



A calagem reduz a toxidez de cobre em videiras jovens cultivadas em solo com textura arenosa e baixo teor de matéria orgânica?

Alex Basso¹, Jucinei José Comin², Gustavo Brunetto³, Daniel Rosa⁴, Vitor Gabriel Ambrosini⁵,

¹Universidade Federal de Santa Catarina (alex.basso@posgrad.ufsc.br)

²Universidade Federal de Santa Catarina (j.comin@ufsc.br)

³Universidade Federal de Santa Maria (brunetto.gustavo@gmail.com)

⁴Universidade Federal de Santa Catarina (danielrosa.agro@gmail.com)

⁵Universidade Federal do Rio Grande do Sul (vgambrosin@gmail.com)

Resumo

A calagem pode diminuir a disponibilidade de cobre (Cu) em solos, evitando a sua toxidez as videiras. O objetivo foi avaliar o efeito da calagem na redução da toxidez de Cu em videiras jovens cultivadas em solo com alto do elemento. Amostras de um Argissolo Vermelho foram coletadas na camada de 0-20 cm, secas ao ar e submetidas à adição de doses de Cu (0 e 50 mg kg⁻¹) e calcário (0, 1,5 e 3,0 Mg ha⁻¹), totalizando seis tratamentos. O delineamento experimental utilizado foi fatorial (2 x 3), em blocos ao acaso com cinco repetições. O solo foi acondicionado em rizobox e cultivado com videiras jovens durante 45 dias. Avaliou-se a produção de matéria seca da parte aérea e raízes, e o teor de Cu em folhas, caules e raízes. A calagem, especialmente, na dose de 1,5 Mg calcário ha⁻¹, reduziu a toxidez de Cu em videiras jovens.

Palavras-chave: metal pesado, amenizante, *Vitis* sp.

Área Temática: Gestão Ambiental no Meio Rural

Liming can reduce copper toxicity in young vines grown in soil with a sandy texture and low organic matter level?

Liming can reduce the availability of copper (Cu) in soil, attenuating the metal toxicity effects. This study aimed to assess the effect of liming as an ameliorator of copper (Cu) toxicity in young grapevine grown in soil with a sandy texture. The experimental design consisted of randomized blocks, with six replicates in a 2 x 3 factorial arrangement, applying two Cu concentrations (0 and 50 mg kg⁻¹) and three lime doses (0.0, 1.5 and 3.0 Mg ha⁻¹) to the soil, totaling six treatments. The soil was placed in rizobox and young vines cultivate for 70 days. We evaluated the dry matter production of shoots and roots, and the Cu content in leaves, stems and roots. Increasing lime doses ameliorated the toxic effects of Cu.

Keywords: heavy metal, ameliorating, *Vitis* sp.

Theme Area: Environmental Management in Rural Areas



1 Introdução

A aplicação de fungicidas cúpricos para o controle preventivo de doenças foliares em vinhedos causa o incremento do teor de Cu em solos, aumentando a quantidade complexada na matéria orgânica do solo, e adsorvida em óxidos e em argilominerais (MICHAUD et al., 2007; CASALI et al., 2008; FILIPE et al., 2013). Mas, também, as formas mais lábeis, potencializando a toxidez às plantas, como videiras jovens transplantadas em solos de vinhedos antigos erradicados, com alto teor de Cu (BRUNETTO et al., 2014). A calagem pode ser uma estratégia usada para amenizar a toxidez Cu às plantas (ZHANG et al., 2014). Porém, não é suficientemente conhecido quais as melhores doses e, por consequência, valores de pH mais adequados em solos arenosos para reduzir a disponibilidade de Cu. O trabalho objetivou avaliar o efeito da calagem na redução da toxidez de Cu em videiras jovens cultivadas em solo com textura arenosa e alto teor de Cu.

2 Material e métodos

Para a realização do trabalho foi coletado solo na camada de 0-20 cm em uma área de campo nativo adjacente a áreas de vinhedos no município de Santana do Livramento, região da Campanha Gaúcha, no estado do Rio Grande do Sul (RS). O solo foi classificado como Argissolo Vermelho (EMBRAPA, 2013). Após a coleta, o solo foi seco ao ar, passado em peneira com malha de 2 mm e homogeneizado.

O solo foi submetido às análises de caracterização química e granulométrica, apresentando as seguintes características: argila 30 g kg⁻¹; silte 61 g kg⁻¹; areia 909 g kg⁻¹ (EMBRAPA, 2009); carbono orgânico total (COT) 5,1 g kg⁻¹; pH em água 4,5; P disponível 4,8 mg kg⁻¹ e K trocável 30,7 mg kg⁻¹ (extraídos por Mehlich 1); Al, Ca e Mg trocáveis 3,1; 2,0 e 1,8 cmol_c kg⁻¹, respectivamente (extraídos por KCl 1 mol L⁻¹); e Cu 2,4 mg kg⁻¹ (extrator EDTA 0,01 mol L⁻¹) (CHAIGNON et al., 2009).

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com cinco repetições em arranjo fatorial 2 x 3, sendo duas doses de Cu (0 e 50 mg kg⁻¹) e três doses de calagem (0, 1,5 e 3,0 Mg ha⁻¹), totalizando seis tratamentos: sem adição de Cu e sem calagem; sem adição de Cu e com 1,5 Mg ha⁻¹ de calagem; sem adição de Cu e com 3,0 Mg ha⁻¹ de calagem; com adição de 50 mg kg⁻¹ de Cu e sem calagem; com adição de 50 mg kg⁻¹ de Cu e com 1,5 Mg ha⁻¹ de calagem; e com adição de 50 mg kg⁻¹ de Cu e com 3,0 Mg ha⁻¹ de calagem.

As doses de calagem utilizadas nos tratamentos foram definidas em um ensaio de titulação do solo com aplicação de CaCO₃ e MgCO₃. Para isto, foram utilizados 12 kg de solo, que foram divididos em 24 embalagens de polietileno contendo 0,5 kg de solo cada. O solo foi misturado e homogeneizado após a aplicação dos tratamentos correspondentes, a saber: 75%, 100%, 125%, 150%, 175% e 200% do valor previamente estabelecido de 1,538 g da mistura de 100 g de MgCO₃ + 143,98 g de CaCO₃ kg de solo⁻¹, ambos da marca Synth (reagentes PA), com proporção para manter a relação Ca:Mg de 2:1 (PRNT 100%). As quantidades referentes a cada tratamento foram dissolvidas em 46 mL de água (volume de poros ocupados por água) e, em seguida, foram aplicadas em cada embalagem de polietileno contendo o solo.

Cada embalagem foi fechada com atilhos de metal para evitar a contaminação e foi colocada uma mangueira plástica com diâmetro interno de 10 mm, na extremidade superior para passagem de gases. A cada dois dias foi feita a homogeneização do solo e a correção da umidade mediante manutenção do peso da embalagem de polietileno contendo o solo, a fim de se manter o solo a 70% do volume total de poros ocupados com água. O solo foi incubado durante 30 dias e, posteriormente, foi realizada diariamente a análise dos valores de pH em água de cada amostra, na proporção de 1:1 (TEDESCO et al., 1995), até estabilização dos valores de pH. A definição dos níveis de Cu utilizados no experimento foi previamente estabelecida através de valores médios de Cu (extraído por EDTA 0,01 mol L⁻¹) e observado em vinhedos na região da Campanha Gaúcha (GIROTTI et al., 2014).



Após definidas as doses de calagem e de Cu a ser utilizado no experimento, o solo coletado foi dividido em três partes, que foram submetidas às doses de calagem equivalentes a 0,0 (zero), 1,5 e 3,0 Mg ha⁻¹ de uma mistura de CaCO₃ e MgCO₃, ambos da marca Synth (reagentes PA), com proporção para manter a relação Ca:Mg de 2:1. (PRNT 100%), a partir dos dados obtidos no ensaio de titulação descrito anteriormente. As quantidades de calagem foram aplicadas juntamente com o volume de água suficiente para ocupar 70% do volume total de poros. Em seguida, foi realizada a incubação do solo durante 30 dias. Após a estabilização dos valores de pH, cada uma das três partes de solo foi separada em duas partes iguais, sendo que uma parte recebeu a adição de 50 mg de Cu kg⁻¹ de solo, na forma de CuSO₄.5H₂O (reagente PA da marca Synth), afim de simular uma contaminação do solo por Cu, e a outra parte do solo não recebeu adição de Cu, apenas continha a concentração de 2,4 mg de Cu kg⁻¹ de solo, observada no momento da coleta do solo a campo. Posteriormente, o solo foi incubado novamente por mais 40 dias.

As unidades experimentais foram compostas por recipientes do tipo rizobox, com dimensões de 20 x 32 x 4 cm (largura x altura x espessura, respectivamente), construídos em madeira e com as faces internas revestidas com placas de acrílico cristal para evitar o contato do solo e das raízes das plantas com a madeira. O rizobox foi envolto com papel alumínio e polietileno de cor preta para evitar a incidência de luz sobre o solo, mantendo apenas a extremidade superior aberta. Os rizobox foram dispostos sobre bancada com inclinação aproximada de 60°, possibilitando o crescimento das raízes em direção à face inferior de acrílico e permitindo a sua visualização mediante a retirada do polietileno que envolvia o recipiente, além de facilitar a coleta e separação das raízes e do solo ao término do cultivo. Em cada unidade experimental foram adicionados 1,2 kg de solo.

As videiras jovens da cultivar Niágara Branca (*Vitis labrusca*) foram produzidas por micropropagação *in vitro* e aclimatizadas em substrato estéril. Após a aclimação, foram separadas mudas com altura de 5±1 cm e com 4±1 folhas formadas, sendo transplantada uma muda em cada rizobox, sendo cultivadas por um período de 70 dias em Fitotron.

O experimento foi conduzido em ambiente controlado (Fitotron) com temperatura de 25±3°C e fotoperíodo de 16 horas de luz dia⁻¹, com radiação fotossinteticamente ativa de 200 μmol de fótons m⁻² s⁻¹. Diariamente, através de pesagens, monitorou-se a umidade do solo dos tratamentos dos experimentos e, quando necessário, foi adicionado água para manter 70% do volume total de poros ocupados com água.

Ao final do experimento as videiras jovens foram coletadas e separadas em folhas e caule. As raízes foram separadas do solo, lavadas cuidadosamente com água destilada, secas em papel toalha e reservadas. Os órgãos foram secos em estufa com ar forçado a 65°C até massa constante e, posteriormente, os tecidos foram pesados em balança de precisão para a quantificação da matéria seca (MS). Em seguida, os órgãos foram moídos e reservados para as análises do teor total de Cu. O tecido foi digerido em forno mufla a 500-550°C por três horas, com posterior diluição em HNO₃ (1 mol L⁻¹). O Cu foi analisado por espectroscopia de absorção atômica. O acúmulo dos nutrientes nas folhas, caule e raízes foi calculado pela multiplicação do teor de cada nutriente pela matéria seca.

Os dados foram analisados com o esquema fatorial (2 x 3), sendo duas doses de Cu e três doses de calagem, em blocos ao acaso, com 5 repetições para cada tratamento. Os dados de produção de matéria seca, teor e acúmulo de Cu em folhas, caule e raízes foram submetidos a análise de variância ANOVA e, quando significativo, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey (p<0,05). As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa R Studio® versão 3.1.0.



3 Resultados

Nas folhas de videiras jovens, em geral, os fatores Cu e calagem mostraram-se semelhantemente responsivos, como demonstrado pela análise de variância. Em relação à interação (Cu x calagem), destaca-se o efeito significativo somente para as quantidades acumuladas de Cu (Tabela 1).

No caule de videiras jovens o fator calagem mostrou-se mais responsivo, apresentando significância para todas as variáveis testadas, em comparação ao fator Cu, conforme análise de variância apresentada na tabela 1. Em relação à interação (Cu x calagem), destaca-se o efeito significativo somente para os valores de matéria seca (Tabela 1).

Nas raízes de videiras jovens, em geral, o fator Cu mostrou-se mais responsivo, apresentando significância para todas as variáveis testadas, em comparação ao fator calagem (Tabela 1). Em relação à interação (Cu x calagem), destaca-se o efeito significativo para produção de matéria seca e quantidades acumuladas de Cu (Tabela 1).

Tabela 1. Análise de variância para os valores de produção de matéria seca e quantidade de Cu em raízes de videiras jovens (*Vitis labrusca*), cultivadas em solo com e sem adição de Cu e com doses de calcário.

Variável	Fontes de variação			CV (%)
	Cu (A)	Calagem (B)	A x B	
Matéria seca de folhas	19,64 **	2,61 ^{ns}	1,09 ^{ns}	16,22
Matéria seca de caules	10,84 **	0,72 ^{ns}	4,98 *	21,59
Matéria seca de raízes	29,84 **	1,02 ^{ns}	7,83 **	16,46
Cu acumulado em folhas	1,72 ^{ns}	7,30 **	2,17 **	20,47
Cu acumulado em caules	19,05 **	14,08 **	0,48 ^{ns}	15,10
Cu acumulado em raízes	203,79 **	8,22 **	20,04 **	16,72

CV = coeficientes de variação; ns = não significativo; * e ** Significativo pelo teste F a 5 e a 1% de probabilidade, respectivamente.

Para o fator Cu, a produção de matéria seca das folhas de videiras jovens foi 21% maior no tratamento que não recebeu a adição de Cu, comparativamente ao tratamento que recebeu adição de 50 mg kg⁻¹ de Cu; enquanto para o fator calagem não foi observada variação significativa (Tabela 2). Isso aconteceu por causa da toxidez de Cu, que promove a redução da quantidade de nutrientes absorvidos e, conseqüentemente, também reduz o crescimento e produção de matéria seca de folhas (CAMBROLLÉ et al., 2014; GIROTTO et al., 2014).

A adição de diferentes níveis de Cu não alterou significativamente o teor do elemento em folhas das videiras jovens (Tabela 2). Para o fator calagem, os tratamentos com adição de 1,5 Mg ha⁻¹ de calagem apresentaram os menores teores de Cu, sendo 30 e 38% menor que nos tratamentos sem adição e com adição de 3,0 Mg ha⁻¹, respectivamente (Tabela 2).

A quantidade de Cu acumulada nas folhas de videiras jovens não apresentou variação significativa para os níveis de Cu (Tabela 2). Nos tratamentos em que foi adicionado 1,5 Mg ha⁻¹ de calagem, verificou-se as menores quantidades de Cu acumulado, enquanto as maiores quantidades foram observadas nas folhas de videiras jovens cultivadas em solo com adição de 3,0 Mg ha⁻¹ de calagem, independentemente do nível de Cu (Tabela 2). O aumento da absorção pode estar relacionado à maior produção de matéria seca das plantas no tratamento que recebeu calagem, o que possibilitou um melhor crescimento.

A produção de matéria seca do caule de videiras jovens, quando cultivada com adição de 50 mg kg⁻¹ de Cu, reduziu 26%, comparativamente aos tratamentos que não receberam adição de Cu. O fator calagem apresentou variação significativa nos tratamentos que receberam a adição de Cu, apresentando o menor valor de matéria seca de caule no tratamento sem adição



de calagem (Tabela 2). O incremento de produção de matéria seca no tratamento que recebeu adição de Cu e maiores níveis de calagem está relacionado a adição de Ca e Mg, o que possibilita a redução do transporte de Cu das raízes para a parte aérea e, conseqüentemente, reduz a toxidez por Cu (JUANG et al., 2014).

A quantidade de Cu acumulada no caule de videiras jovens foi 22% menor no tratamento que recebeu a adição de 50 mg kg⁻¹ de Cu. Esta redução na quantidade de Cu está relacionada à menor produção de matéria seca de caule nos tratamentos que receberam adição de Cu e que não receberam calagem devido ao efeito tóxico que limitou o crescimento da parte aérea de videiras jovens (CAMBROLLÉ et al., 2013). Nos tratamentos em que foi adicionado 1,5 e 3,0 Mg ha⁻¹ de calagem, verificaram-se as maiores quantidades de Cu acumuladas (Tabela 2).

A produção de matéria seca de raízes de videiras jovens no tratamento com adição de 50 mg kg⁻¹ de Cu foi 21% menor que no tratamento sem adição de Cu. No tratamento com aplicação de Cu e correção da acidez, não se verificou variação significativa na produção de matéria seca de raízes de videiras jovens. Por outro lado, no tratamento que recebeu adição de 50 mg Cu kg⁻¹, os maiores valores de matéria seca de raízes ocorreram nos tratamentos com adição de 1,5 e 3,0 Mg ha⁻¹ de calagem (Tabela 2). Estes resultados, possivelmente, foram ocasionados pela redução da fitotoxidez do Cu que possibilitou uma maior absorção de nutrientes e água pela planta (CHAIGNON et al., 2009).

A quantidade de Cu acumulada nas raízes de videiras jovens foi 257% maior no tratamento que recebeu a adição de 50 mg kg⁻¹ de Cu (Tabela 2). O maior acúmulo de Cu foi observado no tratamento com aplicação de a adição de 50 mg kg⁻¹ de Cu e 3,0 Mg ha⁻¹ de calagem (Tabela 2), possivelmente relacionado a maior produção de massa seca destas plantas.

Tabela 2. Massa seca e quantidade de Cu, em folhas, caules e raízes de videiras jovens (*Vitis labrusca*), cultivadas em solo com e sem adição de Cu e com doses de calcário.

Cu (mg kg ⁻¹)	Calagem (Mg ha ⁻¹)			Média
	0,0	1,5	3,0	
----- Matéria seca de folhas (g) -----				
0	1,48	1,71	1,58	1,59 A
50	1,11	1,25	1,38	1,25 B
Média	1,29	1,48	1,48	
----- Matéria seca de caules (g) -----				
0	0,66 aA	0,64 aA	0,57 aA	0,62 A
50	0,37 bB	0,44 aAB	0,57 aA	0,46 B
Média	0,52	0,54	0,57	
----- Matéria seca de raízes (g) -----				
0	2,66 aA ⁽¹⁾	2,17 aA	2,17 aA	2,34 A
50	1,55 bB	2,20 aA	1,76 abA	1,84 B
Média	2,11	2,18	1,97	
----- Cu em folhas (mg planta ⁻¹) -----				
0	20.60	19.56	23.53	21.23
50	17.21	12.60	26.29	18.70
Média	18.91 ab	16.08 b	24.91 a	
----- Cu em caules (mg planta ⁻¹) -----				
0	9.85	12.48	13.84	12.06 A
50	6.23	10.12	12.01	9.45 B
Média	8.04 b	11.30 a	12.93 a	
----- Cu em raízes (mg planta ⁻¹) -----				
0	127.51 aA	82.35 aB	72.76 aB	94.21 B
50	248.60 bB	305.93 bA	455.09 aA	336.54 A
Média	188.06 b	194.14 b	263.92 a	

(1) Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na coluna e pelas mesmas letras minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

4 Conclusão

A calagem, especialmente, na dose de 1,5 Mg calcário ha⁻¹, reduziu a toxidez de Cu em videiras jovens.

Referências

CAMBROLLÉ, J. et al. Evaluating wild grapevine tolerance to copper toxicity. **Chemosphere**, v. 120C, p. 171–178, 2014.

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 Ciencia do Solo**, v. 32, n. 4, p. 1479–1487, 2008.

CHAIGNON, V.; QUESNOIT, M.; HINSINGER, P. Copper availability and bioavailability are controlled by rhizosphere pH in rape grown in an acidic Cu-contaminated soil. **Environmental pollution**, v. 157, n. 12, p. 3363–9, 2009.



EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Rio de Janeiro: Enbrapa Solos, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2009

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2013.

FILIPE, O. M. S. et al. Influence of soil copper content on the kinetics of thiram adsorption and on thiram leachability from soils. **Chemosphere**, v. 90, n. 2, p. 432–40, 2013.

GIROTTI, E. et al. Copper availability assessment of Cu-contaminated vineyard soils using black oat cultivation and chemical extractants. **Environmental monitoring and assessment**, v. 186, n. 12, p. 9051–63, 2014.

JUANG, K. W. et al. Influence of magnesium on copper phytotoxicity to and accumulation and translocation in grapevines. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 104, p. 36–42, 2014.

MICHAUD, A. M. et al. Copper uptake and phytotoxicity as assessed in situ for durum wheat (*Triticum turgidum durum* L.) cultivated in Cu-contaminated, former vineyard soils. **Plant and Soil**, v. 298, n. 1-2, p. 99–111, 2007.

TEDESCO, M. J., GIANELLO, C. BISSANI, C. A. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. 2 ed. Porto Alegre: Departamento de Solos, UFRGS, 1995. 174 p.

ZHANG, Y.; HU, C.; LUO, W. Effects of pH Manipulation, Biological Reduction, and Plant Growth on Cu²⁺ and Zn²⁺ Removal from Mine Drainage Using Iron-Oxide-Enriched Red Earth Soils. **CLEAN - Soil, Air, Water**, v. 42, n. 9, p. 1272–1279, 2014.