos complexos de oxirredução (Abreu et al., 2007). Nascimento e Fontes (2004) avaliaram a energia de ligação de zinco e cobre em seis Latossolos do estado de Minas Gerais pelas equações de Langmuir e Freudlich e concluíram que as equações têm boa correlação, sendo os teores de argila e de matéria orgânica as melhores características para determinar a capacidade de adsorção de zinco e cobre, respectivamente. Em solos com alto teor de carbono orgânico pode aparecer a deficiência de cobre e zinco, mesmo em quantidades suficientes, devido a alta energia de ligação (Araújo e Nascimento, 2005). Teixeira et al. (2003) verificaram que os teores de cobre, manganês e zinco decrescem em profundidade no sistema de plantio direto, possuindo elevados teores na camada de 0-5 cm, devido ao maior teor carbono orgânico, resultados semelhantes aos encontrados por Castro et al. (1992).

Além de se conhecer os teores de micronutrientes no solo, a reposição desses retirados do sistema solo por meio de produto colhido, é necessária a fim de não comprometer as safras sucessivas. Entretanto, mesmo a partir da estimativa das quantidades

exportadas, não se sabe ainda qual deve ser a variação nas doses a serem aplicadas em função dos tetos de produtividade das culturas (Lopes, 1999).

Um importante parâmetro é a obtenção de métodos de extração que se aproximem fielmente da realizada (alta correlação com a planta) que possa realmente determinar a disponibilidade de nutrientes as plantas e não teores que se encontram em uma forma que a planta não consiga aproveitar imediatamente. Assim, os ácidos orgânicos podem preencher essas lacunas, principalmente no que diz respeito a dinâmica de micronutrientes em solos intemperizado do Cerrado. Para possibilitar altas produtividades é necessário ter o conhecimento da dinâmica dos nutrientes, principalmente na região dos Cerrados, que são caracterizados como solos ácidos e pobres em nutrientes, devido ao intenso intemperismo que foi submetido (Fageria, 2000).

AGRADECIMENTOS – À FAPEMIG e ao CNPq pelo apoio financeiro para realização do estudo. À EMBRAPA Milho e Sorgo e a DCS/UFLA.

CONCLUSÕES – Os micronutrientes avaliados (boro, cobre, ferro e manganês) não apresentaram diferença entre os tratamentos, profundidades e posições de coleta no primeiro ano de instalação do experimento com fontes e formas de aplicação de zinco em sistema de plantio direto.

REFERÊNCIAS –

ABREU, C.A.; LOPES, A.L. & SANTOS, G. Micronutrientes. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L. Fertilidade do Solo. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 645-736.

ARAÚJO, J.C.T. & NASCIMENTO, C.W.A. Fracionamento e disponibilidade de zinco por diferentes extratores em solos incubados com lodo de esgoto. R. Bras. Ci. Solo, 29:977-985, 2005.

CASTRO, O.M.; CAMARGO, O.A.C.; CANTARELLA, H.; VIEIRA, S.R. & DECHEN, S.C. Teores de zinco, cobre, manganês e ferro em dois Latossolos sob plantio direto e convencional. Bragantia, 51:77-84, 1992.

FAGERIA, N.K. Níveis adequados e tóxicos de zinco na produção de arroz, feijão, milho, soja e trigo em solo de Cerrado. R. Bras. Eng. Agr. Amb. 4:390-395, 2000.

FERREIRA, D.F. SISVAR: Sistema de Análise de Variância. Lavras – MG: UFLA. 2000.

LOPES, A.S. Micronutrientes: filosofias de aplicação e eficiência agrônômica. São Paulo, ANDA, 1999. 72 p. (Boletim Técnico, 8)

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C. & OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: POTAFÓS. 319p. 1997.

NASCIMENTO, C.W.A. & FONTES, R.L.F. Correlação entre características de Latossolos e parâmetros de equações de adsorção de cobre e zinco. R. Bras. Ci. Solo, 28:965-971, 2004.

ROSA, I.T.; BORÉM, A.; ARAÚJO, G.A.A. & FERREIRA, R.L. Feijoeiro em solo de cerrado submetido a doses de manganês e zinco via foliar. Sci. Agr., 61:77-81, 2004.

TEIXEIRA, I.R.; SOUZA, C.M.; BORÉM, A. & SILVA, G.F. Variação dos valores de pH e dos teores de carbono orgânico, cobre, manganês, zinco e ferro em profundidade em Argissolo Vermelho-Amarelo, sob diferentes sistemas de preparo do solo. Bragantia, 62:119-126, 2003.

Tabela 1 - Avaliação dos teores de boro, cobre, ferro e manganês (mg dm^{-3}) (Mehlich 1), em um Latossolo Vermelho Distroférico na época de florescimento da soja, na linha e entre linha de cultivo e nas profundidades de 0-10 e 10-20 cm em função dos tratamentos com zinco (Sete Lagoas, MG).

Tratamento	Linha		Entre linha		Linha		Entre linha	
	0-10 cm	10-20 cm	0-10 cm	10-20 cm	0-10 cm	10-20 cm	0-10 cm	10-20 cm
Boro.....			Cobre.....			
1	0,40 aA	0,33 aA	0,39 aA	0,31 aA	1,18 aA	1,03 aA	1,18 aA	1,18 aA
2	0,32 aA	0,35 aA	0,48 aA	0,42 aA	1,40 aA	1,58 aA	1,65 aA	1,40 aA
3	0,47 aA	0,33 aA	0,35 aA	0,31 aA	1,33 aA	1,15 aA	1,23 aA	1,28 aA
4	0,39 aA	0,29 aA	0,37 aA	0,30 aA	1,48 aA	1,25 aA	1,18 aA	1,35 aA
5	0,35 aA	0,34 aA	0,45 aA	0,32 aA	1,05 aA	1,00 aA	1,05 aA	1,05 aA
6	0,49 aA	0,35 aA	0,42 aA	0,30 aA	1,20 aA	1,00 aA	1,05 aA	1,08 aA
7	0,31 aA	0,24 aA	0,43 aA	0,32 aA	1,23 aA	1,23 aA	1,18 aA	1,25 aA
8	0,39 aA	0,38 aA	0,41 aA	0,40 aA	0,88 aA	0,90 aA	0,93 aA	0,90 aA
9	0,44 aA	0,32 aA	0,46 aA	0,37 aA	0,90 aA	0,83 aA	0,85 aA	0,83 aA
10	0,43 aA	0,31 aA	0,48 aA	0,36 aA	1,00 aA	1,10 aA	1,00 aA	0,98 aA
11	0,44 aA	0,35 aA	0,42 aA	0,34 aA	0,80 aA	0,78 aA	0,75 aA	0,68 aA
12	0,40 aA	0,32 aA	0,43 aA	0,35 aA	1,08 aA	0,83 aA	1,20 aA	1,15 aA
13	0,31 aA	0,31 aA	0,41 aA	0,34 aA	0,98 aA	1,00 aA	1,03 aA	1,20 aA
14	0,30 aA	0,30 aA	0,51 aA	0,41 aA	0,88 aA	0,78 aA	1,10 aA	1,05 aA
15	0,35 aA	0,33 aA	0,47 aA	0,39 aA	1,28 aA	1,18 aA	1,23 aA	1,25 aA
16	0,37 aA	0,33 aA	0,52 aA	0,43 aA	0,93 aA	0,70 aA	0,95 aA	0,70 aA
Média	0,38	0,32	0,44	0,35	1,10	1,02	1,10	1,08
C.V.(%)	33,99	29,33	58,37	26,89	42,12	42,74	44,33	42,77
Ferro.....			Manganês.....			
1	31,80 aA	33,20 aA	34,68 aA	33,78 aA	38,90 aA	32,78 aA	46,38 aA	36,55 aA
2	34,13 aA	34,85 aA	34,55 aA	34,70 aA	43,13 aA	39,75 aA	52,35 aA	42,18 aA
3	32,10 aA	32,60 aA	34,75 aA	35,90 aA	44,40 aA	35,93 aA	50,28 aA	35,50 aA
4	34,28 aA	32,33 aA	31,30 aA	34,58 aA	45,25 aA	31,00 aA	45,13 aA	31,98 aA
5	32,98 aA	33,15 aA	34,45 aA	33,13 aA	40,65 aA	34,38 aA	48,13 aA	34,33 aA
6	34,83 aA	35,98 aA	31,75 aA	33,00 aA	45,88 aA	34,80 aA	45,05 aA	25,18 aA
7	33,40 aA	33,20 aA	30,75 aA	35,03 aA	43,58 aA	34,23 aA	43,35 aA	31,45 aA
8	35,18 aA	37,45 aA	36,80 aA	36,58 aA	43,65 aA	37,95 aA	56,88 aA	35,25 aA
9	34,53 aA	36,05 aA	36,00 aA	37,25 aA	50,98 aA	44,08 aA	52,85 aA	41,73 aA
10	41,65 aA	40,83 aA	38,98 aA	38,65 aA	61,45 aA	42,60 aA	56,00 aA	40,10 aA
11	37,48 aA	40,20 aA	39,15 aA	38,13 aA	48,63 aA	41,93 aA	56,80 aA	46,68 aA
12	40,00 aA	34,88 aA	38,40 aA	37,90 aA	54,28 aA	41,08 aA	61,80 aA	40,63 aA
13	34,33 aA	35,15 aA	37,30 aA	34,78 aA	41,43 aA	35,63 aA	47,33 aA	38,65 aA
14	39,03 aA	37,75 aA	37,75 aA	38,20 aA	47,93 aA	35,85 aA	53,83 aA	37,43 aA
15	35,23 aA	37,20 aA	38,10 aA	36,03 aA	42,28 aA	36,38 aA	51,88 aA	35,53 aA
16	34,18 aA	32,00 aA	34,90 aA	32,48 aA	48,53 aA	41,33 aA	62,33 aA	45,50 aA
Média	35,32	35,43	35,60	35,63	46,30	37,48	51,88	37,41
CV (%)	14,24	12,81	14,12	14,65	18,94	18,33	16,48	22,66

Médias seguidas pela mesma letra na coluna para cada tratamento e na coluna para a média dos tratamentos não diferem estatisticamente pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade. TRAT: tratamento; L: linha; EL: entre linha; MPROF: média da profundidade; MTRAT: média do tratamento; POS: posição (linha e entre linha). Testemunha absoluta (T1); 3,0 kg ha⁻¹ de Zn na forma de ZnSO₄ (T2); Zn a 0,5% no formulado NPK + 3,0 kg ha⁻¹ de Zn, a lanço e sem incorporação (T3); Zn a 0,5% no formulado NPK no sulco de plantio (T4); Zn a 0,5% no formulado NPK a lanço e sem incorporação (T5); óxido de zinco via semente (T6); Broadacre Zn via semente (T7); Broadacre Zn via foliar (T8); Sulfato de Zn via foliar (T9); Zn-EDTA (T10); Znito via foliar (T11); Phytogard Zn via foliar (T12); Phytogard K via foliar (T13); Biozyme via foliar (T14); Apenas água destilada via foliar (T15) e Coquetel de zinco – tratamentos 4, 7, 13 e 14 (T16).