

Frações de cobre e zinco em solos de vinhedos na região Sul de Santa Catarina⁽¹⁾

Marcel Pires de Moraes⁽²⁾; Janaína Heinzen⁽³⁾; Djalma Eugênio Schmitt⁽⁴⁾; Paulo Emílio Lovato⁽⁵⁾; Jucinei José Comin⁽⁶⁾; Gustavo Brunetto⁽⁷⁾

⁽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 (Fapesc).

⁽²⁾ Estudante de Agronomia; Universidade Federal de Santa Catarina; Florianópolis, SC; marcelpmoraes@gmail.com; ⁽³⁾ Engenheira Agrônoma; ⁽⁴⁾ Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciência do solo; Universidade do Estado de Santa Catarina; ⁽⁵⁾ Professor do Departamento de Engenharia Rural; Universidade Federal de Santa Catarina; ⁽⁶⁾ Professor do Departamento de Engenharia Rural; Universidade Federal de Santa Catarina; ⁽⁷⁾ 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.

RESUMO: As aplicações contínuas de fungicidas foliares em videiras para o controle preventivo de doenças fúngicas podem provocar o acúmulo de Cu e Zn no solo, modificando a distribuição de suas frações. O trabalho objetivou avaliar as frações de Cu e Zn em solo de vinhedos na região Sul de Santa Catarina (SC). Em dezembro de 2010, no município de Urussanga (SC) foram selecionados dois vinhedos com 4 e 15 anos de idade, mais uma área de mata nativa. Foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0,00-0,05; 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m. O solo foi seco, moído e submetido ao fracionamento químico de Cu e Zn. A maior parte do Cu nos solos dos vinhedos foi distribuída na fração residual, caracterizada pela baixa mobilidade geoquímica, mas nas camadas mais superficiais do solo do vinhedo com maior idade, houve um aumento do teor de Cu ligado a matéria orgânica do solo. A maior parte do Zn no solo dos vinhedos foi distribuída na fração residual e ligada aos minerais, o que indica baixa mobilidade e também potencial de toxidez para as plantas e microrganismos.

Termos de indexação: elementos-traço; fracionamento químico, vinhedo.

INTRODUÇÃO

Os vinhedos na região Sul de Santa Catarina (SC) são submetidos a aplicações de fertilizantes orgânicos que podem possuir na sua composição, mesmo que em baixa concentração, elementos-traço como o cobre (Cu) e zinco (Zn). Além disso, as videiras recebem contínuas aplicações de fungicidas a base de Cu, por exemplo, a calda bordalesa (Ca(OH)₂ + CuSO₄) e também que possuem Zn em sua formulação, como o Mancozeb. Com isso, e ao longo dos anos, espera-se acúmulo e modificações das frações dos dois elementos-traço no solo e aquelas mais lábeis podem potencializar a toxidez para as videiras ou plantas que coabitam os vinhedos (Nagajyoti et al., 2010), até mesmo a

contaminação de mananciais hídricos (Fernández-Calviño et al., 2012).

As frações de Cu e Zn no solo podem ser quantificadas pelo método do 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 (Tessier et al., 1979). 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). Com o uso desta técnica se tem verificado em solos de vinhedos incremento de Cu especialmente na fração mineral e orgânica (Casali et al., 2008) e de Zn na fração residual ou mineral (Fernández-Calviño et al., 2012). Mas são escassos os trabalhos em tradicionais regiões vitivinícolas do Mundo relatando a distribuição do Zn em diferentes frações em solos.

O trabalho objetivou avaliar as frações de Cu e Zn em solos de vinhedos na região Sul de Santa Catarina.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Laboratório de Solos, Água e Tecidos Vegetais do Departamento de Engenharia Rural, da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), em Florianópolis (SC). Em dezembro de 2010, foram selecionados dois vinhedos com idades distintas no município de Urussanga (SC). Além disso, foi selecionada uma área de mata nativa. O vinhedo 1 foi da cultivar Niágara Rosada, enxertada sobre o porta-enxerto Paulsen 1103, implantado em 2006, no sistema de condução latada. O vinhedo 2 era formado pela cultivar Niágara Rosada, enxertada sobre o porta-enxerto Paulsen 1103, implantado em 1995, no sistema de condução latada. Antes da implantação de cada um dos vinhedos foi aplicado calcário na

superfície e incorporado até a profundidade de 0,20 m, para elevar o pH em água até 6,0. Os vinhedos possuíam histórico de aplicação foliar de fungicidas cúpricos, entre eles, calda bordalesa. A área de mata nativa foi adjacente aos vinhedos e não possuía histórico de aplicação de fertilizantes ou fungicidas.

Em outubro de 2010, 4 e 15 anos após a implantação dos vinhedos 1, 2, respectivamente, foram abertas, aleatoriamente na linha de plantio das videiras, seis trincheiras com dimensões de 0,30 x 0,50 x 0,50 m. Na área de mata nativa as trincheiras foram abertas de forma aleatória. Em seguida, foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0,00-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m. Posteriormente em laboratório o solo foi seco, moído, passado em peneira com malha de 2 mm e reservados. A primeira parte do solo foi submetida à análise granulométrica dos constituintes do solo e dos atributos químicos (dados não apresentados). A segunda parte do solo foi submetida ao fracionamento químico de Cu e Zn (Tessier et al., 1979), onde determinou-se a 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 obtidos foram submetidos ao teste de normalidade, onde se usou o teste Lilliefors e apresentaram distribuição normal. Isso permitiu que os teores fossem submetidos à análise de variância e quando os efeitos foram significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($\alpha=5\%$). O teor em uma mesma camada foi a variável dependente e o teor entre as camadas a variável independente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os maiores teores de Cu_{Sol} , Cu_{Min} e Cu_{MO} foram observados na camada de 0,00-0,05 m no solo do vinhedo 1 e diminuíram em profundidade (Table 1). Mas, os teores de Cu_t , Cu_R , soma das frações e Cu_T foram iguais entre as camadas de 0,00-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20m no solo do vinhedo 1. No solo do vinhedo 2, os maiores teores de Cu_{Sol} , Cu_t , Cu_{Mi} , Cu_{MO} , Cu_R e soma das frações, em geral foram observados nas camadas mais superficiais do solo, 0,00-0,05 e 0,05-0,10 m (Table 1). O teor de Cu_T foi igual nas três camadas avaliadas. Nas três camadas

do solo do vinhedo 2 foram observados os maiores teores de Cu_{Sol} e Cu_t , comparativamente ao solo do vinhedo 1 e mata nativa. No solo do vinhedo 2 nas camadas de 0,00-0,05 e 0,10-0,20 m se verificou os maiores teores de Cu_{Min} e Cu_{MO} . Mas os teores de Cu_R , somada das frações e Cu_T , nas três camadas foram similares entre o solo do vinhedo 2 e vinhedo 1. No entanto, em todas as camadas os teores das frações de Cu observadas nos vinhedos 1 e, em especial, no vinhedo 2 foram maiores que os verificados no solo de mata nativa.

Os maiores teores das frações de Cu no solo do vinhedo 2 pode ser atribuído a maior idade do vinhedo e, por consequência, histórico de aplicação de fungicidas foliares cúpricos (Casali et al., 2008). O acúmulo do Cu na fração residual (Cu_R) em todas as camadas dos solos da mata nativa, vinhedo 1 e 2, indica que o elemento-traço está em uma fração mais estável ou não disponível (Tessier et al., 1979). A capacidade de inativar o Cu na fração residual, quando em camadas superficiais do solo, pode ser atribuída à maior presença de carbono orgânico recalcitrante e nas camadas mais profundas, como na camada de 0,10-0,20 m ao teor de argila e silte (dados não apresentados), mas também a materiais inorgânicos amorfos e argilominerais, bem como ao tempo de reação (Tessier et al., 1979). No entanto, o incremento de Cu na fração ligada a matéria orgânica (Cu_{MO}), especialmente nas camadas mais superficiais (0,00-0,05 e 0,05-0,10 m) do solo do vinhedo mais antigo, concordam com os obtidos por Casali et al. (2008). Isso acontece porque o Cu possui a configuração eletrônica $[Ar]3d^{10}4s^1$, tem alta reatividade com os grupos funcionais contendo S e N, além dos carboxílicos e fenólicos da matéria orgânica do solo (Croué et al., 2003). Porém, os teores de Cu_{MO} , por exemplo, nas duas camadas mais superficiais (0,00-0,05 e 0,05-0,10 m) do solo do vinhedo 2 foram menores que os teores relatados em estudos já realizados em solos de outros vinhedos de tradicionais regiões vitivinícolas, que reportam teores oscilando de 40 até 400 mg kg⁻¹ (Nóvoa-Muñoz et al., 2007). Isso pode ser explicado, não só, mas provavelmente, pelos baixos teores de matéria orgânica (Tabela 1), comparativamente aos estudos já realizados, mas também pode estar associado à composição da matéria orgânica (Fernández-Calviño et al., 2010). O incremento do teor de Cu_{Min} , especialmente nas camadas mais superficiais do vinhedo 2 pode acontecer por causa da saturação dos grupos funcionais da matéria orgânica (Croué et al., 2002). Os maiores teores de Zn_t , Zn_{Min} , Zn_{MO} e Zn_T nos solos do vinhedo 1 e vinhedo 2 foram observados nas camadas mais superficiais do solo, especialmente, 0,00-0,05 m (Table 1). Mas os teores de Zn_R entre as camadas

do solo do vinhedo 1 foram iguais e no vinhedo 2 os maiores teores de Zn_R foram observados nas camadas 0,00-0,05 e 0,05-0,10 m. Os maiores teores das frações Zn_t , Zn_{Min} , Zn_{OM} , Zn_R , soma das frações e Zn_T , nas três camadas foram observados nos solos dos vinhedos (Table 1). Mas, nas camadas do solo do vinhedo 1 foi verificado os maiores teores de Zn_{MO} , Zn_R e Zn_T e nas camadas do solo do vinhedo 2 foi observado os maiores teores de Zn_{Min} , sendo igual entre os solos dos dois vinhedos os teores de Zn_t . Nas camadas de 0,00-0,05, 0,05-0,10 e 0,10-0,20 m as maiores quantidades de Zn no solo da mata nativa, vinhedo 1 e vinhedo 2 foram observadas na fração residual (Zn_R). Na camada de 0,00-0,05 e 0,05-0,10 m do solo do vinhedo 1, onde verificou-se os maiores teores de Zn_T (Table 1), foram observados os maiores teores de Zn_R . Mas nas mesmas camadas no solo do vinhedo 2, que apresentou menores teores de Zn_T (Table 1), observou-se valores maiores de Zn na fração mineral (Zn_{Min}), comparativamente ao solo do vinhedo 1. Convém ressaltar que, especialmente, nas camadas mais profundas (0,05-0,10 e 0,10-0,20 m) no solo de mata nativa, a solução (Zn_{Sol}) demonstrou os teores mais altos, o que pode ser explicado pelos baixos valores de pH (dados não apresentados), o que diminui a adsorção do Zn com o solo e, por consequência, aumenta a sua disponibilidade para as plantas.

Os maiores teores de todas as frações de Zn nos solos dos dois vinhedos, comparativamente ao solo da mata nativa pode ser atribuído a aplicação de fungicidas a base de Zn foliares e no solo do vinhedo 1 também a aplicação de dejetos de aves.

CONCLUSÕES

A maior parte do Cu nos solos dos vinhedos foi distribuída na fração residual, caracterizada pela baixa mobilidade geoquímica, mas nas camadas mais superficiais do solo do vinhedo com maior idade, houve um aumento do teor de Cu ligado a matéria orgânica do solo. A maior parte do Zn no solo dos vinhedos foi distribuída na fração residual e ligada aos minerais, o que indica baixa mobilidade e também potencial de toxidez para as plantas e microrganismos.

AGRADECIMENTOS

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

REFERÊNCIAS

- 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.
- 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.
- FERNÁNDEZ-CALVIÑO, D.; SOLER-ROVIRA, P.; POLO, A.; ARIAS-ESTÉVEZ, M.; PLAZA, C. Influence of humified organic matter on copper behavior in acid polluted soils. *Environmental Pollution*, v.158, p.3634-3641, 2010.
- 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.
- NAGAJYOTI, P.C.; LEE, K.D.; SREEKANTH, T.V.M. Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review. *Environmental Chemistry Letters*, v.8, p.199-216, 2010.
- NÓVOA-MUÑOZ, J.C.; QUEIJEIRO, J.M.G.; BLANCO-WARD, D.; ÁLVAREZ-OLLEROS, C.; MARTÍNEZ-CORTIZAS, A.; GARCÍA-RODEJA, E. Total copper content and its distribution in acid vineyards soils developed from granitic rocks. *Science of The Total Environment*, v.378, p.23-27, 2007.
- 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 mata nativa e vinhedos.

Camada	Solúvel	Trocável	Fração Mineral	Fração Orgânica	Residual	Soma das frações	Total
(m)	Cobre (mg kg ⁻¹)						
Mata Nativa							
0,00-0,05	0,05 aC ¹	0,10 aC	0,50 aC	0,78 aC	3,00 aB	4,43 aC	5,86 aB
0,05-0,10	0,05 aC	0,10 aC	0,60 aC	0,20 aC	1,50 aB	2,45 aB	3,71 aB
0,10-0,20	0,05 aC	0,06 aC	1,10 aB	0,04 aB	0,70 aC	2,95 aB	3,92 aB
Vinhedo 1 (4 anos)							
0,00-0,05	0,23 aB	0,20 aB	4,75 aB	7,94 aB	32,64 aA	45,76 aB	55,17 aA
0,05-0,10	0,16 bB	0,20 aB	3,93 bB	5,21 bB	29,10 aA	38,61 aA	48,57 aA
0,10-0,20	0,13 bB	0,15 aAB	3,26 bA	6,41 abA	26,11 aA	36,05 aA	45,57 aA
Vinhedo 2 (15 anos)							
0,00-0,05	0,42 aA	0,45 aA	7,63 aA	17,40 aA	31,57 aA	57,48 aA	66,24 aA
0,05-0,10	0,45 aA	0,34 aA	8,18 aA	11,47 bA	25,83 bA	45,73 bA	45,42 aA
0,10-0,20	0,29 bA	0,24 bA	3,40 bA	4,69 cA	19,71 bB	28,33 bA	49,37 aA
Zinco (mg kg ⁻¹)							
Mata Nativa							
0,00-0,05	3,00aA	1,30 aC	3,00 aC	0,70 aC	0,06 aC	8,06 aB	10,23 aC
0,05-0,10	2,80 aA	0,70 aC	1,30 bC	0,40 aC	1,10 aC	6,30 aB	7,65 aC
0,10-0,20	1,82 aA	0,30 bC	1,20 bB	0,30 aC	0,05 aC	3,67 aC	5,03 aC
Vinhedo1 (4 anos)							
0,00-0,05	0,17 bB	7,21 aA	13,10 aB	6,05 aA	54,41 aA	80,94 aA	143,63 aA
0,05-0,10	0,31 aB	5,28 bA	9,58 bB	5,8 abA	57,06 aA	78,03 aA	119,00 bA
0,10-0,20	0,33 aB	2,59 cAB	7,67 cA	5,63 bA	62,93 aA	79,16 aA	113,25 bA
Vinhedo 2 (15 anos)							
0,00-0,05	0,19 aB	6,49 aA	29,00 aA	4,13 aB	35,25 aB	75,06 aA	83,33 aB
0,05-0,10	0,09 aB	4,28 bAB	18,81 bA	3,47 bC	41,50 aB	68,15 aA	58,33 bB
0,10-0,20	0,08 aB	3,13 bA	7,34 cA	2,89 cB	46,22 aB	59,67 bB	59,82 bB

⁽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 (Mata nativa, vinhedo 1, 2 e 3) não são significativamente diferentes (Tukey p<0,05).