

Dinâmica do Cobre no Solo em Razão do Uso de Fertilizante Mineral e orgânico⁽¹⁾.

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

⁽¹⁾Trabalho executado com recursos do Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves – CNPSA – EMBRAPA e Centro de Ciências Agroveterinárias – UDESC/CAV; ⁽²⁾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, marcogrohskopf@gmail.com; ⁽³⁾ Pesquisadores da Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, SC; ⁽⁴⁾ Professores Associado, Depto. de Solos e Recursos Naturais, UDESC, Lages, SC.

RESUMO: O fracionamento de cobre no solo permite obter informações detalhadas sobre a origem, ocorrência, disponibilidade físico-química, mobilização e transporte deste elemento no solo. O objetivo do trabalho foi descrever o comportamento do Cu 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 uma área de vegetação nativa isenta do recebimento de fertilizantes ou corretivos. Os tratamentos constituíram de dois tipos de fertilizantes, sendo o mineral composto de óxidos de Cu, e o orgânico na forma de dejetos líquidos de suínos, em quatro doses crescentes que corresponderam a: 0, 1,7, 3,4 e 6,8 kg há⁻¹ de Cu. A adubação orgânica e mineral elevou o teor de Cu semi-total no solo, sendo os teores do orgânico superiores ao mineral para todas as doses aplicadas. A aplicação dos fertilizantes não interferiu no teor de Cu solúvel. Nas frações trocáveis, óxidos de Al, óxidos de Fe e residual o teor de Cu foi maior no fertilizante orgânico, com exceção do Cu ligado a MO sendo maior no fertilizante mineral. Dentre as frações avaliadas pode-se observar que o Cu foi encontrado, principalmente, nos óxidos de Fe, demonstrando uma maior afinidade desta fração em relação às demais. A aplicação de fertilizantes orgânicos proporcionou maior acúmulo de cobre, tanto na parte aérea como nas raízes de plantas de feijão.

Termos de indexação: dejetos suíno, feijão, fracionamento.

INTRODUÇÃO

O Estado de Santa Catarina é o maior produtor de suínos do Brasil e pouca preocupação tem sido atribuída ao destino final deste resíduo, principalmente, com relação a seus efeitos no solo, forma mais comum de descarte. Os dejetos suínos apresentam grande concentração de Cu em razão das quantidades utilizadas nas dietas destes animais. É provável que a aplicação contínua de

dejetos suíno no solo possa levar ao acúmulo de Cu em regiões com criações intensivas de suínos.

A disponibilidade de Cu às plantas é governada pela composição e reação do solo, pelas condições de oxidação-redução e pela cinética das reações, que dependem de atributos do solo e de suas tendências para formar precipitados insolúveis e coprecipitados com outros minerais, além de formarem complexos com a matéria orgânica (MO) (CAMARGO, 2001).

Entre os processos que governam a solubilidade desse elemento e, conseqüentemente, sua biodisponibilidade, vale ressaltar a importância da complexação com a MO no sistema solo-planta (ROSS, 1994, CAMARGO et al., 2001). É provável que o uso dos fertilizantes orgânicos possa atuar de forma diferenciada quanto à solubilidade e biodisponibilidade deste micronutriente em comparação com os fertilizantes minerais.

Desta forma torna-se imprescindível conhecer o comportamento do Cu no solo quando são utilizadas diferentes fontes de fertilizantes, principalmente, os orgânicos, para caracterizar processos de adsorção não-específico, específico e a complexação com a MOS.

Desta forma o objetivo do trabalho foi descrever o comportamento do Cu no solo e sua disponibilidade para a cultura do feijão em razão do uso de fertilizantes minerais e orgânicos a base de dejetos 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 um Nitossolo Vermelho distroférico, coletado na camada superficial de 0 a 20 cm, em uma 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 mmol_c dm⁻³ Ca, 6 mmol_c dm⁻³ de Mg, CTC 137,8 mmol_c dm⁻³ e V% de 20,7. O solo foi mantido com o pH natural, visto que a maior absorção de Cu ocorre na faixa de pH de 4,5 a 5,0.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizados no esquema fatorial 2x4, com cinco repetições. Os tratamentos foram constituídos de dois tipos de fertilizantes, sendo o mineral composto de óxidos de Cu, e o orgânico na forma de dejetos líquidos de suínos, em quatro doses crescentes que corresponderam a: 0, 1,7, 3,4 e 6,8 kg de Cu 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).

As unidades experimentais foram constituídas por vasos preenchidos com 10,0 kg de solo, nos quais foram semeadas oito plantas de feijão da cultivar BRS Estilo do tipo carioca. Após a germinação, foi efetuado desbaste, deixando somente cinco plântulas por vaso, a colheita foi realizada com 55 dias de cultivo, até o estágio de florescimento.

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 a 65° C até atingir massa constante. Após a secagem foi determinada a massa seca de parte aérea (MSPA) e de raízes (MSRA) e a determinação do Cu foi realizado conforme metodologia descrita por Tedesco et al. (1995).

A determinação dos teores de Cu 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 uma temperatura de 90 ± 5°C.

O fracionamento do Cu 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 como extrator o BaCl₂ (0,1 mol L⁻¹), seguido de agitação por 1h. No Cu 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 Cu 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 Cu ligado aos óxidos de Fe usou-se uma 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 Cu 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).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As adubações orgânica e mineral elevaram o teor Cu no solo, com comportamento quadrático crescente para ambos os fertilizantes. Observa-se que os teores do orgânico são superiores ao mineral em todas as doses aplicadas, sendo que no mineral os maiores teores são encontrados da dose de 3,4 kg há⁻¹, e na orgânica na última dose (**Tabela 1**). Essa maior eficiência do fertilizante orgânico para cobre Cu Semi-total no solo esta relacionada a esta fonte trazer este micronutriente na forma complexada por cadeias carbônicas, evitando que o mesmo venha a ser adsorvido por colóides do solo.

A aplicação de fertilizantes orgânico e mineral não interferiu no teor de Cu solúvel, ou seja, não modifica a quantidade deste nutriente presente na solução do solo, sendo encontrados apenas traços de micronutriente, em razão dos teores ficarem abaixo do ponto de menor detecção do aparelho de leitura (**Tabela 1**). A concentração de Cu na forma catiônica livre é extremamente baixa devido à afinidade que o elemento apresenta por compostos orgânicos e minerais do solo.

O teor de Cu trocável no solo apresentou comportamento quadrático crescente para ambos os fertilizantes, sendo o orgânico superior ao mineral quanto à disponibilidade deste micronutriente (**Tabela 1**). O pequeno aumento do teor de Cu trocável no solo quando se aplica fontes minerais solúveis pode estar relacionada à sua adsorção aos colóides do solo, de forma covalente, deixando-o pouco disponível às plantas; o que não acontece com a forma orgânica, a qual preserva este micronutriente em estruturas com C-orgânico, evitando com que seja fixado.

Com o aumento das doses de Cu no solo pode-se observar comportamento quadrático crescente do Cu ligado a MOS apenas no fertilizante mineral (**Tabela 1**). A única diferença entre os fertilizantes orgânico e mineral ocorreu na dose de 1,7 kg há⁻¹, sendo que o mineral apresentou-se superior ao

orgânico. A não alteração nos teores de Cu orgânicos pode estar relacionada a este micronutriente estar ligado a estruturas carbônicas de maior peso molecular, que apresentam maior recalcitrância, bem como a alta força de ligação condicionada pela forma covalente. Essa força de ligação diminui com o aumento da quantidade aplicada, aumenta quanto maior o grau de humificação e com o pH do meio.

A aplicação de doses crescentes de fertilizantes orgânicos proporcionou comportamento quadrático crescente quanto ao teor de Cu ligado a óxidos de Fe e não houve significância para o fertilizante mineral (**Tabela 1**). Esses resultados indicam que o Cu dos fertilizantes orgânicos está complexado em estruturas com a presença de Fe no dejetos. As maiores diferenças entre fertilizantes orgânico e mineral ocorreram nas doses de 1,7 e 6,8 kg há⁻¹, sendo o orgânico superior ao mineral em ambas às doses. Pode-se observar que dentre as frações avaliadas, o Cu foi encontrado em maior proporção nesta fração, demonstrando maior afinidade desta em relação às demais.

Para os teores de Cu ligados aos óxidos de Al houve comportamento quadrático decrescente apenas no fertilizante orgânico (**Tabela 1**), no entanto os teores do mineral foram superiores ao orgânico para todas as doses aplicadas. A redução do Cu ligado a óxidos de Al pelo fertilizante orgânico está relacionada a este micronutriente estar protegido na forma de complexos nas cadeias carbônicas, condição que reduz o processo de adsorção a estes óxidos, principalmente, pela Gibbsita e Bauxita.

O Cu da fração residual teve seu teor aumentado no solo com o aumento das doses de Cu, apresentando comportamento quadrático crescente apenas para o fertilizante orgânico (**Tabela 1**). Essa fração é considerada inerte, não sendo extraídas nas outras etapas do fracionamento (Tessier et al., 1979), sendo considerada uma fração quimicamente estável e biologicamente inativa (Lima et al., 2001).

A aplicação de fertilizantes orgânicos proporcionou maior acúmulo de cobre, tanto na parte aérea como nas raízes, sendo o máximo acúmulo obtido nas doses de 5,5 e 5,0 kg há⁻¹ para parte aérea e raízes das plantas (**Tabela 2**). O maior acúmulo de Cu tanto da parte aérea como da raiz está relacionado à maior disponibilidade deste micronutriente no solo (**Tabela 1**). Os teores de Cu da parte aérea das plantas de feijão ficaram dentro da faixa de suficiência nutricional que é de 4 a 20 mg kg⁻¹ de acordo com Raji et al. (1996).

CONCLUSÕES

Os teores de Cu disponível foram superiores quando se aplica fertilizante orgânico à base de dejetos suínos e, o que possibilita maior acúmulo de Cu tanto na parte aérea como nas raízes de feijão.

O Cu presentes no fertilizante orgânico à base de dejetos suíno, quando aplicados no solo, contribui para a reserva já existente naturalmente no solo, sendo que suas frações se encontram ligadas aos óxidos de Fe e residual, formas mais recalcitrantes, enquanto que o fertilizante na forma mineral proporciona o aumento das formas orgânicas no solo.

REFERÊNCIAS

- CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F.; CASAGRANDE, J. C. Reações dos micronutrientes e elementos tóxicos. In: FERREIRA, M. E.; CRUZ, M. C. P. da; RAIJ, B. van; ABREU, C. A. de (Ed.) Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. cap.5, p. 89-124.
- 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.
- GOMES, P.,C.; FONTES, M., P., F.; COSTA, L., M. da.; MENDONÇA, E. de, S.; EXTRAÇÃO RACIONADA DE METAIS PESADOS EM LATOSSOLO VERMELHO-MARELO. R. bras. Ci. Solo, Viçosa, v. 21, p.543-551, 1997.
- LIMA, M.C.; GIACOMELLI, M.B.O.; STÜPP, V. & ROBERGE, F.D. Especificação de cobre e chumbo em sedimento do Rio Tubarão (SC) pelo método Tessier. Quimica Nova, 24:734– 742,2001.
- RAIJ, B.; Fertilidade de Solos e Adubação. Piracicaba: Ceres, POTAFOS, 1996. 343 p.
- ROSS, S.M. Retention, transformation and mobility of toxic metals in soils. In: ROSS, S.M. (Ed.) Toxic Metals in Soil-Plant Systems, New York: Wiley, 1994. p. 63-152
- 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.
- TESSIER, A.; CAMPBELL, P.G.C. & BISSON, M. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. Anal. Chem., 51:844-851, 1979.
- 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.

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

Fertilizante	Dose (kg há ⁻¹)				Equação
	0	1,7	3,4	6,8	
Semi-total (mg kg⁻¹)					
mineral	169,4 c	172,9 Bb	178,4 Ba	179,8 Ba	$y = 169 + 3,5^{**}x - 0,3^{**}x^2$ R ² = 0,90
orgânico	169,4 d	181,8 Ac	185,4 Ab	194,8 Aa	$y = 170,2 + 6,3^{**}x - 0,4^{**}x^2$ R ² = 0,93
média	169,4 d	177,4 c	181,9 b	187,3 a	
Solúvel (mg kg⁻¹)					
mineral	nd	nd	nd	nd	nd
orgânico	nd	nd	nd	nd	nd
média	nd	nd	nd	nd	
Trocável (mg kg⁻¹)					
mineral	0,27 c	0,30 bc	0,32 Bab	0,36 Ba	$y = 0,3 + 0,02^{**}x - 0,0009^{**}x^2$ R ² = 0,67
orgânico	0,27 d	0,33 c	0,51 Ab	0,77 Aa	$y = 0,3 + 0,06^{**}x + 0,002^{**}x^2$ R ² = 0,97
média	0,27 d	0,3 c	0,42 b	0,56 a	
Matéria Orgânica (mg kg⁻¹)					
mineral	2,33 b	2,32 Ab	2,56 a	2,60 a	$y = 2,3 + 0,07^{**}x - 0,004^{**}x^2$ R ² = 0,62
orgânico	2,33 b	1,84 Bc	2,58 a	2,52 a	2,32
média	2,33 b	2,08 c	2,57 a	2,52 a	
Oxidos de Al (mg kg⁻¹)					
mineral	4,08 ab	3,28 Ac	4,43 Aa	3,72 Abc	3,88
orgânico	4,08 a	2,34 Bc	3,04 Bb	3,13 Bb	$y = 3,8 - 0,7^{**}x + 0,08^{**}x^2$ R ² = 0,52
média	4,08 a	2,81 c	3,73 ab	3,43 b	
Oxidos de Fe (mg kg⁻¹)					
mineral	51,2 b	48,1 Bc	54,4 a	55,6 Ba	52,3
orgânico	51,2 c	52,8 Ac	57,4 b	62,3 Aa	$y = 50,9 + 1,7^{**}x - 0,007^{**}x^2$ R ² = 0,84
média	51,2 b	50,5 b	55,9 a	58,5 a	
Residual (mg kg⁻¹)					
mineral	111,2 b	118,9 Ba	116,7 Ba	117,5 Ba	116,2
orgânico	111,2 b	124,5 Aa	121,8 Aa	126,1 Aa	$y = 113 + 5,2^{**}x - 0,5^{**}x^2$ R ² = 0,66
média	111,2 a	121,7 a	119,3 a	121,8 a	

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 cobre 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	1,7	3,4	6,8	
Parte aérea (mg vaso⁻¹)					
Mineral	0,17 b	0,20 Ba	0,20 Ba	0,20 Ba	$y = 0,2 + 0,02^{**}x - 0,002^{**}x^2$ R ² = 0,78
Orgânico	0,17 d	0,25 Ac	0,42 Aa	0,33 Ab	$y = 0,2 + 0,11^{**}x - 0,01^{**}x^2$ R ² = 0,84
Média	0,17 d	0,22 c	0,31 a	0,26 b	
Raiz (mg vaso⁻¹)					
Mineral	0,22 d	0,39 Aa	0,31 Bb	0,25 Bc	$y = 0,2 + 0,06^{**}x - 0,01^{**}x^2$ R ² = 0,54
Orgânico	0,22 c	0,33 Bb	0,42 Aa	0,41 Aa	$y = 0,2 + 0,08^{**}x - 0,008^{**}x^2$ R ² = 0,97
Média	0,22 c	0,36 a	0,36 a	0,33 b	
Extração total (mg vaso⁻¹)					
Mineral	0,39 d	0,60 a	0,51 Bb	0,45 Bc	$y = 0,4 + 0,08^{**}x - 0,01^{**}x^2$ R ² = 0,60
Orgânico	0,39 d	0,58 c	0,84 Aa	0,74 Ab	$y = 0,4 + 0,2^{**}x - 0,02^{**}x^2$ R ² = 0,93
Média	0,39 c	0,58 b	0,68 a	0,60 b	

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