

Teores de Zinco em Solo em Função da Fonte e Forma de Aplicação 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; (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, (apresentador do trabalho) (3) Professor Adjunto 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 – O objetivo do estudo foi avaliar os teores de zinco (Zn) em um solo cultivado com soja em função de fontes e formas de aplicação do micronutriente. 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. Os maiores teores de zinco foram encontrados na camada de 0-10 cm. O tratamento com NPKZn + adubação corretiva promoveu o maior teor de zinco na média das profundidades. Os teores de zinco apenas diferiram entre linha e entre linha, naqueles onde houve adubação via solo.

Palavras-chave: *Glycine max*, dinâmica, sulfato de zinco.

INTRODUÇÃO – No Brasil, de maneira geral há carência de estudos de micronutrientes, sobretudo de zinco, que é limitante das produtividades de grãos no Cerrado. Nesse estudo procurou reunir fontes e formas de aplicação de zinco e compará-las de acordo com a dinâmica do zinco no solo, para fornecer respostas as muitas perguntas pendentes sobre o tema.

O zinco está ligado a biossíntese do triptofano que é precursor do ácido indol-acético, atua diretamente na divisão celular e no crescimento das plântulas e no uso eficiente da água e de outros nutrientes, principalmente os de maior mobilidade,

como o nitrogênio e o potássio (Marschner, 1995). Em níveis baixos de Zn no solo ou com teores de nutrientes elevados, como o fósforo, há o aparecimento das deficiências. Os principais sintomas encontrados são a redução da altura de plantas, o amarelecimento e a necrose das folhas, redução da produtividade e o encurtamento dos internódios (Faquin, 2005).

O Zn possui um alto efeito residual em solos muito intemperizados, ligando-se preferencialmente a fração argila. Aliado ao seu alto poder residual, o Zn tem uma alta afinidade pela matéria orgânica (Silveira, 2002). Em solos com alto teor de carbono orgânico pode aparecer a deficiência de Cu e Zn, mesmo em quantidades suficientes, devido a alta energia de ligação (Araújo e Nascimento, 2005).

O objetivo desse estudo foi avaliar a dinâmica de zinco 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 (6m 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); Broadcast Zn via semente (T7); Broadcast 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 – As análises de variância para os teores de zinco extraídos pelo Mehlich 1 são apresentados na Tabela 1. Apenas para a posição (linha e entre linha de cultivo) e a

interação tratamento e posição não houve diferença estatística pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Tabela 1. Análise de variância do experimento de diferentes formas de aplicação e fontes de zinco na cultura da soja em Sete Lagoas, MG.

Fontes de variação	GL	Quadrado Médio
TRAT	15	1,06**
PROF	1	591,22**
POS	1	0,35 ^{ns}
TRAT*PROF	15	0,94**
TRAT*POS	15	1,79**
PROF*POS	1	0,51 ^{ns}
TRAT*PROF*POS	15	1,25**
Resíduo	192	
Total	255	
Média		2,72
C.V.(%)		201,8

TRAT: tratamento; PROF: profundidade; POS: posição. ** e ns: significativo a 1% e não significativo, respectivamente pelo teste de Skott-Knott.

Os resultados do desdobramento são apresentados na Tabela 2. Observa-se que os teores de zinco independentemente foram maiores na camada de 0-10 cm e de maneira geral foram semelhantes na linha e entre linha de cultivo, exceto para os tratamentos que receberam zinco no sulco de cultivo. Os maiores teores de zinco encontrados na camada de 0-10 cm independente do tratamento estão relacionados diretamente com a dinâmica do zinco (Abreu et al., 2007). O zinco tem uma baixa mobilidade no perfil do solo, por causa da formação de ligações estáveis com a fração oxidada do solo, principalmente com os sesquióxidos de ferro e alumínio (Silveira, 2002), além de precipitados com a OH⁻ do calcário e a interação antagônica com o fósforo, reduzindo a sua disponibilidade das plantas (Araújo e Nascimento, 2005). Como o solo foi revolvido com o arado de disco e não houve uma homogeneização completa do solo, os resíduos do milho ficaram em sua maior parte nos primeiros centímetros do solo e como houve condições favoráveis a decomposição, a taxa de mineralização dos nutrientes, dentre eles possivelmente foi alta. Como na camada de 10-20 cm teve menor influência do revolvimento do solo, o zinco na forma orgânica foi melhor preservado.

Entre os tratamentos (MTRAT) também houve diferença significativa. O tratamento que apresentou o maior teor de Zn foi o T3 (Zn a 0,5% no formulado NPK + 3,0 kg ha⁻¹ de Zn, a lanço e sem incorporação) apresentou os maiores valores de zinco. Esse resultado foi obtido por que foi o tratamento que mais se adicionou zinco na área experimental. Em relação ao T4, mesmo apresentando nível de zinco superior ao nível crítico,

a cultura pode não aproveitar o zinco, uma vez que há interações antagônicas entre Zn são frequentes, especialmente com o fósforo (P) no solo (Loneragan e Webb, 1993) e também na planta (Welch, 1995). Em elevadas concentrações de P (superfosfato triplo) no solo induzem a carência de Zn em plantas de milho (Carneiro et al., 2008). O Zn aplicado junto ao adubo NPK, pode não aumentar a produtividade da cultura no ano de aplicação, devido a interação com o P, embora seja diagnosticado aumento nos teores foliares (Korndorfer et al., 1999).

Exceto para os tratamentos 1, 2, 3, 4, 15 e 16, não houve diferença entre os tratamentos na média das posições (linha e entre linha), isso indica de maneira generalizada que a aplicação via foliar no primeiro cultivo, não influencia a quantidade de zinco no solo. Isso pode ser respondido por causa das menores quantidades de zinco aplicado e também o zinco que foi aplicado ainda se encontra imobilizado nos tecidos vegetais e que ainda não houve senescência e decomposição de folhas.

O estudo da dinâmica do zinco é importante no sentido de se elevar as produtividades das culturas, uma vez que o zinco está envolvido diretamente no crescimento vegetal por ser precursor do triptofano que ativa o ácido indol-acético (Marschner, 1995). Em solos onde a deficiência de zinco ocorre, a queda na produtividade é inevitável (Faquin, 2005).

De acordo com EMBRAPA (2001), recomendam-se para a soja, com base nos níveis de disponibilidade, baixo, médio e alto na análise do solo, respectivamente, 6, 5 e 4 kg ha⁻¹ de Zn aplicados a lanço. Para aplicação no sulco, pode-se parcelar a dose total em três ou quatro anos consecutivos. Procedimentos similares são indicados para a adubação do milho (Galvão, 2002). A adubação foliar com Zn na soja não tem sido recomendada pela EMBRAPA (2001), pois não se obteve benefício sob diversas condições de solo, clima e métodos de aplicação nos estados do Rio Grande do Sul, Paraná e Mato Grosso do Sul. A necessidade de nova aplicação do micronutriente deve ser detectada por meio de análise foliar.

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

CONCLUSÕES - Os maiores teores de zinco foram encontrados na camada de 0-10 cm. O tratamento com NPKZn + adubação corretiva promoveu o maior teor de zinco na média das profundidades. Os teores de zinco apenas diferiram entre linha e entre linha, naqueles onde houve adubação via solo.

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.
- CARNEIRO, L.F.; FURTINI NETO, A.E.; RESENDE, A.V.; CURI, N.; SANTOS, J.Z.L.; & LAGO, F.J. Fontes, doses e modos de aplicação de fósforo na interação fósforo-zinco em milho. Ci. Agrotec., 32:1133-1141, 2008.
- EMBRAPA Centro Nacional de Pesquisa de Soja. Tecnologias de produção de soja: região central do Brasil, 2001/2002. Londrina: Embrapa Soja, 2001. 267p. (Documentos, 167)
- FAQUIN, V. Nutrição Mineral de Plantas. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. p. 139-141.
- FERREIRA, D.F. SISVAR: Sistema de Análise de Variância. Lavras – MG: UFLA. 2000.
- GALRÃO, E.Z. Micronutrientes. In: SOUSA, D.M.G. & LOBATO, E. (Eds.). Cerrado: correção do solo e adubação. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002. p.185-226.
- KORNDORFER, G.H.; ALCÂNTARA, C.B.; HOROWITZ, N. & LANA, R.M.Q. Formas de adição de zinco a um formulado NPK e seu efeito sobre a produção de milho. Sci. Agricola, 52:555-560, 1995.
- LONERAGAN, J.F. & WEBB, M.J. Interactions between zinc and other nutrients affecting the growth of plants. In: ROBSON, A.D. (Ed.). Zinc in soil and plants, 1993. p.119-134. (Developments in Plant and Soil Sciences, v.55)
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C. & OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba: POTAFÓS. 319p. 1997.
- MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. 2. ed. London, Academic Press, 1995. 889 p.
- SILVEIRA, M.L.A. Extração sequencial e especiação iônica de zinco, cobre e cádmio em Latossolos tratados com biossólido. Piracicaba, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2002. 166 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).
- WELCH, R.M. Micronutrient nutrition of plants. Critical Reviews in Plant Sciences, 14:48-87, 1995.

Tabela 2. Desdobramento das análises de variância do experimento com formas de aplicação e fontes de zinco em um Latossolo Vermelho Distroférico (Sete Lagoas, MG).

TRAT	PROF (cm)	L	EL	MPROF	MTRAT	POS	MÉDIA
1	0-10	3,13 a	5,20 a	4,16 a	2,71 c	L	2,08 b
	10-20	1,03 b	1,50 b	1,26 b		EL	3,35 a
2	0-10	5,15 a	3,90 a	4,53 a	2,76 b	L	3,16 a
	10-20	1,18 b	0,83 b	1,00 b		E	2,36 b
3	0-10	6,73 a	3,98 a	5,35 a	3,38 a	L	4,10 a
	10-20	1,48 b	1,35 b	1,41 b		E	2,66 b
4	0-10	5,03 a	3,35 a	4,19 a	2,67 c	L	3,09 a
	10-20	1,15 b	1,15 b	1,15 b		E	2,25 b
5	0-10	4,58 a	4,33 a	4,45 a	2,86 b	L	2,90 a
	10-20	1,23 b	1,30 b	1,26 b		E	2,81 a
6	0-10	3,33 a	3,43 a	3,38 a	2,28 c	L	2,26 a
	10-20	1,20 b	1,15 b	1,18 b		E	2,29 a
7	0-10	3,73 a	3,15 a	3,44 a	2,29 c	L	2,41 a
	10-20	1,10 b	1,20 b	1,15 b		E	2,18 a
8	0-10	4,78 a	4,50 a	4,64 a	2,90 b	L	2,95 a
	10-20	1,13 b	1,20 b	1,16 b		E	2,85 a
9	0-10	4,18 a	4,10 a	4,14 a	2,61 c	L	2,66 a
	10-20	1,15 b	1,00 b	1,08 b		E	2,55 a
10	0-10	4,33 a	4,73 a	4,53 a	2,81 b	L	2,69 a
	10-20	1,05 b	1,15 b	1,10 b		E	2,94 a
11	0-10	3,70 a	4,03 a	3,86 a	2,66 c	L	2,53 a
	10-20	1,35 b	1,58 b	1,46 b		E	2,80 a
12	0-10	4,38 a	4,43 a	4,40 a	2,80 b	L	2,80 a
	10-20	1,23 b	1,18 b	1,20 b		E	2,80 a
13	0-10	3,78 a	4,00 a	3,89 a	2,53 c	L	2,46 a
	10-20	1,15 b	1,18 b	1,16 b		E	2,59 a
14	0-10	3,80 a	4,10 a	3,95 a	2,59 c	L	2,51 a
	10-20	1,23 b	1,25 b	1,24 b		E	2,68 a
15	0-10	3,26 a	5,28 a	4,27 a	2,72 c	L	2,22 b
	10-20	1,18 b	1,18 b	1,18 b		E	3,23 a
16	0-10	5,28 a	4,03 a	4,65 a	2,92 b	L	3,26 a
	10-20	1,25 b	1,13 b	1,19 b		E	2,58 b
Média	0-10	4,24 a					
	10-20	1,20 b					

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); Zn 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).