

Frações de cobre e zinco em solos de vinhedos no Meio-Oeste de Santa Catarina⁽¹⁾

Gustavo Brunetto⁽²⁾; Marcel Pires de Moraes⁽³⁾; Ludiana Canton⁽⁴⁾; Paula Beatriz Sete⁽⁵⁾; Jucinei José Comin⁽⁶⁾ Djalma Eugênio Schmitt⁽⁶⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (Fapescc).

⁽²⁾ Professor do Departamento de solos e do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo; Universidade Federal de Santa Maria; Santa Maria, RS; brunetto.gustavo@gmail.com; ⁽³⁾ Estudante de Agronomia; Universidade Federal de Santa Catarina; ⁽⁴⁾ Estudante de Agronomia; Universidade Federal de Santa Catarina; ⁽⁵⁾ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas; Universidade Federal de Santa Catarina; ⁽⁶⁾ Professor do Departamento de Engenharia Rural; Universidade Federal de Santa Catarina; ⁽⁷⁾ Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciência do solo; Universidade do Estado de Santa Catarina.

RESUMO: As contínuas aplicações de fertilizantes e/ou fungicidas que possuem em sua composição elementos-traço, como Cu e Zn, ao longo dos anos, podem promover o acúmulo e alterações das frações dos dois elementos no perfil do solo. O trabalho objetivou avaliar as frações de Cu e Zn em solos de vinhedos. Em outubro de 2010, no município de Água Doce (SC) foram selecionados três vinhedos com 4, 6 e 10 anos de idade, mais uma área de campo natural. Foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0-5; 5-10 e 10-20 cm. O solo foi seco, moído e submetido ao fracionamento químico de Cu e Zn. O vinhedo com maior idade, 10 anos, apresentou o maior acúmulo de Cu, especialmente, na fração residual, que é mais estável ou não disponível. Os vinhedos com 6 e 10 anos de idade apresentaram o maior acúmulo de Zn, especialmente na fração residual. Mas, com o aumento da idade dos vinhedos, houve, especialmente, incremento de Zn na fração mineral.

Termos de indexação: Elementos-traço; vinhedos; fracionamento Químico de Cu e Zn.

frações de Cu e Zn no solo. Assim, caso aconteça o aumento das frações solúveis e trocáveis dos dois elementos no solo, pode ser potencializada a toxidez para as plantas (Fernández-Calviño et al., 2012); mas também a transferência pela solução escoada na superfície do solo, na forma solúvel ou adsorvido a partículas de argila, silte ou matéria orgânica, e percolada no perfil, potencializando a contaminação de águas (Banas et al., 2010).

As frações de Cu e Zn no solo podem ser obtidas usando o método de fracionamento químico (Tessier et al., 1979). Esse, usando sequencialmente extratores químicos, remove o Cu e o Zn das frações mais lábeis até as mais estáveis. Assim, é possível separar a quantidade total do elemento-traço nos solos ou sedimentos em frações biodisponíveis (solúvel em água e trocável), potencialmente biodisponíveis (ligadas aos argilominerais, óxidos, carbonatos e matéria orgânica) e residual (estrutura dos minerais) (Tessier et al., 1979). O trabalho objetivou avaliar as frações de Cu e Zn em solo de vinhedos na região Meio Oeste de SC.

INTRODUÇÃO

No estado de Santa Catarina (SC) os vinhedos são submetidos à aplicação de fertilizantes minerais ou orgânicos que podem possuir na composição, mesmo que em baixas concentrações, elementos-traço, entre eles, cobre (Cu) e zinco (Zn). Além disso, as videiras recebem a aplicação de fungicidas que possuem Cu, como a Calda Bordalesa ($\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CuSO}_4$) e Zn, como o Mancozeb, para o controle de doenças fúngicas foliares. Por causa da unidirecionalidade das aplicações, lavagem dos elementos-traço da superfície das folhas pela água da precipitação, deposição de folhas senescentes ou ramos podados contendo o Cu e o Zn derivado de aplicações, a concentração dos dois elementos no solo pode incrementar ao longo dos anos. Com isso, espera-se modificação da distribuição das

MATERIAL E MÉTODOS

O solo de três vinhedos e um campo natural foi coletado no município de Água Doce, região do Meio Oeste de SC. O solo foi classificado como Cambissolo Húmico. O clima da região é classificado como mesotérmico úmido (Cfb), com temperatura média anual de 16,6°C e precipitação anual média de 1900 mm. No vinhedo 1, implantado em 2007 foi cultivada a variedade Merlot, enxertada sobre o porta-enxerto P1103, na densidade de 2299 plantas por hectare. No vinhedo 2, implantado em 2005 foi cultivada a variedade Malbec, enxertada sobre o porta-enxerto P1103, na densidade de 2299 plantas por hectare. No vinhedo 3, implantado em 2001 foi cultivada a variedade Merlot, enxertada sobre o porta-enxerto SO4, na densidade de 2463 plantas por hectare. Antes da implantação de cada um dos vinhedos foi aplicado calcário na superfície e

incorporado até a profundidade de 0-20 cm para elevar o pH em água até 6,0. Todos os vinhedos possuíam histórico de aplicação de fungicidas cúpricos, entre eles, calda bordalesa. A área do campo natural foi adjacente aos três vinhedos e não possuía histórico de aplicações de fertilizantes e fungicidas.

Em outubro de 2010, 4, 6 e 10 anos após a implantação dos vinhedos 1, 2 e 3, respectivamente, foram abertas quinze trincheiras com dimensões de 0,3 x 0,5 x 0,5 m, em pontos aleatórios próximos das linhas de plantio. As amostras de solo do campo natural, utilizada como área de referência foram coletadas aleatoriamente em trincheiras, com as mesmas dimensões e procedimento de coleta usado naquelas dos vinhedos. Em seguida, em cada trincheira foi coletado solo nas camadas de 0-5; 5-10 e 10-20 cm. As amostras de solo foram secas ao ar, passadas em peneira com malha de 2 mm e reservadas. Em seguida, o solo foi submetido ao fracionamento químico de Cu e Zn (Tessier et al., 1979), onde determinou-se a 1) fração solúvel (Cu_{Sol} e Zn_{Sol}), 2) fração trocável (Cu_t e Zn_t), 3) fração ligada aos argilominerais (Cu_{Min} e Zn_{Min}), 4) fração ligada a matéria orgânica (Cu_{MO} e Zn_{MO}) e 5) fração residual (Cu_R e Zn_R). O Cu e Zn total (Cu_T e Zn_T) foram analisados em solo não fracionado. A determinação dos teores de Cu_{Sol} e Zn_{Sol} foi realizada por Espectrometria de Emissão Atômica por Plasma Induzido ICP-AES e o teores das demais frações foi efetuada por Espectrometria de Absorção Atômica. Os teores de Cu e Zn foram submetidos à análise de variância e quando os efeitos foram significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0.05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de Cu_{Sol} , Cu_{Min} , Cu_{MO} , Cu_R , soma das frações e Cu_T foram iguais entre as camadas no solo de campo natural (Tabela 1). Por outro lado, no solo do vinhedo 1, os maiores teores de Cu_t e Cu_{MO} foram observados na camada de 0-5 cm, comparativamente as camadas de 5-10 e 10-20 cm. No vinhedo 2, os maiores teores de Cu_{Sol} , Cu_t , Cu_{Min} , Cu_{MO} e Cu_T foram observados na camada de 0-5 cm. Já no vinhedo 3, os maiores teores de Cu_{Sol} , Cu_t , Cu_{MO} e soma das frações foram verificados na camada de 0-5 cm, comparativamente as demais camadas. Os teores de Cu_{Sol} e Cu_t , dentro da mesma camada de solo foram similares entre o solo de campo natural e dos três vinhedos (Tabela 1). Mas, na maioria das camadas, os maiores teores de Cu_{Min} , Cu_{MO} , Cu_R e soma das frações foram observados nas camadas do solo do vinhedo 2, mas especialmente do vinhedo 3, que inclusive

apresentou o maior teor de Cu_T nas três camadas avaliadas.

Os teores de Zn_{Sol} , Zn_{Min} , Zn_{MO} , Zn_R , soma das frações e Zn_T foram iguais entre as camadas do solo de campo natural (Tabela 1), corroborando com os resultados de Cu. No entanto, no solo do vinhedo 1, 2 e 3, os maiores teores de Zn_{Min} e Zn_{MO} foram observados na camada de 0-5 cm, comparativamente as camadas de 5-10 e 10-20 cm. Os teores de Zn_{Sol} , Zn_R e soma das frações, dentro da mesma camada, entre o solo de campo natural e dos três vinhedos foram similares (Tabela 1). Por outro lado, os teores de Zn_{Min} e Zn_{MO} , em todas as camadas foram maiores no solo do vinhedo 3. Mas, os teores de Zn_{Min} foram maiores que os teores de Zn_{MO} .

Os maiores teores de Cu e Zn, especial na camada mais superficial do solo (0-5 cm), diagnosticada por algumas frações, por exemplo, Cu_{MO} e Zn_{MO} , em especial, nos vinhedos com maior idade, como no vinhedo 3, pode ser explicado primeiro porque os solos não foram revolvidos ao longo dos anos. Segundo, porque na camada superficial do solo são observados os maiores teores de MO (dados não apresentados), o que possibilita a complexação de parte dos dois elementos-traço, uma vez que possuem alta afinidade de ligação à grupos funcionais de diversos constituintes da fase orgânica, mas também pode acontecer com constituintes da fase mineral (Schramel et al., 2000). Exemplo disso é o Cu que possui alta afinidade de ligação aos grupos funcionais da matéria orgânica, como os grupos contendo S, N, grupos carboxílicos e fenólicos (Croué et al., 2003), aumentando a sua complexação, conseqüentemente, diminuindo a sua mobilidade no perfil do solo. Os maiores teores de frações de Cu, como por exemplo, Cu_{Min} , Cu_{MO} e até Cu_T , bem como de forma destacada de Zn_{Min} e Zn_{MO} nos vinhedos com maior idade, exemplo, vinhedo 2 e 3 pode ser atribuído ao maior histórico de aplicação de fungicidas foliares que contém Cu e Zn na sua composição (Casali et al., 2008). Convém destacar que os maiores teores de Cu e Zn na fração residual (Cu_R e Zn_R) em todas as camadas, especialmente do solos dos vinhedos, indica que a maior parte dos dois elemento-traço estão no solo em uma fração mais estável ou não disponível (Tessier et al., 1979). A capacidade de inativar o Cu na fração residual, por exemplo, em camadas superficiais do solo, pode ser atribuída à maior presença de carbono orgânico recalcitrante e nas camadas mais profundas, a materiais inorgânicos amorfos e argilominerais, bem como ao tempo de reação (Tessier et al., 1979; Fernández-Calviño et al., 2012).



CONCLUSÕES

O vinhedo com maior idade, 10 anos, apresentou o maior acúmulo de Cu, especialmente, na fração residual, que é mais estável ou não disponível. O vinhedo com 6 e 10 anos de idade apresentaram o maior acúmulo de Zn, especialmente na fração residual. Mas, com o aumento da idade dos vinhedos, houve, especialmente, incremento de Zn na fração mineral.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq (Processo N^o. 471671/2010-0) e a Fapesc (Termo de outorga N^o. 11.339/2012-5), pelo suporte financeiro. Ao CNPq pela bolsa de produtividade em pesquisa concedida ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

BANAS, D.; MARIN, D.; SKRABER, S.; CHOPIN, E.I.B.; ZANELLA, A. Copper mobilization affected by weather conditions in a stormwater detention system receiving runoff waters from vineyard soils (Champagne, France). *Environmental Pollution*, v.158, p.476–482, 2010.

CASALI, C.A.; MOTERLE, D.F.; RHEINHEIMER, D.S.; BRUNETTO, G.; CORCINI, A.L.M.; KAMINSKI, J.; MELO, G.W.B. Formas e dessorção de cobre em solos cultivados com videira na Serra Gaúcha do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, n.4, p.1479-1487, 2008.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS-RS/SC Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 10^o.ed. Porto Alegre. 2004. 400 p.

CROUÉ, J.P.; BENEDETTI, M.F.; VIOLLEAU, D.; LEENHEER, J.A. Characterization and copper binding of humic and nonhumic organic matter isolated from the South Platte River: Evidence for the presence of nitrogenous binding site. *Environmental Science Technology*, v.37, n.2, p.328-336, 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de métodos de análise de solo. Rio de Janeiro, CNPS, 1997, 212 p.

FERNÁNDEZ-CALVIÑO, D.; PATEIRO-MOURE, M.; NÓVOA-MUÑOZ, J.C.; GARRIDO-RODRIGUES, B.; ARIAS-ESTÉVEZ, M. Zinc distribution and acid–base mobilisation in vineyard soils and sediments. *Science of the Total Environment*, v.414, p.470-479, 2012.

SCHRAMMEL, O.; MICHALKE, B.; KETTRUP, A. Study of the copper distribution in contaminated soils of hop fields

by single and sequential extraction procedures. *The Science of The Total Environment*, v.263, p.11-22, 2000.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. *Análise de solo, plantas e outros materiais*. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS/FA/DS. 1995. 174 p. (Boletim técnico, 5).

TESSIER, A.; CAMPBELL, P.G.C.; BISSON, M. Sequential extraction procedure for the speciation of the speciation of particulate trace metals. *Analytical Chemistry*, v.51, p.844-851, 1979.

Tabela 1. Frações de cobre e zinco em camadas de solo em área de campo natural e vinhedos.

Camadas	Solúvel	Trocável	Fração Mineral	Fração Orgânica	Residual	Soma das Frações	Total
(cm)	----- Cobre (mg kg ⁻¹) -----						
Campo natural							
0-5	0,13 aB ⁽¹⁾	0,55 aA	11,54 aC	14,78 aD	135,83 aB	162,82 aC	168,71 aC
5-10	0,09 abC	0,55 aA	14,74 aB	14,65 aB	130,86 aB	160,87 aB	165,00 aC
10-20	0,06 aB	0,44 aA	11,46 aB	15,97 aA	140,32 aB	168,26 aB	169,25 aC
Vinhedo 1 (4 anos)							
0-5	0,13 aB	0,47 aA	17,00 aC	18,40 aC	127,38 aB	163,39 aC	261,17 aB
5-10	0,16 aAB	0,37 bB	14,60 aB	14,24 bB	143,00 aB	172,37 aB	235,17 aB
10-20	0,15 aA	0,32 bB	15,14 aB	13,07 bA	128,87 aB	157,54 aB	240,67 aB
Vinhedo 2 (6 anos)							
0-5	0,16 aAB	0,55 aA	27,08 bB	24,97 aB	215,95 aA	268,71 aB	287,83 aB
5-10	0,19 aAB	0,39 bB	32,00 aA	18,51 bA	213,87 aA	266,15 aA	279,00 bB
10-20	0,10 bB	0,39 bAB	31,31 aBA	15,74 bA	216,08 aA	263,62 aA	243,17 cB
Vinhedo 3 (10 anos)							
0-5	0,19 aA	0,32 aB	39,00 aA	31,61 aA	230,63 aA	301,76 aA	321,25 aA
5-10	0,14 aB	0,16 bC	30,70 aA	18,16 bA	205,57 aA	254,73 bA	289,25 aA
10-20	0,06 cB	0,16 bC	36,27 aBA	13,74 cA	204,57 aA	254,80 bA	276,25 aA
----- Zinco (mg kg ⁻¹) -----							
Campo natural							
0-5	0,05 aA	5,60 aA	8,25 aC	2,50 aC	92,83 aA	109,23 aA	144,00 aB
5-10	0,07 aA	4,14 aA	5,44 aC	2,59 aC	79,67 aA	91,89 aA	150,33 aB
10-20	0,05 aA	3,73 aA	4,65 aB	2,73 aB	104,17 aA	115,33 aA	158,00 aB
Vinhedo 1 (4 anos)							
0-5	0,02 aA	0,54 aD	14,99 aB	3,44 aB	81,50 aA	100,49 aA	150,00 aB
5-10	0,06 aA	0,46 aD	10,22 bC	2,92 bC	98,67 aA	112,33 aA	146,67 aB
10-20	0,05 aA	0,54 aD	9,66 bB	2,70 bB	90,83 aA	103,78 aA	154,00 aB
Vinhedo 2 (6 anos)							
0-5	0,23 aA	1,32 aB	16,10 aB	3,88 aB	86,50 aA	108,03 aA	143,00 aBA
5-10	0,08 aA	0,94 aB	12,54 bB	3,39 bB	104,50 aA	121,45 aA	160,67 aA
10-20	0,03 aA	1,22 aC	9,62 bB	3,11 bB	138,50 aA	152,49 aA	164,67 aA
Vinhedo 3 (10 anos)							
0-5	0,05 aA	0,95 bC	25,32 aA	4,88 aA	134,67 aA	165,86 aA	192,00 aA
5-10	0,07 aA	0,83 cC	13,52 bA	4,13 bA	92,17 aA	110,70 aA	180,33 aA
10-20	0,13 aA	1,72 aB	10,11 cA	3,69 cA	96,00 aA	111,65 aA	173,67 abA

⁽¹⁾ Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na mesma camada e dentro da mesma forma, entre campo natural, vinhedo 1, 2 e 3, e médias seguidas pela mesma letra minúscula, entre camadas dentro da mesma forma e local (campo natural, vinhedo 1, 2 e 3) não são significativamente diferentes (Tukey p<0,05).