



Influência de raízes nos teores de Cu e Zn ligados as frações mineral e orgânica em solo submetido a aplicações de dejetos suínos⁽¹⁾.

Lucas Benedet⁽²⁾; Bruna Franciny Kamers⁽³⁾; Rafael da Rosa Couto⁽⁴⁾; Paulo Emílio Lovato⁽⁵⁾; Elano dos Santos Junior⁽³⁾; Monique Souza⁽²⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do Projeto Tecnologias Sociais para a Gestão da Água II – TSGA II.

⁽²⁾ Estudante de Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas; Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC); Florianópolis, Santa Catarina; lucas_benedet@hotmail.com; ⁽³⁾ Estudante do Curso de Agronomia; Universidade Federal de Santa Catarina; ⁽⁴⁾ Pós-Doutorando; Universidade Federal de Santa Maria; ⁽⁵⁾ Professor; Universidade Federal de Santa Catarina.

RESUMO: As aplicações excessivas de dejetos suínos em áreas agrícolas podem promover o acúmulo de metais no solo, saturando os sítios de adsorção dos argilominerais e matéria orgânica. No entanto, as plantas podem liberar exsudatos alterando as condições geoquímicas do solo e a dinâmica do Cu e Zn. O objetivo do trabalho foi avaliar a influência das raízes de milho nos teores de Cu e Zn ligados as frações mineral e orgânica em solo submetido a aplicações sucessivas de dejetos suínos. Foi cultivado milho em minirizobox contendo solo coletado de um experimento a campo que recebeu adubações de 90 e 180 kg N ha⁻¹ na forma de dejetos líquido de suíno (DL90 e DL180) e cama sobreposta (CS90 e CS180), além do solo sem aplicação (SA). Aos 20 dias após a emergência, os minirizobox foram abertos e foram separados o solo rizosférico e não rizosférico. As amostras de solo foram submetidas ao fracionamento químico de Cu e Zn, obtendo-se as frações ligadas aos minerais e a matéria orgânica. Os maiores teores de Cu e Zn foram obtidos no solo rizosférico e não-rizosférico com CS180 em ambas as frações. A presença das raízes promoveu incrementos nos teores de Cu e Zn na fração mineral no solo rizosférico, principalmente em CS180, sendo que o inverso ocorreu na fração ligada à matéria orgânica. As raízes podem modificar as condições geoquímicas do solo, alterando a dinâmica dos elementos-traço no solo e a capacidade de adsorção dos componentes minerais e orgânicos do solo.

Termos de indexação: elementos-traço, rizosfera, fracionamento.

INTRODUÇÃO

No Rio Grande do Sul e Santa Catarina, a atividade suinícola representa uma fonte de renda às pequenas propriedades de mão de obra familiar (Ceretta et al., 2010). No entanto, o plantel de suínos nestas propriedades é elevado, resultando em volumes de dejetos produzidos diariamente acima da capacidade de suporte dessas áreas (Giroto et al., 2010).

Devido aos altos teores de Cu e Zn presentes nos dejetos, oriundos da adição desses elementos na ração dos suínos, as aplicações sucessivas podem causar o seu acúmulo no solo. Em condições naturais, o Cu e Zn estão adsorvidos, principalmente, as frações orgânicas e minerais do solo, respectivamente, retidos por ligações com alto grau de energia e, conseqüentemente, apresentando baixa mobilidade (Giroto et al., 2010). No entanto, ao serem adicionados no solo, esses elementos tendem a se distribuírem nas formas pré-existent, mas com menor energia de ligação, aumentando os teores de maior labilidade e biodisponíveis (Tiecher et al., 2013).

As plantas quando cultivadas em solos com acúmulo desses elementos apresentam diversos sistemas de defesa (Cardoso & Nogueira, 2007). A liberação de exsudatos e íons OH⁻ e H⁺ pelas raízes promove alterações de determinados atributos do solo, como pH e concentração de compostos orgânicos dissolvidos (COD), influenciando diretamente a mobilidade desses metais (Hinsinger et al., 2003).

O objetivo do trabalho foi avaliar a influência das raízes de milho nos teores de Cu e Zn ligados as frações mineral e orgânica em solo submetido a aplicações sucessivas de dejetos suínos.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área experimental

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Microbiologia, Imunologia e Parasitologia (MIP) do Centro de Ciências Biológicas (CCB) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), em Florianópolis – SC. Amostras de um Argissolo Vermelho Amarelo (Embrapa, 2013) foram coletadas de um experimento conduzindo em uma propriedade suinícola no município de Braço do Norte, sul do estado de Santa Catarina (SC) (Latitude 28°14'20.7"; Longitude 49°13'55.5"; altitude de 300m acima do nível do mar e clima Cfa). Antes da instalação do experimento o solo apresentava as seguintes propriedades na camada de 0-10 cm: argila 330 g kg⁻¹; matéria orgânica 33 g kg⁻¹; pH em água de 5,1; Índice SMP 5,5; P disponível 19 mg



dm^{-3} ; K trocável 130 mg dm^{-3} (ambos extraídos por Mehlich⁻¹); Al, Ca e Mg trocáveis 0,8, 3,0 e 0,8 $\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ (extraídos por KCl 1 mol L^{-1}). O delineamento experimental consistia de blocos casualizados com cinco tratamentos e três repetições. Cada parcela possuía dimensões de 4,5 m por 6,0 m (27 m^2). Os cinco tratamentos aplicados anualmente, de 2003 a 2012, foram: sem adubação (SA); adubação de 90 e 180 kg N ha^{-1} como dejetos líquidos de suíno (DL90 e DL180) e adubação de 90 e 180 kg N ha^{-1} como cama sobreposta (CS90 e CS180). Duas culturas foram cultivadas em rotação em cada ano, milho (*Zea mays*) seguido por aveia preta (*Avena strigosa*). As aplicações em superfície de dejetos líquidos foram realizadas aos 15, 51 e 95 dias após a semeadura do milho e 15 dias após a semeadura da aveia preta. As adubações com cama sobreposta foram realizadas apenas uma vez ao ano, 15 dias antes da semeadura do milho. Em setembro de 2012 foram abertas trincheiras e coletadas amostras de solos, na profundidade de 0-0,10 m, nos respectivos tratamentos. As amostras de solo foram secas, destorroadas e reservadas.

Experimento em casa de vegetação

Em janeiro de 2013 se iniciou o cultivo de milho em minirizobox, com dimensões externas de 20 x 30 x 4 cm, em casa de vegetação. O delineamento experimental utilizado consistiu de blocos casualizados com cinco tratamentos e cinco repetições, onde cada caixa de minirizobox representou uma unidade experimental. Em cada minirizobox foi cultivada uma única planta de milho.

Aos 20 dias após a emergência (DAE) das plântulas de milho, quando as raízes passaram a ocupar todo o espaço existente no minirizobox, foi realizada a abertura dos minirizobox e a retirada das raízes com o solo aderido. Em seguida, este material foi colocado sobre uma bandeja plástica e se promoveu o seu chacoalho para a obtenção do solo não-rizosférico. O solo que permaneceu aderido às raízes foi considerado como rizosférico. Em seguida, as raízes com o solo rizosférico foram colocadas dentro de outra bandeja, sendo realizada a sua limpeza e a retirada do solo. As amostras de solo rizosférico e não-rizosférico foram secas ao ar, moídas em gral de porcelana e armazenadas.

Determinação de Cu e Zn nas frações mineral e orgânica do solo

Para determinação dos teores de Cu e Zn nas frações mineral e orgânica do solo rizosférico e não-rizosférico foi utilizada a metodologia proposta por Tessier et al. (1979). Foi pesado 1,0 g de solo seco e transferido para tubo falcon de 50 mL, sendo realizadas extrações sequenciais, brevemente descritas a seguir: fração solúvel - extraída com

água deionizada (8 mL); fração trocável - extraída com MgCl_2 $1,0 \text{ mol L}^{-1}$ a pH 7,0 (8 mL); ligados à fração mineral - extraída com cloridrato de hidroxilamina (NH_2OHHCl) $0,04 \text{ mol L}^{-1}$ em ácido acético 25 % (v/v) a pH 2,0 (20 mL); e ligados à fração orgânica - extraídos com HNO_3 $0,02 \text{ mol L}^{-1}$ (3 mL) + H_2O_2 a 30 % (8 mL) + NH_4OAc em HNO_3 20 % (v/v) (5 mL). Os sobrenadantes foram separados por centrifugação a 4000 rpm durante 30 min. e uma alíquota reservada para a determinação do teor de Cu e Zn em espectrofotômetro de absorção atômica. No entanto, os teores de Cu e Zn presentes na fração solúvel e trocável não foram quantificados para o presente trabalho. Na condução dos trabalhos, toda a vidraria utilizada foi submetida à limpeza com HNO_3 10 %.

Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste de homogeneidade de variâncias de Bartlett, sendo os teores de Cu e Zn ligados à fração mineral e de Cu do solo rizosférico ligado à fração orgânica transformados de acordo com a equação $\log(x+1)$. Em seguida as médias de todas as variáveis foram submetidas à análise de variância (ANOVA) e, quando houve diferença significativa, ao teste de comparação de médias de Tukey ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As aplicações com CS180 promoveram os maiores teores de Cu e Zn ligados às frações mineral e orgânica em comparação aos demais tratamentos, tanto para o solo rizosférico quanto para o não rizosférico (**Figuras 1a,b e 2a,b**). Este incremento de Cu e Zn nas frações está relacionado, principalmente, aos maiores teores de nutrientes presentes na cama sobreposta em comparação aos dejetos líquidos, o que confere maiores teores desses metais adicionados ao solo (Guardini et al., 2012). Adicionalmente, a aplicações de doses superiores às recomendações técnicas, como a utilizada no presente estudo (180 kg N ha^{-1}), tendem a saturar mais rapidamente os sítios de ligação presentes nos argilominerais e matéria orgânica do solo (Giroto et al., 2010; Tiecher et al., 2013).

A presença das raízes influenciou, principalmente, os teores de Cu ligados a fração mineral (**Figura 1a**). Em todos os tratamentos, a presença da raiz promoveu um aumento nos teores de Cu em comparação ao restante do solo. Em relação ao Zn, apenas no solo adubado com CS houve incremento nos teores no solo rizosférico (**Figura 1b**). A elevação, principalmente, dos teores de Cu ligados a fração mineral pode estar



relacionada a uma resposta da planta, reduzindo os teores disponíveis de Cu e favorecendo sua adsorção aos componentes minerais do solo através da liberação de exsudatos e alteração das condições geoquímicas do solo (Hinsinger et al., 2003).

Com relação à fração orgânica, a presença das raízes, ao contrário ao que aconteceu com a fração mineral, promoveu a redução dos teores de Cu em CS180 (**Figura 2a**) e Zn em CS180 e DL90 (**Figura 2b**). A diminuição dos teores desses metais, principalmente com a cama sobreposta, pode estar relacionada com a maior atividade microbológica na região da rizosfera o que pode contribuir para uma maior mineralização dos compostos orgânicos presentes nesta área (Cardoso & Nogueira, 2007). Adicionalmente, a adição de CS180 promove o maior acúmulo de carbono orgânico total no solo em função dos seus teores de matéria seca e alta relação C/N, o que favorece a maior adsorção de Cu (Giroto et al., 2010; Tiecher et al., 2013). Assim, a presença das raízes pode ter contribuído para a degradação desses compostos orgânicos e liberação dos metais no solo.

Ao considerar os teores de Cu e Zn ligados às frações mineral e orgânica, os dados demonstram uma maior afinidade de Zn com a fração mineral, enquanto que o Cu apresenta maior afinidade aos sítios de ligação da matéria orgânica e dos minerais, o que está de acordo com resultados obtidos por Giroto et al. (2010) e Tiecher et al. (2013).

CONCLUSÕES

As aplicações de dejetos líquido e cama sobreposta em desacordo às recomendações técnicas incrementam os teores de Cu e Zn ligados às frações mineral e orgânica.

A presença das raízes pode modificar as condições geoquímicas do solo, alterando a dinâmica dos elementos-traço no solo e a capacidade de adsorção dos componentes minerais e orgânicos do solo.

A continuidade das aplicações excessivas pode saturar os sítios de ligação das frações minerais e orgânicas do solo, incrementando as formas mais lábeis de Cu e Zn e, conseqüentemente, sua mobilidade e biodisponibilidade.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao apoio financeiro relacionado ao Projeto Tecnologias Sociais para a Gestão da Água II – TSGA II e a concessão de bolsas pela Fundação CAPES.

REFERÊNCIAS

CARDOSO, E. J. B. N. & NOGUEIRA, M. A. A rizosfera e seus efeitos na comunidade microbiana e na nutrição de plantas. In: SILVEIRA, A. P. D. da & FREITAS, S. dos S. ed. Microbiota do solo e qualidade ambiental, Campinas: Instituto Agrônômico, 2007. p.78-96.

CERETTA, C. A.; LORENSINI, F.; BRUNETTO, G.; GIROTTO, E.; GATIBONI, L. C.; LOURENZI, C. R.; TIECHER, T. L.; CONTI, L. De; TRENTIN, G.; MIOTTO, A. E. Frações de fósforo no solo após sucessivas aplicações de dejetos de suínos em plantio direto. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 45:593-602, 2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília, 2013. 353p

GUARDINI, R.; COMIN, J.J.; SCHMITT, D.; TIECHER, T.; BENDER, M.A.; RHEINHEIMER, D.S.; MEZZARI, C.P.; OLIVEIRA, B.S.; GATIBONI, L.C.; BRUNETTO Accumulation of phosphorus fractions in typic Hapludalf soil after long-term application of pig slurry and deep pig litter in a no-tillage system. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 93:215–225, 2012.

HINSINGER, P.; PLASSARD, C.; TANG, C.; JAILLARD, B. Origins of root-mediated pH changes in the rhizosphere and their responses to environmental constraints: A review. Plant and Soil, 248:43–59, 2003.

TESSIER, A.; CAMPBELL, P. G. C.; BISSON, M. Sequential extraction procedure for the apéciation of particulate trace metals. Analytical Chemistry, 51:844-850, 1979.

TIECHER, T. L.; CERETTA, C. A.; COMIN, J. J.; GIROTTO, E.; MIOTTO, A.; MORAES, M. P.; BENEDET, L.; FERREIRA, P. A. A; LORENZI, C. R.; COUTO, R. R.; BRUNETTO, G. Forms and accumulation of copper and zinc in a sandy typic hapludalf soil after long-term application of pig slurry and deep litter. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 37(3):812-824, 2013.

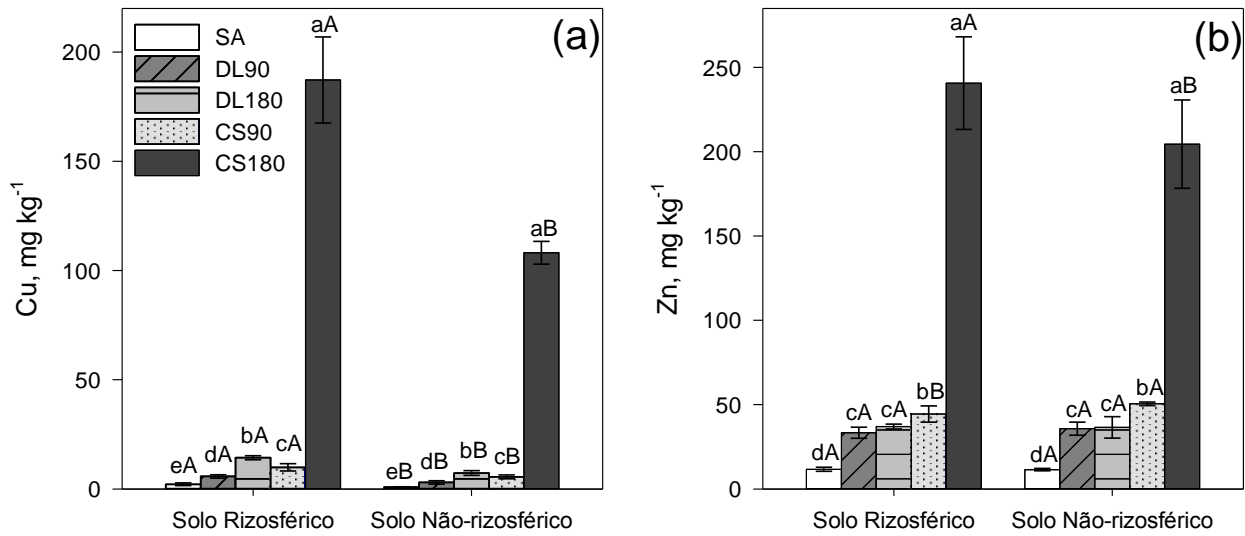


Figura 1. Teores de Cu (a) e Zn (b) ligados à fração mineral ao final do ciclo do milho (20 DAE) em solo rizosférico e não rizosférico sem adubação (SA) e com a adubação de 90 e 180 kg de N na forma de dejetos líquidos de suínos (DL90 e DL180) e cama sobreposta (CS90 e CS180). Médias seguidas pela mesma letra minúscula não indicam diferenças significativas entre os tratamentos para o mesmo tipo de solo. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não indicam diferenças significativas entre os mesmos tratamentos entre diferentes tipos de solo (rizosférico e não-rizosférico) (Teste Tukey, $p < 0,05$). Barras paralelas indicam o desvio padrão.

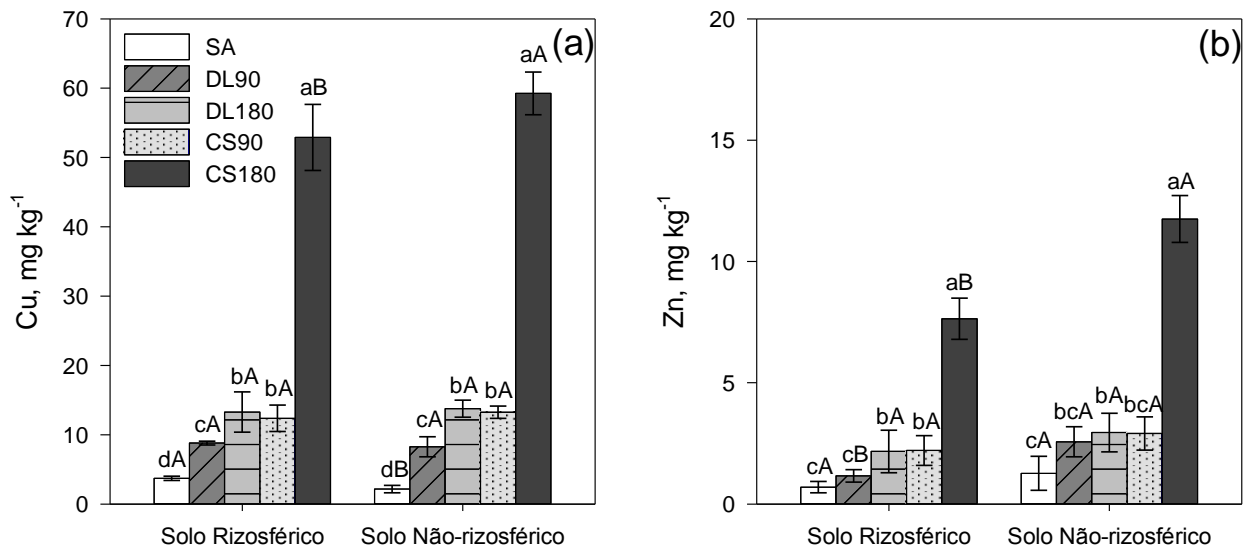


Figura 2. Teores de Cu (a) e Zn (b) ligados à fração orgânica ao final do ciclo do milho (20 DAE) em solo rizosférico e não rizosférico sem adubação (SA) e com a adubação de 90 e 180 kg de N na forma de dejetos líquidos de suínos (DL90 e DL180) e cama sobreposta (CS90 e CS180). Médias seguidas pela mesma letra minúscula não indicam diferenças significativas entre os tratamentos para o mesmo tipo de solo. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não indicam diferenças significativas entre os mesmos tratamentos entre diferentes tipos de solo (rizosférico e não-rizosférico) (Teste Tukey, $p < 0,05$). Barras paralelas indicam o desvio padrão.