

Dinâmica do zinco no solo em razão do uso de fertilizante mineral e orgânico⁽¹⁾.

Juliano Corulli Corrêa⁽²⁾; Marco André Grohskopf⁽³⁾; Paulo Cezar Cassol⁽⁴⁾; Luciano Colpo Gatiboni⁽⁴⁾; Rodrigo da Silveira Nicoloso⁽²⁾; Gabriel Octávio de Mello Cunha⁽³⁾

⁽¹⁾Trabalho executado com recursos do Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves – CNPSA – EMBRAPA e Centro de Ciências Agroveterinárias – UDESC/CAV; ⁽²⁾ Pesquisadores da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC, CEP 89700-000, email: juliano@cnpesa.embrapa.br; ⁽³⁾ Mestrando do Curso de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Ciência do Solo, Bolsista CAPES, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Lages, SC, CEP 88520-000; ⁽⁴⁾ Professores Associado, Depto. de Solos e Recursos Naturais, UDESC, Lages, SC.

RESUMO: O objetivo do trabalho foi descrever o comportamento do Zn no solo e sua disponibilidade para a cultura do feijão em razão do uso de fertilizantes minerais e orgânicos. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, num Nitossolo Vermelho distroférico, coletado na camada superficial de 0 a 20 cm, em área de vegetação nativa isenta do recebimento de fertilizantes ou corretivos. O trabalho foi montado em blocos casualizados com fatorial 2x4, com cinco repetições, sendo que os tratamentos constituíram de dois tipos de fertilizantes, o mineral tendo como fonte óxidos de Zn e o orgânico na forma de esterco líquido de suínos, em interação com quatro doses crescentes que corresponderam a: 0, 6, 12 e 24 kg ha⁻¹ de Zn. As adubações orgânica e mineral elevam o teor de Zn semi-total e torçável no solo, sendo os teores do mineral superior ao orgânico em todas as doses. A aplicação dos fertilizantes não interferiu no teor de Zn ligado aos óxidos de Al. Dentre as frações avaliadas pode-se observar que o Zn é encontrado, principalmente, nos óxidos de Fe, o que demonstra maior afinidade desta fração em relação às demais, sendo os maiores teores encontrados quando se aplica fertilizante na forma mineral. A aplicação de fertilizantes orgânicos proporciona maior acúmulo de zinco, tanto na parte aérea como nas raízes de plantas de feijão, o que permite inferir sobre o melhor aproveitamento deste micronutriente às plantas ao longo sistema de produção e com isso melhor qualidade ambiental por esta prática agrícola.

Termos de indexação: esterco líquido de suíno, feijão, micronutrientes.

INTRODUÇÃO

Santa Catarina é o maior produtor de suínos do Brasil e o principal destino do esterco gerado é o solo. É possível que a aplicação contínua e prolongada de esterco líquido de suíno possa levar ao acúmulo de zinco (Zn) no solo de forma significativa. Pouco se conhece sobre a origem, ocorrência, disponibilidade físico-química, mobilização e transporte deste elemento em razão da aplicação de fertilizantes orgânicos e minerais.

A maior ou menor mobilidade dos metais pesados é determinada pelos atributos do solo, como teores e tipos de argila, pH, capacidade de troca de cátions, teor de matéria orgânica entre outros, fatores que influenciam as reações de adsorção/dessorção, precipitação/dissolução, complexação e oxirredução (Bertol, 2010).

Os processos de retenção de metais por fases sólidas do solo são controladas por diferentes mecanismos, tais como a adsorção à superfície ativa dos minerais e dos constituintes orgânicos, difusão nas estruturas dos minerais primários e secundários e precipitação de fases secundárias (McBride, 1994). A matéria orgânica, minerais de argila, assim como os óxidos de Fe e Mn são os componentes mais importantes que determinam a adsorção e dessorção dos metais pesados no solo (Vega et al., 2006). Sendo provável que o uso dos fertilizantes orgânicos e minerais no solo possa atuar de forma distinta quanto ao comportamento do Zn no solo.

A concentração de elementos químicos nas plantas depende da interação de fatores, como: solo, espécie vegetal, estágio de maturação, rendimento, manejo da cultura e clima. Além disso, o acúmulo de metais pesados é também muito variável entre espécies e até entre órgãos distintos na planta (Anjos, 2000).

Diante do exposto o objetivo do trabalho foi descrever o comportamento do Zn no solo e sua disponibilidade para a cultura do feijão em razão do uso de fertilizantes mineral e orgânico a base de esterco líquido suínos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves – CNPSA – EMBRAPA, no ano de 2011. Foi utilizado Nitossolo Vermelho distroférico, coletado na camada superficial de 0 a 20 cm, em área com vegetação nativa (pastagem natural) isenta do recebimento de fertilizantes ou corretivos. As amostras de solo apresentaram as seguintes características químicas: MO 16 g kg⁻¹; pH água 4,6; 1,9 mg dm⁻³ P; 84 mg dm⁻³ K; 20, 6 e 138 mmol_c dm⁻³ de Ca, Mg e CTC; V% de 21. O solo foi mantido

com o pH natural, visto que a maior absorção de Zn ocorre na faixa de pH e, H₂O de 4,5 a 5,0.

O experimento foi conduzido em delineamento blocos casualizados no esquema fatorial 2x4, com cinco repetições. Os tratamentos foram constituídos de dois tipos de fertilizantes, sendo o mineral tendo como fonte óxidos de Zn, e orgânico na forma de esterco líquido de suínos, em quatro doses crescentes que corresponderam a: 0, 6, 12 e 24 kg de Zn por hectare. O nitrogênio (N), fósforo (P) e o potássio (K) foram fornecidos em nível ótimo no solo, segundo recomendado por CQFS-RS/SC (2004), com os mesmos teores de para mineral e orgânico.

As unidades experimentais foram constituídas por vasos preenchidos com 10 kg de solo, nos quais foram semeadas oito plantas de feijão da cultivar BRS Estilo, tipo carioca. Após a germinação, foi efetuado desbaste, deixando somente cinco plântulas por vaso, as quais foram colhidas com 55 dias de após emergência, período que correspondeu ao estágio de florescimento da cultura.

As plantas foram cortadas ao nível do solo, as raízes separadas do solo por meio de peneiras e lavadas em água corrente. Estes materiais foram secos em estufa com circulação de ar forçada a 65° C até atingir peso constante. Após a secagem foi determinada a massa seca de parte aérea (MSPA) e de raízes (MSRA) e a determinação do Zn foi realizado conforme metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

A determinação dos teores de Zn Semi-total e remanescente no solo foi realizada de acordo com a metodologia de Ure (1990), pelo método da água régia, utilizando ácidos nítrico e clorídrico (proporção de 3/1). Foram utilizadas 0,75g de solo, o qual foi digerido em 0,5 mL de H₂O e 7 mL da solução de água régia. As amostras permaneceram durante 2 horas no bloco digestor em temperatura de 90 ± 5°C.

O fracionamento do Zn seguiu a metodologia descrita por Gomes et al. (1997), sendo analisada as frações solúveis, trocáveis, ligados a matéria orgânica e aos óxidos de Fe e Al.

Para fração solúvel foi utilizada a extração com KCl (0,005 mol L⁻¹). Na fração trocável usou-se extrator o BaCl₂ (0,1 mol L⁻¹), seguido de agitação por 1h. No Zn ligado a matéria orgânica foi usada extração com NaClO (0,7 mol L⁻¹) e colocados em banho-maria a 90°C por 15 minutos, sendo o processo repetido duas e os extratos combinados. Para o Zn ligado aos óxidos de Al foi realizada a extração com NaOH (1,25 mol L⁻¹) e colocados em banho-maria a 75°C por 1h. Para o Zn ligado aos óxidos de Fe usou-se solução de oxalato de amônio (0,2 mol L⁻¹) + ácido oxálico (0,2 mol L⁻¹) + ácido ascórbico (0,1mol L⁻¹), seguido de agitação no

escuro por 4h. Entre cada etapa do fracionamento procedeu-se a lavagem do solo com água destilada, centrifugando-se e descartando o sobrenadante. Em seguida o solo foi seco, pesando-se as amostras antes de cada etapa da extração para calcular o teor de Zn no solo, uma vez que pode ocorrer remoção de parte da fase mineral e orgânica. As amostras de cada fração foram centrifugadas a 2000 rpm por 20 minutos, os extratos filtrados e o volume completado com HNO₃, sendo posteriormente analisados em espectrofotômetro de absorção atômica.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey (p<0,05), e análise de regressão para o fator quantitativo - doses crescentes de fertilizantes, ambas as análises realizadas no software SAS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O fracionamento de Zn no solo entre fertilizante orgânico à base de dejetos suínos e mineral à base de óxidos traz o conhecimento das principais formas de disponibilidade ou adsorção deste micronutriente no solo, o que justificará a maior disponibilidade para as plantas bem como maior preservação da qualidade do solo quanto a aspectos ambientais.

Pode-se observar que os fertilizantes minerais proporcionaram maiores teores de Zn semi-total no solo, com comportamento quadrático crescente, sendo a dose de maior eficiência denotada por 20 kg ha⁻¹ (**Tabela 1**), esses resultados indicam maior predisposição deste micronutriente quanto à disponibilidade às plantas, bem como trazer maiores cuidados de conservação do solo e práticas agrícolas de adubação para manter o equilíbrio ambiental. Já a prática agrícola com fertilizante orgânico permite inferir sobre sua disponibilidade de forma gradual no sistema de produção, tornando esta prática agrícola mais eficiente quanto à qualidade ambiental.

A menor disponibilidade de Zn no solo demonstrada pelos teores semi-total nos fertilizantes orgânicos está relacionada à complexação deste micronutriente por cadeias carbônicas como ácidos húmicos, fúlvicos e húmicos. O Zn se liga mais fracamente aos minerais de argila e adsorventes na forma de óxidos e hidróxidos nos solos e sedimentos, tornando este metal mais lábil e disponível (ALLOWAY; AYRES, 1997).

O teor de zinco solúvel no solo apresentou comportamento quadrático crescente para ambos os fertilizantes, sendo esses resultados bem próximos entre si, onde houve ligeira superioridade para o fertilizante orgânico nas doses de 6 e 24 kg ha⁻¹ e para fertilizante mineral na dose de 12 kg ha⁻¹ (**Tabela 1**). O Zn se liga mais fracamente aos minerais de argila e adsorventes na forma de óxidos



e hidróxidos no solo, formando complexos de baixa energia de ligação, tornando este metal mais lábil e biodisponível.

Semelhante ao Zn semi-total, o trocável e o ligado a óxidos de Fe apresentaram os maiores teores no solo com a aplicação de fertilizante mineral, sendo que em ambos os casos houve comportamento quadrático crescente, elevando em quatro vezes a biodisponibilidade deste micronutriente no solo até a dose de 24 kg ha⁻¹ na condição de Zn trocável (**Tabela 1**). A menor intensidade de força de ligação do Zn aos colóides do solo (ALLOWAY; AYRES, 1997), permite com que o fertilizante mineral promova maior biodisponibilidade deste micronutriente presente no solo, condição esta apresentada por estas três formas de Zn presente no solo.

A aplicação de doses crescentes de fertilizante orgânico e mineral proporcionou comportamento quadrático decrescente quanto ao teor de Zn ligado a MOS, sendo as doses de 24 e 15 kg há⁻¹ as que demonstraram menor redução para esta variável (**Tabela 1**). A explicação para a eventual redução do teor de zinco ligado a MOS em ambos os casos pode estar relacionado ao eventual deslocamento desta forma orgânica para as formas trocável e solúvel, permitindo maior biodisponibilidade à planta, sendo esta afirmação justificada pelo melhor aproveitamento do Zn pela planta de feijão tanto na parte aérea como nas raízes (**Tabela 2**).

Para o Zn residual no solo houve comportamento quadrático crescente em relação ao fertilizante mineral, sendo o maior teor obtido na dose de 12,5 kg ha⁻¹ e não houve resposta no orgânico (**Tabela 1**). Nesta condição de Zn residual vale ressaltar que houve pouca interferência de doses crescentes deste micronutriente no solo, tanto da forma orgânica quanto da mineral.

A aplicação de fertilizante orgânico permite maior acúmulo de Zn tanto na parte aérea como na raiz no feijoeiro, com comportamento quadrático crescente, e a dose que apresenta maior eficiência de acúmulo de Zn tanto na parte aérea como de raiz foi 24 kg ha⁻¹ em ambos os fertilizantes (**Tabela 2**). Mesmo o fertilizante mineral apresentando maior biodisponibilidade de Zn nas formas semi-total, trocável e ligado a óxidos de Fe esta condição não permitiu que a planta de feijão viesse a aproveitar este melhor potencial, já o maior teor de Zn solúvel na dose de 24 kg há⁻¹ quando aplicado na forma orgânica pode ter contribuído para o melhor desempenho de absorção deste micronutriente nesta maior dose.

CONCLUSÕES

As adubações orgânica e mineral eleva o teor de Zn semi-total e trocável no solo, sendo os teores do mineral superior ao orgânico em todas as doses. A aplicação dos fertilizantes não interfere no teor de Zn ligado aos óxidos de Al. Dentre as frações avaliadas pode-se observar que o Zn foi encontrado, principalmente, nos óxidos de Fe, sendo os maiores teores encontrados quando se aplica fertilizante na forma mineral.

A aplicação de fertilizante orgânico a base de esterco líquido de suínos proporciona maior acúmulo de zinco, tanto na parte aérea como nas raízes de plantas de feijão, o que permite inferir sobre o melhor aproveitamento deste micronutriente ao longo sistema de produção e com isso melhor qualidade ambiental por esta prática agrícola.

REFERÊNCIAS

- ALLOWAY, B.J.; AYRES, D.C.; Chemical principles of environmental pollution. 2.ed. London: Chapman & Hall, 1997. 395 p.
- ANJOS, A. R. M.; MATTIAZZO, M. E.; Metais pesados em plantas de milho cultivadas em Latossolos repetidamente tratados com biossólido. Scientia Agricola, v.57, n.4, p.769-776, 2000.
- BERTOL, O. J.; FEY, E.; FAVARETTO, N.; LAVORANTI, J.; RIZZI, N. E.; Mobilidade de P, Cu e Zn em colunas de solo sob sistema de semeadura direta submetido às adubações mineral e orgânica. R. Bras. Ci. Solo, v.34, p.1841-1850,2010.
- CQFS-RS/SC (2004). Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Porto Alegre, Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo-Núcleo Regional Sul, 2004. 394p.
- McBride, M.B. Environmental Chemistry of Soils. Oxford University Press, New York, pp. 406. 1994.
- TEDESCO, M.,J.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H.; GIANELLO, C.; BISSANI, C., A., A. Análise de solos, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 212 p.
- URE, A.M. Methods of analysis of heavy metals in soils. In: Alloway, B.J. Heavy metals in soils. New York: John Wiley,1990.368p.
- Vega, F.A., Covel, E.F., Andrade, M.L. Competitive adsorption and desorption of heavy metals in mine soils: influence of mine soil characteristics. J. Colloid Interf. Sci. 298, p.582-592, 2006.

Tabela 1. Teor de zinco no solo em diferentes frações, em razão do uso de diferentes doses de fertilizante mineral e orgânico.

Fertilizante	Dose (kg há ⁻¹)				Equação
	0	6	12	24	
Semi-total (mg kg⁻¹)					
mineral	101,3 d	109,7 Ac	114,3 Ab	116,6 Aa	$y = 101,4 + 1,6^{**}x - 0,04^{**}x^2$ R ² = 0,96
orgânico	101,3 d	106,7 Bc	108,9 Bb	114,4 Ba	$y = 101,7 + 0,8^{**}x - 0,01^{**}x^2$ R ² = 0,92
média	101,3 d	108,2 c	111,6 b	115,5 a	
Solúvel (mg kg⁻¹)					
mineral	0,34 d	0,50 Bc	0,98 Ab	1,22 Ba	$y = 0,3 + 0,06^{**}x - 0,0008^{**}x^2$ R ² = 0,92
orgânico	0,34 d	0,60 Ac	0,70 Bb	1,42 Aa	$y = 0,4 + 0,02^{**}x - 0,001^{**}x^2$ R ² = 0,98
média	0,34 d	0,55 c	0,84 b	1,32 a	
Trocável (mg kg⁻¹)					
mineral	1,59 c	2,11 c	5,52 Ab	7,53 Aa	$y = 1,2 + 0,3^{**}x - 0,002^{**}x^2$ R ² = 0,92
orgânico	1,59 d	2,50 c	4,26 Bb	7,02 Ba	$y = 1,5 + 0,2^{**}x - 0,001^{**}x^2$ R ² = 0,97
média	1,59 d	2,30 c	4,89 b	7,28 a	
Matéria Orgânica (mg kg⁻¹)					
mineral	0,99 a	0,77 Ab	0,67 Ab	0,36 Ac	$y = 0,98 - 0,03^{*}x - 0,0002^{*}x^2$ R ² = 0,91
orgânico	0,99 a	0,27 Bb	0,04 Bc	0,04 Bc	$y = 0,96 - 0,12^{*}x - 0,004^{*}x^2$ R ² = 0,97
média	0,99 a	0,52 b	0,35 c	0,20 d	
Óxidos de Al (mg kg⁻¹)					
mineral	nd	nd	nd	nd	nd
orgânico	nd	nd	nd	nd	nd
média	nd	nd	nd	nd	
Óxidos de Fe (mg kg⁻¹)					
mineral	13,9 d	18,6 Ac	20,2 Ab	22,8 Aa	$y = 14,1 - 0,7^{**}x - 0,02^{**}x^2$ R ² = 0,93
orgânico	13,9 c	14,4 Bc	18,1 Bb	19,8 Ba	$y = 13,4 + 0,4^{**}x - 0,004^{**}x^2$ R ² = 0,82
média	13,9 d	16,5 c	19,2 b	21,3 a	
Residual (mg kg⁻¹)					
mineral	84,5 b	87,8 a	86,9 ab	84,7 b	$y = 84,8 + 0,5^{*}x - 0,002^{*}x^2$ R ² = 0,41
orgânico	84,5 b	89,0 a	85,7 b	86,0 b	$y = 86,3$ R ² = 0,16
média	84,5 c	88,4 a	86,3 b	85,4 bc	

Médias ligadas por letras distintas (minúsculas na horizontal e maiúscula na vertical) diferem (p<0,05) pelo teste tukey. nd= valor abaixo do limite de detecção do método analítico empregado.

Tabela 2. Acúmulo de zinco na parte aérea e raiz de plantas de feijão, em razão do uso de diferentes doses de fertilizante mineral e orgânico.

Fertilizante	Dose (kg há ⁻¹)				Equação
	0	6	12	24	
Parte aérea (mg vaso⁻¹)					
Mineral	6,4 a	4,3 Bc	5,6 Bb	6,7 Ba	$y = 6,1 - 0,2^{**}x + 0,01^{**}x^2$ R ² = 0,54
Orgânico	6,4 b	6,6 Ab	6,5 Ab	8,6 Aa	$y = 6,5 - 0,06^{**}x + 0,006^{**}x^2$ R ² = 0,81
Média	6,4 b	5,5 c	6,1 b	7,6 a	
Raiz (mg vaso⁻¹)					
Mineral	0,24 c	0,56 Ab	0,59 Bb	0,92 Ba	$y = 0,3 + 0,04^{**}x - 0,0005^{**}x^2$ R ² = 0,94
Orgânico	0,24 d	0,47 Bc	0,78 Ab	1,08 Aa	$y = 0,2 + 0,05^{*}x - 0,0007^{*}x^2$ R ² = 0,99
Média	0,24 d	0,52 c	0,69 b	1,00 a	
Extração total (mg vaso⁻¹)					
Mineral	6,7 b	4,8 Bc	6,2 Bb	7,6 Ba	$y = 6,4 - 0,2^{**}x + 0,01^{**}x^2$ R ² = 0,64
Orgânico	6,7 b	7,1 Ab	7,3 Ab	9,7 Aa	$y = 6,8 - 0,09^{**}x + 0,005^{*}x^2$ R ² = 0,89
Média	6,7 b	6,0 c	6,8 b	8,6 a	

Médias ligadas por letras distintas (minúsculas na horizontal e maiúscula na vertical) diferem (p<0,05) pelo teste tukey.