

Incremento de cobre em Neossolo decorrente da aplicação de calda bordalesa em videira⁽¹⁾

Jackson Korchagin⁽²⁾; Diovane Freire Moterle⁽³⁾; Pedro Alexandre Varella Escosteguy⁽⁴⁾; Edson Campanhola Bortoluzzi⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Trabalho de mestrado do primeiro autor. Projeto executado com recursos da Universidade de Passo Fundo (UPF).

⁽²⁾ Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade de Passo Fundo; Passo Fundo, RS; jack_korch@hotmail.com; ⁽³⁾ Professor do Instituto Federal Rio Grande do Sul; Câmpus Bento Gonçalves; diovane.moterle@bento.ifrs.edu.br; ⁽⁴⁾ Professores da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Passo Fundo; Passo Fundo, RS; escosteguy@upf.br; edson.bortoluzzi@pq.cnpq.br

RESUMO: O uso de produtos fitossanitários por longos períodos pode incrementar a disponibilidade de certos íons no solo. O trabalho teve por objetivo avaliar o teor de cobre (Cu) de um Neossolo sob cultivo centenário de videira, relacionando-o com a mineralogia da fração silte do solo. Foram avaliadas duas áreas em Pinto Bandeira/RS: uma sob cultivo de videira, há 123 anos com aplicação de calda bordalesa; e outra sob mata nativa (testemunha). Amostras de solo foram coletadas nas camadas (cm): 0-1, 1-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25, 25-30, 30-35, 35-40 e 40-50. Além do teor de Cu extraível, foram determinados os teores de cálcio (Ca) trocável, de enxofre (S-SO₄) disponível, de matéria orgânica (MO) e o valor de pH em água. A caracterização mineralógica foi realizada na fração silte (camada de 0-25 cm) por difração de raios X (DRX). Em todas as camadas, os teores de Cu e de Ca e os valores de pH foram maiores no solo sob videira, em relação ao da mata. Em geral, isso também foi verificado com o S e MO. Os teores de Cu foram maiores na camada de 0-25 cm devido aos maiores teores de MO e a presença de óxidos de ferro. A aplicação de calda bordalesa incrementa o teor Cu do solo até 50 cm de profundidade em relação ao solo sob vegetação nativa.

Termos de indexação: contaminação do solo, óxidos de ferro, difração de raios X.

INTRODUÇÃO

A sucessiva aplicação de calda bordalesa [(CuSO₄.5H₂O + Ca(OH)₂)] durante várias décadas como tratamento fitossanitário em videiras pode proporcionar aumentos nos teores de cálcio, enxofre e cobre no solo. O acúmulo, a movimentação e a biodisponibilidade dos elementos contidos na calda bordalesa depende do grau de energia de ligação desses aos constituintes orgânicos e minerais do solo. Assim, espera-se que a mineralogia do solo, principalmente ligada à presença de óxidos tenha efeito nos teores disponíveis de certos íons no solo.

Já as plantas têm a capacidade de absorver altas quantidades de certos elementos químicos e

exportados com as colheitas, é a absorção de luxo. Entretanto, o excesso de íons no solo, como o Cu, frequentemente apresenta efeitos de toxicidade à maioria das espécies vegetais (Brun et al., 1998). Também, os elementos químicos na condição de disponíveis no solo são facilmente carregados para os mananciais de águas (Bortoluzzi et al., 2013).

Em especial no que tange o uso de calda bordalesa em videira por longos períodos, estudos alertam para o fato do aumento significativo do cobre nas camadas superficiais do solo (Brun et al., 2001; Parat et al., 2002).

O objetivo do trabalho foi avaliar o incremento de Cu em camadas de um Neossolo sob cultivo centenário de videira tratada com calda bordalesa e relacionar com a mineralogia da fração silte do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Local, tratamentos e amostragem

O estudo foi realizado no município de Pinto Bandeira, região Serrana do Rio Grande do Sul. A área sob videira possui longo histórico de cultivo, sendo que o parreiral foi implantado em 1890. Desde então, este cultivo tem sido utilizado para a fabricação de sucos, vinhos e consumo *in natura*. A variedade cultivada é Isabel e o espaçamento utilizado é de 1,5 x 3,0 m. Os principais manejos adotados são a poda e a aplicação de calda bordalesa. A concentração de sulfato de cobre utilizada tem sido de 1 kg 100 L⁻¹ de água. Em média, a quantidade aplicada desse sal é cerca de 20 a 30 kg ha⁻¹ ano⁻¹. O solo é um Neossolo Regolítico e a topografia montanhosa, com declividade entre 20 e 30 % e teor de argila de 238 g kg⁻¹, de silte de 376 g kg⁻¹ e de areia de 386 g kg⁻¹.

Os tratamentos comparados foram os solos: 1) sob cultivo de videira e com aplicação de calda bordalesa; e 2) sob mata nativa (testemunha). O delineamento foi em blocos ao acaso, com três repetições. O tipo de cultivo foi locado na parcela principal, enquanto que a camada de solo constituiu a subparcela. Para a amostragem das camadas de solo, foram abertas trincheiras, com pá-de-corte. As amostras foram coletadas nas camadas de: 0-1; 1-2;

2-3; 3-4; 4-5; 5-10; 10-15; 15-20; 20-25; 25-30; 30-35; 35-40 e 40-50 cm. Além destas camadas, foram coletadas amostras de solo da camada 0-25 cm para a caracterização mineralógica.

Avaliações e análise estatística

Foi avaliado o valor do pH em água e os teores de Ca, S e Cu, das camadas amostradas, conforme Tedesco et al. (1995). O Cu foi extraído com o método Mellich-I, o Ca trocável com cloreto de potássio (KCl 1M) e o enxofre disponível com fosfato de Ca (500 mg L⁻¹ de P). O Ca e o Cu foram determinados com espectrofotômetro de absorção atômica (EAA) e o S através de absorvância a 440 nm em espectrofotômetro. O teor de matéria orgânica (MO) foi determinado por titulometria após combustão úmida em bloco digestor (Rheinheimer et al., 2008).

A caracterização mineralógica da fração silte foi efetuada com difração de raios X (DRX). As amostras foram preparadas com destruição da MO (H₂O₂, 30 % v/v), dispersão mecânica e química (agitação em presença de NaOH, 5 %) e com a separação das frações granulométricas em argila (<2 µm), silte (2-53 µm) e areia (>53 µm). Os difratogramas foram obtidos com uso de um difratômetro Bruker D8 Advance (radiação Cu, 40 kw e 30 mA).

Os resultados foram submetidos à análise da variância em esquema bifatorial (p < 0,05). O programa estatístico utilizado foi o Costat®. A correlação de Pearson (p < 0,01) foi realizada entre os teores de MO e Cu.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O valor do pH e os teores de Ca e de Cu do solo sob videira foram maiores, em todas as camadas analisadas, em comparação ao solo de mata nativa (**Tabela 1**). Em geral, isso também ocorreu com os teores de MO e de S, exceto nas camadas de 0-1, 2-3 e 3-4 cm (MO) e 4-5, 25-30 e 30-35 cm (S). Possivelmente, estes últimos resultados estejam relacionados com a serrapilheira do solo da mata nativa, como fonte de MO e S, e com a maior solubilidade e percolação deste último íon no perfil do solo.

Os teores de Cu variaram de 101,6 a 1.322,3 mg kg⁻¹ na área sob videira. Esses teores foram sempre superiores aos da mata na ordem de 30 vezes (40-50 cm) a cerca de 50 vezes (0-1 cm). O teor de Cu em solos varia de 6 a 80 mg kg⁻¹, com valor médio de 20 mg kg⁻¹ segundo Tavares & Carvalho (1992). Em solos com expressiva adição deste metal de origem antropogênica, o teor pode atingir cerca de 3.000 mg kg⁻¹ (Mirlean et al., 2007). Esse valor é

compatível aos encontrados nesse estudo visto que se trata da mesma região.

A proporção de Cu encontrado no solo sob videira e sob mata foi maior que aquelas observadas para Ca e S. Isso ocorreu, provavelmente, pela maior afinidade do Cu aos ligantes como óxidos amorfos de ferro e a compostos da MO (Parat et al., 2002). Como o Neossolo tem baixo conteúdo de óxidos bem cristalizados, tais como goetita e hematita, espécies com baixa cristalinidade, principalmente, a lepidocrocita podem ser encontradas em Neossolo (Bortoluzzi et al., 2012). No entanto, estas espécies não são facilmente identificadas por difração de raios X.

Como o valor do pH em água do solo sob videira, até a profundidade de 40 cm, foi maior que 6,0, isso indica expressiva atividade do ligante OH⁻ em solução, o qual tem alta afinidade em formar complexos com o Cu (**Tabela 1**). Além deste ligante, o Cu tem afinidade com ligantes orgânicos ou óxidos. Contudo, estes últimos não foram identificados na fração silte do Neossolo analisado (**Figura 1**). Assim, além de ter formado complexos solúveis com hidroxilas, é possível que o Cu esteja associado a compostos orgânicos, decorrentes do alto teor de MO do solo sob videira. Nesse sentido, o coeficiente de correlação de Pearson entre os teores de Cu e MO do solo (r = 0,56, p < 0,01) foi significativo.

Os teores de S também foram superiores na maioria das camadas analisadas no solo sob videira. O sulfato (SO₄⁻²), forma de enxofre analisada no trabalho, é facilmente lixiviado, pois se trata de um ânion e dessa forma é repelido pelas cargas negativas (argilas e húmus). Isso explica porque, mesmo predominando no solo sob videira, o incremento do teor de S não foi tão acentuado como o observado com o Ca e o Cu.

Os resultados sugerem a migração de Cu no perfil do solo sob videira. Casali et al. (2008) destacam que após atingir a capacidade máxima de adsorção de Cu no solo, ocorre um aumento da biodisponibilidade em profundidade. Os teores de Cu obtidos na camada de 0-25 cm (cerca de 1.300 mg kg⁻¹) representam risco de contaminação ou de toxidez às plantas e a sua transferência, via sedimentos, para mananciais de águas superficiais (Karathanasis, 1988).

No entanto, estudos mais aprofundados de mineralogia da fração argila são necessários de modo a quantificar os óxidos (baixa e alta cristalinidade). Com esses estudos será possível entender como os compostos do Neossolo interferem no grau de solubilidade e percolação do Cu adicionado com a calda bordalesa.



CONCLUSÕES

A aplicação de calda bordalesa por mais de cem anos nas plantas de videira, aumentou o teor de Cu do solo, sendo este efeito observado ao longo do perfil amostrado (0-50 cm).

No solo sob videira, o aumento de Cu foi maior na camada de 0-25 cm, estando relacionado com a ausência de óxidos na fração silte e os altos teores de matéria orgânica nessa camada.

AGRADECIMENTOS

E. C. Bortoluzzi agradece ao CNPq pela bolsa produtividade em Pesquisa Nível 2.

J. Korchagin agradece a CAPES pela concessão da bolsa de mestrado.

REFERÊNCIAS

BRUN, L.A. et al. Relationships between extractable copper, soil properties and copper uptake by wild plants in vineyard soils. *Environmental Pollution*, 10:151-161, 1998.

BORTOLUZZI, E.C. et al. Mineralogical changes caused by grape production in a regosol from subtropical Brazilian climate. *Journal of Soils and Sediments*, 12:854-862, 2012.

BORTOLUZZI, E.C. et al. Mineralogy and nutrient desorption of suspended sediments during a storm event. *Journal of Soils and Sediments*, 13:1093-1105, 2013.

CASALI, C.A. et al. Formas e dessorção de cobre em solos cultivados com videira na Serra Gaúcha do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:1479-1487, 2008.

KARATHANASIS, A.D. Subsurface migration of copper and zinc mediated by soil colloids. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 63:830-838, 1999.

MIRLEAN, N.; ROISENBERG, A.; CHIES, J.O. Metal contamination of vineyard soils in wet subtropics (Southern Brazil). *Environmental Pollution*, 149:10-17, 2007.

PARAT, C. et al. The relationship between copper accumulated in vineyard calcareous soils and soil organic matter and iron. *European Journal of Soil Science*, 53:663-669, 2002.

RHEINHEIMER, D. dos S. et al. Comparação de métodos de determinação de carbono orgânico total no solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32:435-440, 2008.

TAVARES, T.M. & CARVALHO, F.M. Avaliação de exposição de populações humanas a metais pesados no ambiente: exemplo do Recôncavo Baiano. *Química Nova*, 15:147-154, 1992.

TEDESCO, M.J. et al. Análise de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre: Departamento de Solos UFRGS (Boletim Técnico nº5), 1995. 174p.

Tabela 1 – Atributos químicos de Neossolo sob cultivo centenário de videira e sob mata nativa em diferentes camadas de solo

Camada cm	pH H ₂ O		MO		Cálcio		Enxofre		Cobre	
	Videira	Mata	Videira	Mata	Videira	Mata	Videira	Mata	Videira	Mata
			-----g kg ⁻¹ -----		---cmol _c kg ⁻¹ ---		-----mg kg ⁻¹ -----			
0-1	6,4* (0,0)	5,6 (0,0)	111,2 (28,8)	117,2 (18,0)	28,4* (1,3)	20,0 (0,9)	14,2* (0,2)	10,6 (0,1)	1.322,3*a (122,1)	27,5 c (3,0)
1-2	6,4* (0,0)	5,4 (0,0)	68,7* (3,3)	105,6 (1,4)	20,2* (2,2)	15,7 (1,9)	15,3* (0,3)	10,5 (0,4)	1.382,9*a (128,5)	32,5 bc (1,7)
2-3	6,4* (0,0)	5,2 (0,0)	56,6 (9,1)	63,1 (7,2)	19,8* (1,5)	10,3 (0,3)	12,3* (0,5)	10,2 (0,2)	1.382,3*a (81,1)	37,6 ab (7,4)
3-4	6,4* (0,0)	5,1 (0,1)	51,5 (3,4)	43,4 (4,7)	19,0* (2,2)	6,5 (0,9)	8,9* (0,2)	10,1 (0,2)	1.342,0*a (117,9)	33,1 bc (2,6)
4-5	6,3* (0,0)	5,0 (0,0)	53,0* (7,0)	38,6 (1,0)	19,2* (1,7)	5,3 (3,1)	9,5 (1,5)	8,8 (0,1)	1.321,3*a (81,8)	30,2 bc (2,6)
5-10	6,5* (0,0)	4,6 (0,0)	56,4* (6,3)	20,5 (6,4)	21,0* (0,7)	3,6 (1,5)	11,4* (0,1)	6,5 (0,4)	1.394,6*a (77,5)	57,9 a (5,9)
10-15	6,4* (0,1)	4,5 (0,1)	49,8* (3,5)	20,7 (1,3)	19,4* (1,8)	1,5 (1,3)	9,1* (0,3)	6,4 (0,3)	1.328,4*a (61,1)	37,0 b (1,0)
15-20	6,2* (0,1)	4,5 (0,0)	46,8* (3,5)	17,0 (0,3)	16,1* (3,5)	2,4 (0,5)	10,3* (0,0)	6,5 (0,2)	1.340,2*a (76,6)	18,0 d (2,6)
20-25	6,3* (0,1)	4,5 (0,0)	31,8* (1,0)	13,2 (1,0)	13,9* (0,7)	2,1 (0,4)	7,8* (0,1)	5,2 (0,2)	1.087,5*a (151,3)	5,9 e (1,6)
25-30	6,3* (0,0)	4,4 (0,0)	26,9* (1,6)	14,4 (0,5)	14,3* (2,5)	2,5 (0,1)	3,9 (0,1)	4,0 (0,4)	766,4*b (142,2)	5,4 e (1,2)
30-35	6,2* (0,0)	4,5 (0,0)	31,8* (1,1)	11,9 (0,4)	13,3* (0,9)	2,6 (0,7)	4,9 (1,2)	3,9 (0,5)	712,0* b (50,3)	2,6 e (0,5)
35-40	6,1* (0,0)	4,6 (0,0)	36,9* (3,2)	10,8 (0,8)	11,7* (0,6)	2,9 (0,4)	6,0* (0,0)	3,0 (1,0)	700,2* b (191,7)	2,4 e (0,2)
40-50	5,8* (0,1)	4,6 (0,0)	33,4* (0,7)	9,5 (0,8)	11,1* (0,0)	3,9 (0,6)	5,9* (0,3)	2,4 (0,4)	101,6* c (7,3)	3,2 e (1,2)
Média	6,3	4,8	50,4	37,4	17,5	6,1	9,2	6,8	1.090,9	22,6
C.V.(%)	0,8		17,4		13,2		6,2		13,2	

*Diferença significativa ($p < 0.05$) na mesma camada. Letras iguais não diferem significativamente na coluna. MO = matéria orgânica. Valores entre parênteses correspondem ao desvio padrão. C.V. = coeficiente de variação.

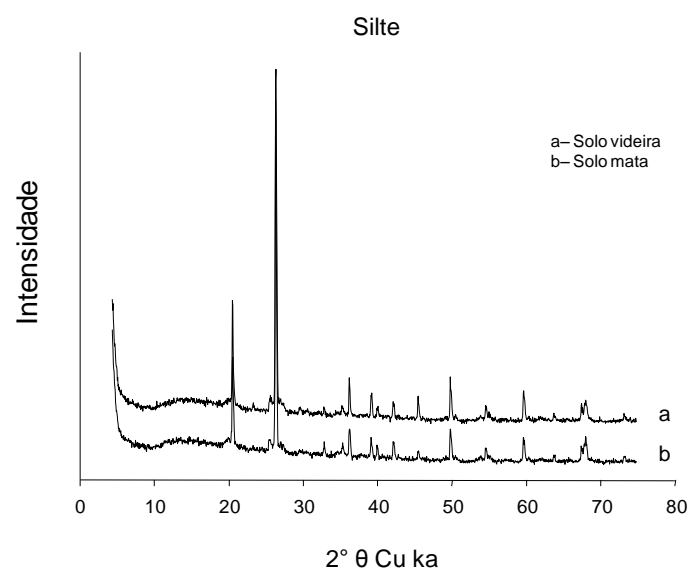


Figura 1 – Difratoogramas de raios X (DRX) obtidos da fração silte (2-53 μ m) de um Neossolo Regolítico sob cultivo centenário de videira e sob mata nativa.