

Cobre em solos cultivados com a videira na Serra Gaúcha do Rio Grande do Sul

George Wellington Bastos de Melo¹
Carlos Alberto Casali²
Gustavo Brunetto³
Danilo dos Santos Rheinheimer³
Diovane Freire Moterle²
João Kaminski³

1. Introdução

A Serra Gaúcha do Rio Grande do Sul (RS) é a maior produtora de uva para a elaboração de vinhos do Brasil e as videiras são submetidas a aplicações sucessivas de calda bordalesa $[(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} + \text{Ca}(\text{OH})_2)]$, para o controle de doenças fúngicas. As aplicações freqüentes de, aproximadamente, 30 kg de cobre $\text{ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$, aumentam o teor do elemento na superfície do solo (BRUN et al., 1998; PARAT et al., 2002; ARIAS et al., 2004; MIRLEAN et al., 2007), ultrapassando o teor crítico no solo (CQFS-RS/SC, 2004) e a capacidade máxima de adsorção de solos.

O cobre no solo, como outros metais, é retido por ligações físico-químicas e sua labilidade é dependente do ligante, com destaque para matéria orgânica e óxidos, e da condição geoquímica, especialmente o pH, que definem a energia da ligação. Assim, pode-se classificar o cobre do solo em diferentes formas, porém o aumento dos seus teores no solo, pelas freqüentes aplicações de fungicidas cúpricos, pode alterar a sua distribuição. A adsorção do cobre ocorre primeiro nos sítios de ligação mais ávidos e, em seguida, o cobre remanescente é redistribuído em frações que são retidas com menor energia, conseqüentemente, de maior disponibilidade. Estas podem ser transferidas, via

sedimento e/ou solução do solo, para águas superficiais e/ou subterrâneas (KARATHANASIS, 1999) e causar toxidez às plantas (BRUNETTO et al., 2005).

A distribuição do cobre nos mais diversos sítios de adsorção das partículas reativas do solo pode ser usada para estimar a sua biodisponibilidade ou prever contaminações do ambiente. Este tipo de estudo pode ser realizado com o uso da técnica do fracionamento químico de cobre (TESSIER et al., 1979) e pela cinética de dessorção (FANGUEIRO et al., 2005). O fracionamento químico do cobre usa, seqüencialmente, diversos extratores químicos que removem o cobre que se encontra nas formas mais lábeis até as mais estáveis. Os resultados obtidos com essa técnica, associados aos obtidos com a cinética de dessorção, onde usa-se a extração sucessiva, com o complexante EDTA ou oxalato, para estimar a sua dessorção, pode quantificar as frações com dessorção rápida, lenta e a fração não dessorvível e, por conseguinte, estimar com maior segurança o seu real potencial de contaminação do ambiente.

O presente trabalho objetivou determinar as formas de cobre e a cinética de dessorção em solos cultivados com a videira e submetidos a sucessivas aplicações de fungicidas cúpricos.

¹ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciência do Solo, Pesquisador da Embrapa Uva e Vinho, Caixa Postal 130, CEP 95700-000 Bento Gonçalves, RS. E-mail: george@cnpuv.embrapa.br

² Engenheiro Agrônomo, Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal de Santa Maria. E-mail: betocasali@yahoo.com.br; diovanemoterle@hotmail.com

³ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciência do Solo, Professor do Departamento de Solos da UFSM. E-mail: brunetto.gustavo@gmail.com; danilos@mail.ufsm.br; jk@smail.ufsm.br

2. Descrição do experimento

O trabalho foi realizado no Laboratório de Química e Fertilidade do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS. Em abril de 2006, coletaram-se amostras de solos, nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, em um vinhedo localizado na Embrapa Uva e Vinho (Latitude 29° 09' 44" S e Longitude 51° 31' 50" W), Bento Gonçalves, RS, cultivado há 40 anos e submetido anualmente a sucessivas aplicações de calda bordalesa. Na parte superior do vinhedo o solo foi classificado como Neossolo Litólico (NL) e na parte inferior, como um Cambissolo Húmico (CH) (EMBRAPA, 2006). O vinhedo, da cultivar Isabel, pé-franco, plantado em

1966, na densidade de 1.525 plantas por hectare (3,5 m x 2,0 m) é conduzido em latada. Em área próxima ao vinhedo foi coletado um solo NL, sob mata natural e sem histórico de cultivo, sendo os seus resultados de análise usados como referência. Depois da coleta, os solos foram secos ao ar, passados em peneira com malha de 2 mm, e retirados, manualmente, os resíduos de vegetais remanescentes. Em seguida, o solo das amostras foi macerado em gral de ágata, passados em peneira com malha de 1 mm e reservado para as análises químicas (Tabela 1).

Tabela 1. Atributos de um solo Neossolo Litólico sob mata natural e de um solo Neossolo Litólico e Cambissolo Húmico cultivado com videira.

Atributo	Neossolo Litólico (Mata natural)		Neossolo Litólico (Vinhedo superior)		Cambissolo Húmico (Vinhedo inferior)	
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
Argila, g kg ⁻¹ ⁽¹⁾	286	294	222	251	261	298
Silte, g kg ⁻¹ ⁽¹⁾	430	440	430	477	379	464
Areia, g kg ⁻¹ ⁽¹⁾	284	266	349	273	360	239
Matéria orgânica, g kg ⁻¹ ⁽²⁾	60	20	43	17	41	28
pH-H ₂ O ⁽²⁾	4,7	4,6	6,2	6,1	6,2	6,2
Acidez potencial, cmol _c kg ⁻¹ ⁽²⁾	12,3	15,4	2,3	2,0	2,6	1,5
Cálcio trocável, cmol _c kg ⁻¹ ⁽²⁾	4,0	1,1	8,0	5,1	7,4	4,0
Magnésio trocável, cmol _c kg ⁻¹ ⁽²⁾	0,6	0,2	3,0	2,1	2,8	1,7
Alumínio trocável, cmol _c kg ⁻¹ ⁽²⁾	0,5	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Saturação com Alumínio, %	9,8	56,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Potássio trocável, mg kg ⁻¹ ⁽²⁾	168	121	138	80	147	74
Fósforo disponível, mg kg ⁻¹ ⁽²⁾	6,6	5,3	104	13	140	17
Ferro DCB, mg kg ⁻¹ ⁽³⁾	359	391	243	290	432	435
Ferro oxalato, mg kg ⁻¹ ⁽³⁾	167	177	151	172	225	216
Fe oxalato / Fe DCB	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5
CTC pH 7,0, cmol _c kg ⁻¹	12,3	15,4	2,2	2,0	2,8	1,6
CTC efetiva, cmol _c kg ⁻¹	5,5	3,3	11,3	7,3	10,6	6,0

⁽¹⁾ Embrapa (1997); ⁽²⁾ Tedesco et al. (1995); ⁽³⁾ Mehra & Jackson (1960).

O fracionamento químico do cobre do solo foi realizado de acordo com a metodologia proposta por Tessier et al. (1979). Amostras de 0,75 g de solo seco foram transferidas para tubos de polipropileno, agitados em cada etapa por uma hora e extraído, seqüencialmente, com cloreto de

magnésio (MgCl₂) 1,0 mol L⁻¹ a pH 7,0; acetato de sódio (CH₃COONa) 1,0 mol L⁻¹ a pH 5,0; cloridrato de hidroxilamina (NH₂OHHCl) 0,04 mol L⁻¹ em ácido acético 25% (v/v) a pH 2,0 e ácido nítrico (HNO₃) 0,02 mol L⁻¹ + peróxido de hidrogênio (H₂O₂) a 30%.

Segundo Tessier et al. (1979) estas frações representam o cobre solúvel, ligado a carbonatos, ligado à fração mineral do solo, ligado à fração orgânica do solo e o cobre residual, respectivamente. Após o fracionamento, o solo remanescente foi seco em estufa com ar forçado a 60°C durante 24 horas e, em seguida, 0,5 g de solo seco foi submetido à digestão com ácido fluorídrico (HF) concentrado + ácido perclórico (HClO₄). Posteriormente, uma alíquota foi reservada para a determinação do cobre. Em uma amostra de 0,5 g de solo seco, não submetido ao fracionamento químico de cobre foi adicionado peróxido de hidrogênio (H₂O₂) 30% e HF concentrado + HClO₄, digerido e o extrato reservado para a análise de cobre total. Nos extratos foi determinado o cobre, segundo metodologia proposta por Tedesco et al. (1995). Os teores de cobre obtidos em cada extrator químico durante o fracionamento foram submetidos à análise de variância, considerando um esquema bifatorial (três solos e duas camadas), com três repetições distribuídas ao acaso. Quando os efeitos foram significativos, as médias foram comparadas pelo teste DMS, tomando por base os níveis de significância maiores que 95%.

A dessorção do cobre do solo foi estimada por extrações sucessivas seguindo metodologia usada por Fanguero et al. (2005). Amostras de 1,5 g de solo seco foram adicionadas em tubos de vidro com um volume de 15 cm³. Em seguida foram adicionados 10 mL da solução de EDTA 0,05 mol L⁻¹ a pH 6,0. Logo após, os tubos foram agitados por 5, 10, 15, 20, 25 e 30 minutos e 1, 2, 4, 6, 8, 10, 24 e 48 horas, em agitador “end-over-end”. Depois de cada tempo de agitação as amostras foram centrifugadas a 6.000 rpm (4.024 g) durante 10 minutos. O sobrenadante foi filtrado em Milipore de 0,45 µm e retirada uma alíquota para análise de cobre segundo Tedesco et al. (1995). Os dados de cinética de dessorção de cobre obtidos nas extrações sucessivas foram ajustados de acordo com o modelo da equação 1 de dupla-primeira ordem (FANGUEIRO et al., 2005):

$$Q_t^0 = Q_1^0 (1 - \exp^{-\kappa_1 t}) + Q_2^0 (1 - \exp^{-\kappa_2 t}) \quad (1)$$

Onde, Q_1^0 = concentração de cobre dessorvido rapidamente; Q_2^0 = concentração de cobre dessorvido lentamente; κ_1 e κ_2 = constante de dessorção cinética relacionada às frações Q_1^0 e Q_2^0 , respectivamente; t = tempo de dessorção. O

valor de Q_3^0 (concentração de cobre que não foi dessorvida) é obtido pela diferença entre o teor de cobre total e o total de cobre dessorvido.

3. Resultados obtidos

3.1 Fracionamento químico do cobre

Os resultados de fracionamento químico do cobre no solo mostram que no solo sob mata natural e na camada superficial de 0-20 cm o teor de cobre total foi de 50,8 mg kg⁻¹, o que representa o teor natural deste elemento. Nos solos, Neossolo Litólico (NL) e Cambissolo Húmico (CH) cultivados com a videira, as sucessivas aplicações de fungicidas cúpricos aumentaram os teores de cobre total na camada superficial do solo para 665,3 mg kg⁻¹, no solo NL e para 506,0 mg kg⁻¹ no solo CH (Tabela 2), concordando com os resultados obtidos por Brun et al. (1998), Parat et al. (2002) e Arias et al. (2004).

Os teores de cobre total no solo NL e CH, na camada de 20-40 cm, cultivados com a videira foram de 106,2 mg kg⁻¹ e 78,4 mg kg⁻¹, respectivamente, maiores que 53,6 mg kg⁻¹, encontrado no NL sob mata natural (Tabela 2).

Com base nestes dados se pode inferir que a quantidade de cobre nas camadas superficiais do solo são maiores que a capacidade de sorção e, com isso, ocorre a percolação do elemento no perfil do solo. Convém ressaltar que, em geral, os solos de vinhedos da Serra Gaúcha do RS não são mobilizados durante o período vegetativo e produtivo da videira e isso possibilita a formação de canais biológicos no solo, os quais facilitam a migração de cobre na forma de complexos hidrossolúveis com ácidos orgânicos, por causa da sua alta reatividade, como relatado por Citeau et al. (2003) e Karlsson (2005).

Na camada de solo 0-20 e 20-40 cm do solo sob mata natural o conteúdo total de cobre foi similar e na sua distribuição, 70% do cobre foi encontrado na forma residual e 25% à matéria orgânica. Já as frações de cobre ligado aos carbonatos, óxidos e a solúvel foram baixas, 2,2, 0,2 e 0,2% do cobre total, respectivamente.

4 Cobre em solos cultivados com a videira na Serra Gaúcha do Rio Grande do Sul

Tabela 2. Teor de cobre total, cobre extraído seqüencialmente com cloreto de magnésio (MgCl₂), acetato de sódio (CH₃COONa), cloridrato de hidroxilamina (NH₂OHHCl) e peróxido de hidrogênio (H₂O₂) + ácido nítrico (HNO₃), cobre residual e somatório das formas, em um solo Neossolo Litólico sob mata natural e num Neossolo Litólico e Cambissolo Húmico cultivados com videira.

Camada	Solo	Total	MgCl ₂	CH ₃ COONa	NH ₂ OHHCl	HNO ₃ + H ₂ O ₂	Residual	Soma formas
cm								
						mg kg ⁻¹		
	Neossolo Litólico (Mata natural)	50,8 cA ¹	0,1 cA	0,2 cA	1,4 cA	14,4 cA	43,4 cA	59,4 cA
0-20	Neossolo litólico (Vinhedo superior)	665,3 aA	9,5 aA	99,7 aA	283,2 aA	231,2 aA	102,2 aA	725,9 aA
	Cambissolo Húmico (Vinhedo inferior)	506,0 bA	4,7 bA	47,2 bA	195,3 bA	178,1 bA	77,9 bA	503,2 bA
	Neossolo Litólico (Mata natural)	53,6 cA	0,1 bA	0,1 cA	1,2 cA	15,2 cA	41,7 cA	58,4 cA
20-40	Neossolo litólico (Vinhedo superior)	106,2 aB	0,4 aB	2,9 bB	13,5 bB	30,5 aB	69,5 aB	116,8 aB
	Cambissolo Húmico (Vinhedo inferior)	78,4 bB	0,4 aB	3,7 aB	15,8 aB	24,5 bB	48,3 bB	92,7 bB

⁽¹⁾ Letras iguais na coluna, minúsculas entre solos na mesma profundidade e maiúsculas entre profundidades para o mesmo solo, não diferem entre si pelo teste DMS ($\alpha = 0,05$).

Na camada de 20-40 cm dos solos cultivados com a videira mais da metade do cobre total permaneceu na fração residual, que é adsorvido com alta energia de ligação, conseqüentemente, pouco biodisponível. O cobre adsorvido na matéria orgânica do solo representou 26% do cobre total do solo. A fração mineral sorveu em média, 14% do cobre total. Os demais extratores químicos desorveram baixa quantidade de cobre, concordando com os resultados obtidos com o solo da camada de 0-20 cm. Com a formação desses complexos há uma diminuição da energia livre, aumentando a probabilidade de migração com a água de drenagem.

3.2 Cinética de dessorção de cobre

No solo sob mata natural o extrator EDTA 0,05 mol L⁻¹ desorveu apenas 6,9 e 5,0 mg kg⁻¹ de cobre, correspondendo a 13,6 e 9,3% do cobre total da camada de 0-20 e 20-40 cm, respectivamente (Tabela 3). Neste solo, a maior fração do cobre encontra-se fortemente adsorvido aos constituintes inorgânicos e na matéria orgânica do solo, sendo esta a principal forma de sorção do cobre em ambientes naturais não

antrópico (McLAREN et al., 1983; BAKER; AMMERMAN, 1995).

Nos solos cultivados com a videira, na camada de 0-20 cm, 583,7 mg kg⁻¹ de cobre no solo NL e 448,2 mg kg⁻¹ no solo CH foram desorvidos com o extrator EDTA 0,05 mol L⁻¹, aproximadamente, 88% do teor total de cobre do solo. Deste valor, 85% é extraído em tempo menor que uma hora de contato solo/extrator (Figura 1). Já na camada de 20-40 cm dos solos CH e NL, 56,6 e 38,5 mg kg⁻¹ de cobre, respectivamente, foram desorvidos com o extrator EDTA 0,05 mol L⁻¹, aproximadamente, 50% do teor total de cobre dos solos. Deste, mais de 70% é extraído em menos de uma hora (Tabela 3) e de acordo com Fanguieiro et al. (2005) representa o cobre do solo altamente biodisponível. O teor de cobre passível de dessorção dos solos cultivados com a videira aumentou 74 e 9,5 vezes para a camada de 0-20 e 20-40 cm, respectivamente, comparativamente ao solo sob mata natural. Isso era esperado, uma vez que em solos com alto teor de cobre a capacidade de dessorção aumenta porque há um menor grau de covalência, especialmente associado às cargas

permanentes dos argilominerais (ATANASSOVA; AKAZAKI, 1997; LKHSAN et al., 1999).

A quantidade de cobre desorvido e o tempo (cinética de desorção) mostra dois momentos distintos de desorção. O primeiro é o cobre desorvido em menos de uma hora, que é o cobre biodisponível do solo, caracterizado pelo cobre solúvel, trocável e adsorvido eletrostaticamente aos colóides do solo. O segundo é o cobre desorvido entre uma e 24 horas, representado pelo cobre adsorvido especificamente, ou complexado de uma forma que não o torna acessível.

Com o uso do modelo de dupla primeira-ordem para caracterizar a cinética de desorção de cobre é possível separá-lo em três frações distintas: Q_1^0 (concentração de cobre desorvido rapidamente), Q_2^0 (concentração de cobre desorvido

lentamente) e Q_3^0 (concentração de cobre que não foi desorvida). Assim, no solo sob mata natural (camadas 0-20 e 20-40 cm), aproximadamente, 88% do teor total de cobre se encontra adsorvido na fração Q_3^0 (Tabela 3). O restante do cobre foi distribuído entre a fração Q_1^0 e Q_2^0 . Por outro lado, nos solos cultivados com a videira, na camada de 0-20 cm, dos 665,3 mg kg⁻¹ de cobre total do solo NL e 506 mg kg⁻¹ encontrado no CH, em média, 69,4% do cobre foi encontrado na fração Q_1^0 , 21,4% na fração Q_2^0 e, apenas, 8,9% na fração Q_3^0 . Já na camada 20-40 cm, os valores de Q_1^0 , Q_2^0 e Q_3^0 foram de 29,3, 21,7 e 48,7% do cobre total, respectivamente.

Tabela 3. Parâmetros da equação de desorção de cobre em um solo Neossolo Litólico sob mata natural e num Neossolo Litólico e Cambissolo Húmico cultivados com videira.

Solo	Camada	Cobre Total	Q_1^0 (1)	Q_2^0 (2)	Q_3^0 (3)	κ_1 (4)	κ_2 (5)	R ²	S.E. (6)
	cm		mg kg ⁻¹						
Neossolo Litólico (Mata natural)	0-20	50,8	3,7 (7,3%)	3,2 (6,3%)	43,9 (86,4%)	0,1602	0,0030	0,97	0,3
	20-40	53,6	2,9 (5,3%)	2,1 (4,0%)	48,6 (90,7%)	0,1873	0,0027	0,96	0,2
Neossolo litólico (Vinhedo superior)	0-20	665,3	485,1 (72,9%)	98,6 (14,8%)	81,6 (12,3%)	0,3868	0,0067	0,96	17,3
	20-40	106,2	35,9 (33,8%)	20,7 (19,5%)	49,5 (46,6%)	0,3473	0,0043	0,98	1,9
Cambissolo Húmico (Vinhedo inferior)	0-20	506,0	302,4 (59,8%)	145,8 (28,8%)	58,1 (11,5%)	0,3682	0,0119	0,98	10,8
	20-40	78,4	19,8 (25,3%)	18,7 (23,8%)	39,9 (50,9%)	0,2285	0,0085	0,98	1,9

(1) Q_1^0 = concentração de cobre desorvido rapidamente; (2) Q_2^0 = concentração de cobre desorvido lentamente;

(3) Q_3^0 = concentração de cobre que não está passível de desorção; (4) κ_1 e κ_2 = constante de desorção cinética

relacionada às frações Q_1^0 e Q_2^0 , respectivamente. (6) S.E. = Estimativa média do erro.

Considerações finais

A aplicação de fungicidas cúpricos em videiras aumenta o teor total e as frações biodisponíveis de cobre do solo na camada de 0-20 e 20-40 cm. A maior parte do cobre dos solos cultivados com a videira encontra-se na fração mineral, porém no solo sob mata natural, a matéria orgânica é a principal reserva do elemento.

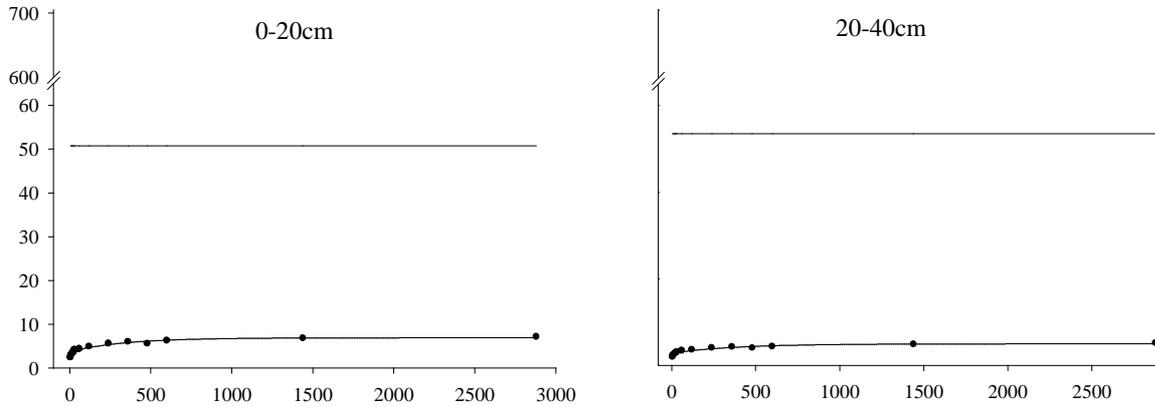
O EDTA 0,05 mol L⁻¹ é hábil em extrair o cobre do solo de origem antrópica e,

independentemente dos materiais adsorvente nos solos cultivados com a videira, a maior parte do cobre é facilmente desorvível.

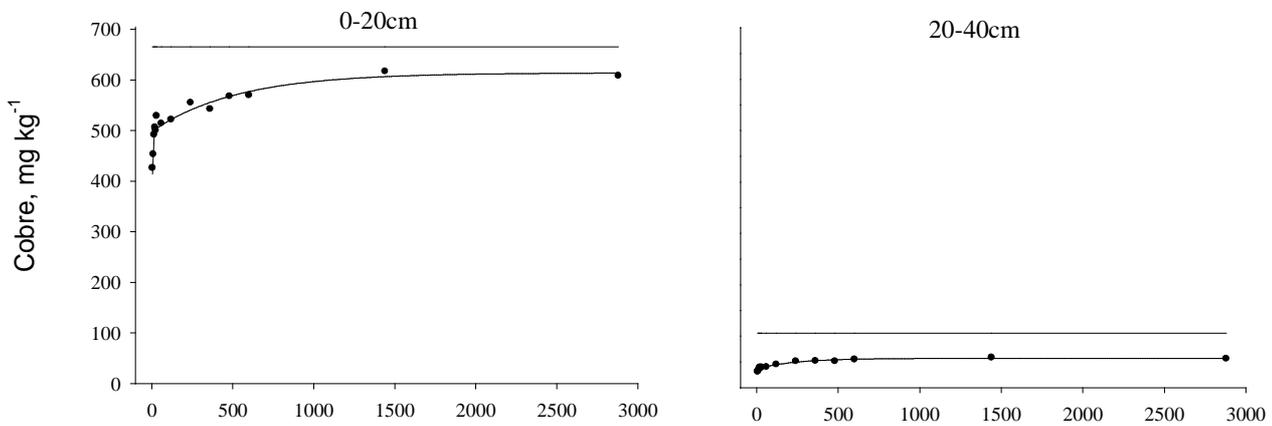
Agradecimentos

Aos laboratoristas, Volmir Scanagatta, Alexandre Mussnich e a estagiária Vaneila Furlanetto (Laboratório de Análise de Solo e Tecido da Embrapa Uva e Vinho), pelo auxílio na coleta dos solos.

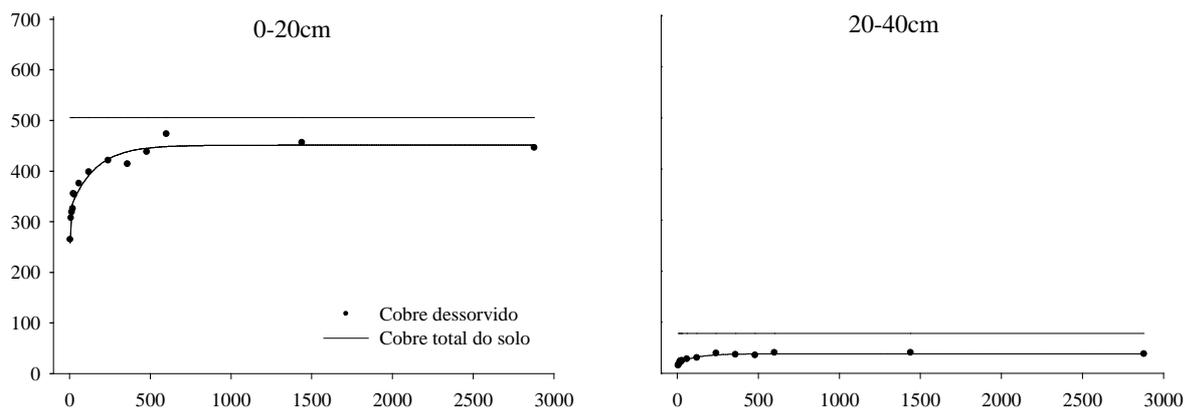
Mata natural – Neossolo Litólico



Videira - Neossolo Litólico



Videira - Cambissolo Húmico



Tempo, minutos

Figura 1. Dessorção de cobre pelo extrator EDTA 0,05 mol L⁻¹ a pH 6,0 em função do tempo em um solo sob mata natural (Neossolo Litólico) e cultivado com videira (Neossolo Litólico e Cambissolo Húmico).

Referências bibliográficas

- ARIAS, M.; LÓPEZ, E.; FERNÁNDEZ, D.; SOTO, B. Copper distribution and dynamics in acid vineyard soils treated with copper-based fungicides. **Soil Sci.**, v. 169, p. 796-805, 2004.
- ATANASSOVA, I.; AKAZAKI, M. Adsorption-desorption characteristics of high levels of copper in soil clay fractions. **Water Air Soil Pollut.**, v. 98, p. 213-228, 1997.
- BAKER, D. H.; AMMERMAN, C. B. Cooper bioavailability. In: AMMERMAN, C. B. et al. **Bioavailability of nutrients for animals**. New York: Academic Press, 1995. p.127-156.
- BRUN, L. A.; MAILLET, J.; RICHARTE, J.; HERRMANN, P.; REMY, J. C. Relationships between extractable copper, soil properties sand copper uptake by wild plants in vineyard soils. **Environ. Pollut.**, v. 10, p. 151-161, 1998.
- BRUNETTO, G.; WENDLING, A.; BANDINELLI, D.; KAMINSKI, J.; CERETTA, C. A.; SILVA, L. S.; MELO, G. W. A toxidez de cobre na aveia em vinhedos é menor em solos com alto teor de matéria orgânica. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 10., 2005, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2005. v. 1, p. 255.
- CITEAU, L.; LAMY, I.; OORT, F.; ELSASS, F. Colloidal facilitated transfer of metals in soils under different land use. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 217, p. 11-19, 2003.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO-RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10 ed. Porto Alegre: SBCS - Núcleo Regional Sul/UFRGS, 2004. 400 p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa em Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** (SiBCS). Rio de Janeiro, 2006. 306 p.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS, 1997. 247 p.
- FANGUEIRO, D.; BERMOND, A.; SANTOS, E.; CARAPUÇA, H.; DUARTE, A. Kinetic approach to heavy metal mobilization assessment in sediments: choose of kinetic equations and models to achieve maximum information. **Talanta**, v. 12, p. 844-857, 2005.
- KARLSSON, T. **Complexation of cadmium, copper and methyl mercury to functional groups in natural organic matter: studied by x-ray absorption spectroscopy and binding affinity experiments**. Umea: Swedish University of Agricultural Sciences, 2005. 37 p. Doctoral thesis.
- LKHSAN, J.; JOHNSON, B.; WELLS, J. D. A comparative study of the adsorption of transition metals on kaolinite. **J. Coll. Inter. Sci.**, v. 217, p. 403-410, 1999.
- McLAREN, R. G.; WILLIAMS, J. G.; SWIFT, R. S. Some observations on the desorption and distribution behavior of copper with soil components. **J. Soil Sci.**, v. 34, p. 325-331, 1983.
- MEHRA, O. P.; JACKSON, M. L. Iron oxide removal from soils by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. **Clays Min.**, Boulder, v. 7, p. 317-327, 1960.
- MIRLEAN, N.; ROISENBERG, A.; CHIES, J. O. Metal contamination of vineyard soils in wet subtropics (Southern Brazil). **Environmental Pollution**, v. 149, p. 10-17, 2007.
- PARAT, C.; CHAUSSOD, R.; LÉVÊQUE, J.; DOUSSET, S.; ANDREUX, F. The relationship between copper accumulated in vineyard calcareous soils and soil organic matter and iron. **European J. Soil Sci.**, v. 53, p. 663-669, 2002.
- TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2. ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174 p. (Boletim Técnico, 5)
- TESSIER, A.; CAMPBELL, P. G. C.; BISSON, M. Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals. **Anal. Chemistry**, v. 51, p. 844-851, 1979.

Comunicado Técnico, 86 Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Uva e Vinho

Rua Livramento, 515 – C. Postal 130

95700-000 Bento Gonçalves, RS

Fone: (0xx)54 3455-8000

Fax: (0xx)54 3451-2792

[http:// www.cnpuv.embrapa.br](http://www.cnpuv.embrapa.br)

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



1ª edição

1ª impressão (2008): on-line

Comitê de Presidente: *Henrique Pessoa dos Santos*

Publicações Secretária-Executiva: *Sandra de Souza Sebben*

Membros: *Kátia Midori Hiwatashi, Luiz Antenor Rizzon,
Osmar Nickel e Viviane Zanella Bello Fialho*

Expediente Normatização Bibliográfica: *Kátia Midori Hiwatashi*