



Molibdênio em Cana-de-Açúcar: Aplicação Foliar vs Aplicação Via Solo, Qual a Melhor Alternativa?⁽¹⁾.

Estêvão Vicari Mellis⁽²⁾; José Antonio Quaggio⁽³⁾; Luiz Antonio Junqueira⁽⁴⁾; Márcio Koiti Chiba⁽⁵⁾; Renan de Campos Vieira⁽⁶⁾;

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da FAPESP – projeto 2011/07459-3

⁽²⁾ Pesquisador Científico; Instituto Agronômico de Campinas; Campinas. São Paulo; evmellis@iac.sp.gov.br; ^(3,4,5) Pesquisador Científico; Instituto Agronômico de Campinas; ⁽⁶⁾ Mestrando; Curso de Pós-Graduação em Agricultura Tropical e Subtropical do Instituto Agronômico de Campinas.

RESUMO: Apesar da importância reconhecida, as informações sobre Mo na cana-de-açúcar são escassas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de doses e formas de aplicação de Mo na produção e qualidade industrial (ATR) da cana-de-açúcar. Para isso, foram instalados dois experimentos nos municípios de Assis-SP e Serra Azul-SP. O experimento foi conduzido em esquema fatorial 2 x 4 + 1 com 4 repetições. As parcelas foram constituídas por 5 linhas espaçadas em 1,5m por 10 m de comprimento. Os tratamentos empregados foram os seguintes: 0, 0,3, 0,6 1,2 e 2,4 kg ha⁻¹ de Mo, aplicados por duas formas: via solo e via foliar. A variedade de cana-de-açúcar utilizada foi a RB 867515 e a fonte de Mo foi o molibdato de sódio. Foram avaliadas as produções de colmos (TCH) e o total de açúcar recuperável (ATR) acumulado nas três primeiras safras de cana-de-açúcar. Os dados foram submetidos à análise de variância. As médias foram comparadas por meio do teste de Tukey ao nível de significância de 5% (P<0,05). Além disso, foi efetuada a análise econômica das doses e formas de aplicação para cada local. Observaram-se resultados significativos apenas para TCH. A produtividade da cana-de-açúcar aumentou com a aplicação de Mo, independente de local e forma de aplicação. Não houve efeito na qualidade industrial de cana-de-açúcar (ATR). A aplicação de Mo via solo no sulco de plantio foi mais eficiente que a aplicação via foliar. A aplicação via foliar não deve exceder a dose de 0,6 kg ha⁻¹ de Mo, enquanto que na aplicação via solo no sulco de plantio, não deve exceder a 1,2 kg ha⁻¹ de Mo.

Termos de indexação: micronutrientes; bioenergia; nutrição de plantas.

INTRODUÇÃO

A maior parte dos solos agrícolas do mundo apresentam teores totais relativamente baixos de molibdênio (Mo), em torno de 2,0 mg kg⁻¹, dos quais 0,2 mg kg⁻¹ de Mo estaria disponível (Mengel & Kirkby, 1987). Segundo Taiz & Zeiger, (2004), a disponibilidade desse íon é ainda mais baixa em

solos ácidos com pH inferior a 5,0. Em solos brasileiros, o teor total de Mo varia entre 0,5 e 5 mg kg⁻¹ e o disponível varia de 0,1 a 0,25 mg kg⁻¹ (Tiritan et al, 2007). Embora presente em pequenas quantidades no solo, este micronutriente é essencial à cana-de-açúcar, pois age diretamente sobre as enzimas redutase do nitrato e nitrogenase, podendo colaborar para a fixação biológica no solo e assimilação de nitrogênio pela cana-de-açúcar e consequentemente colaborar para o melhor desenvolvimento e produtividade da cultura (Mellis et al., 2008). Apesar da importância reconhecida, as informações sobre esse micronutriente na cana-de-açúcar são escassas, portanto pouco se conhece sobre a necessidade da cultura e fatores como extração, exportação, diagnose foliar e nível crítico de Mo no solo (Oliveira, 2012). Atualmente a Embrapa recomenda para a cana-de-açúcar a aplicação foliar de 0,1 kg ha⁻¹ de Mo (Embrapa, 2007). Porém, alguns trabalhos obtiveram aumentos significativos na produtividade com diferentes doses e formas de aplicação de Mo. Alvarez et al. (1979), aplicando 0,2 kg ha⁻¹ de Mo no sulco de plantio, obtiveram aumento de 21% na produtividade da cana-planta. Azeredo & Bolsanello (1981) obtiveram ganhos de 10 % na produção de colmos de cana-de-açúcar com a aplicação foliar de 0,1 g L⁻¹ de Mo. Mellis et al. (2009) avaliando a aplicação de Mo no sulco de plantio em oito localidades do estado de São Paulo obtiveram acréscimo de produção de 12 t ha⁻¹ com a aplicação de 2 kg ha⁻¹ do micronutriente no sulco de plantio. Em outro trabalho, Mellis et al. (2012), avaliaram o efeito da aplicação de 5 kg ha⁻¹ de Zn + 0,1 kg ha⁻¹ de Mo, e 8 kg ha⁻¹ de Zn + 0,25 kg ha⁻¹ de Mo em cana-de-açúcar e obtiveram aumentos de produtividade de 11 e 18 t ha⁻¹ respectivamente em relação ao tratamento controle que não recebeu a aplicação dos micronutrientes. Esses resultados indicam que a dose recomendada atualmente possa estar subestimada.

Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de doses e formas de aplicação de Mo na produção e qualidade industrial da cana-de-açúcar.

MATERIAL E MÉTODOS



O experimento foi realizado em dois locais pertencentes às empresas Agroterenas e Usina da Pedra, nos municípios de Assis-SP e Serra Azul-SP, respectivamente. Antes da instalação do experimento, amostras de terra foram coletadas em ambos os locais nas profundidades de 0-20 cm, devidamente preparadas e enviadas para análise química para fins de fertilidade, efetuadas segundo procedimentos descritos por Raij et al.,(2001). Além disso, foram determinados os teores totais de Cu, Mn e Zn pelo método SW 846-3051 (EPA, 1994) em amostras coletadas na profundidade de 0-20 cm. Os teores totais do solo de Serra Azul, os teores foram: $< 0,6 \text{ mg kg}^{-1}$ de Cu, $43,6 \text{ mg kg}^{-1}$ de Mn, $< 0,9 \text{ mg kg}^{-1}$ de Mo e $< 3,3 \text{ mg kg}^{-1}$ de Zn. Em Assis, os teores totais foram: $< 0,6 \text{ mg kg}^{-1}$ de Cu, $39,9 \text{ mg kg}^{-1}$ de Mn, $< 0,9 \text{ mg kg}^{-1}$ de Mo e $< 3,3 \text{ mg kg}^{-1}$ de Zn. Os solos apresentavam baixa fertilidade natural (Tabela 1). O experimento foi instalado no campo em março de 2011, e conduzido em esquema fatorial 2×5 (duas formas de aplicação e cinco doses de Mo) com a variedade de cana-de-açúcar RB 867515. As parcelas foram constituídas por 5 linhas com 10 m de comprimento e espaçadas em 1,5 m. Os tratamentos empregados foram os seguintes: controle (sem aplicação de Mo), 0, 0,3, 0,6 1,2 e 2,4 kg ha^{-1} de Mo, aplicados via solo (aplicado junto com tratamento fitossanitário, no volume de calda de 150 L ha^{-1} na cobertura dos toletes) ou via foliar (aplicado aos 4 meses após a brotação de cada safra, no volume de calda de 250 L ha^{-1} com o auxílio de um pulverizador costal com cilindro de CO_2). Cada tratamento foi composto por cinco repetições. Como fonte de molibdênio foi utilizado o molibdato de sódio. Além da adubação com Mo, foram realizadas todas as adubações para fornecer os macronutrientes necessários para o desenvolvimento da cultura, bem como todos os tratamentos culturais requeridos. Foram avaliadas as produções de colmos (TCH) e o total de açúcar recuperável (ATR) na cana planta, primeira e segunda soqueira. Para estimar o efeito das doses e formas de aplicação de Mo na produtividade da cana-de-açúcar pesou-se a cana produzida nas três linhas centrais de cada parcela através do auxílio de um dinamômetro acoplado numa carregadeira de cana. Para as análises de parâmetros industriais do caldo, foram coletados dez colmos dentro da área útil de cada parcela, despalhados, despontados e levados para o laboratório, onde se seguiu os métodos descritos por Tanimoto (1964). Com os resultados obtidos foram calculados a produção de colmos por hectare (TCH), a quantidade de açúcar total recuperável (ATR), acumulada nas três safras.

Para se determinar qual a dose e forma de aplicação mais eficiente foi realizado a análise econômica das doses e formas de aplicação para

cada local.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação à qualidade industrial (ATR), a aplicação de Mo não proporcionou ganhos consideráveis para a cana-de-açúcar nos locais estudados. Ao avaliar a interação de adubação nitrogenada e molibídica, Oliveira (2012) observou que a aplicação de N e/ou Mo não causou efeitos deletérios nem positivos nos parâmetros tecnológicos da cana planta. Mellis et. al. (2009) também não verificaram efeito significativo no ATR com a aplicação de Mo. Esses resultados corroboram o observado nesse estudo. Embora não tenha proporcionado melhoria na qualidade industrial dos colmos, a aplicação de Mo aumentou significativamente a produção de colmos da cana-de-açúcar acumulada nas três safras estudadas, independente da forma de aplicação em ambos os locais estudados. De maneira geral o maior incremento médio do TCH acumulado foi obtido com a aplicação da dose de $0,6 \text{ kg ha}^{-1}$ de Mo, independente da forma de aplicação. No entanto, a aplicação de Mo no sulco de plantio mostrou-se mais eficiente que a aplicação via foliar. Observando as tabelas 2 e 3, verifica-se que tanto em Assis, quanto em Serra Azul, a aplicação de Mo via solo foi a que proporcionou o maior ganho em TCH acumulado durante o ciclo do estudo (3 safras) em relação a dose 0. Em Assis os maiores incrementos acumulados se deram com a aplicação das maiores doses, $1,2$ e $2,4 \text{ kg ha}^{-1}$ de Mo via solo, 27 e 22 t ha^{-1} de colmos a mais que o tratamento controle (sem Mo) respectivamente, enquanto que em Serra Azul, os maiores incrementos se deram nas doses menores, $0,3$ e $0,6 \text{ kg ha}^{-1}$, 21 e 22 t ha^{-1} de colmos a mais que o tratamento controle (sem Mo), respectivamente. Através da avaliação econômica pôde-se determinar a dose máxima econômica para as duas formas de aplicação em cada local estudado. Em relação à aplicação foliar a dose máxima econômica observada no experimento em Assis foi de $0,3 \text{ kg ha}^{-1}$ de Mo, que promoveu um lucro de R\$ 634,80 por hectare, enquanto que em Serra Azul a dose máxima econômica observada para a aplicação via foliar foi de $0,6 \text{ kg ha}^{-1}$ de Mo, porém a lucratividade nesse local foi de R\$ 196,90. Azeredo & Bolsanello (1981) obtiveram ganhos de 10 % na produção de colmos de cana-de-açúcar com a aplicação foliar de $0,1 \text{ g L}^{-1}$ de Mo, o que corrobora com os resultados obtidos nesse estudo. Em relação à aplicação via solo, também foi observado diferenças na dose máxima econômica entre os locais estudados. No experimento conduzido em Assis, a dose máxima econômica foi de $1,2 \text{ kg ha}^{-1}$ de Mo, enquanto que em Serra Azul foi de $0,6$



kg ha⁻¹ de Mo, que promoveram uma lucratividade por hectare em relação a dose 0 de R\$ R\$ 1196,40 e R\$ 1023,60 respectivamente. Embora o efeito do Mo no sulco de plantio tenha apresentado intensidades diferentes conforme o local, em ambas as aplicações da maior dose diminuíram a intensidade do ganho em TCH. Alvarez et al. (1979), aplicando 0,2 kg ha⁻¹ de Mo no sulco de plantio, obtiveram aumento de 21% na produtividade da cana-planta. Resultados semelhantes também foram obtidos por Mellis et. al. (2009) que aplicando 2 kg ha⁻¹ de Mo no sulco de plantio em 11 locais observaram ganhos médios de produtividade na ordem de 12 t ha⁻¹ na cana-planta. Em outro trabalho, Mellis et al. (2012), avaliaram o efeito da aplicação de 5 kg ha⁻¹ de Zn + 0,1 kg ha⁻¹ de Mo, e 8 kg ha⁻¹ de Zn + 0,25 kg ha⁻¹ de Mo em cana-de-açúcar e obtiveram aumentos de produtividade de 11 e 18 t ha⁻¹ respectivamente em relação ao tratamento controle que não recebeu a aplicação dos micronutrientes. Esses resultados indicam que a dose recomendada de Mo para a cultura da cana-de-açúcar atualmente está abaixo da dose ideal. Portanto faz-se necessário cada vez mais a realização de trabalhos como esse, para que se possa estabelecer critérios mais sustentáveis para a prescrição de adubação com Mo na cana-de-açúcar.

CONCLUSÕES

A adubação com Mo aumenta a produção de colmos de cana-de-açúcar.

A aplicação de Mo via solo no sulco de plantio é mais eficiente do que aplicações anuais via foliar.

A aplicação via foliar não deve exceder a dose de 0,6 kg ha⁻¹ de Mo.

A aplicação via solo não deve exceder a dose de 1,2 kg ha⁻¹ de Mo.

AGRADECIMENTOS

Às empresas Agroterenas e Usina da Pedra, pelo apoio na realização do experimento. Fapesp pelo apoio financeiro no Projeto 2011/07459-3.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, R., WUTKE, A. C. P. Adubação de cana-de-açúcar. IX. Experimentos preliminares com micronutrientes. *Bragantia*, 22: 647-650. 1963.

AZEREDO, D. F.; BOLSANELLO, J. Efeito de micronutrientes na produção e qualidade da cana-de-açúcar no Rio de Janeiro, Espírito Santo e Minas Gerais (Zona da Mata): estudo preliminar. *Brasil Açucareiro*, Rio de Janeiro, v. 93, n. 9, p. 9-17, 1981.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Avaliação da safra agrícola de cana-de-açúcar: Conab, 2010. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_12_08_11_00_54_08.pdf. Acesso em: 25 abr. 2013.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Recomendação de molibdênio para adubação da cana-de-açúcar. ed. Rio de Janeiro. 2007.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. Trace elements in soils and plants. 3. ed. Flórida: CRC Press, 2001. 315 p.

MELLIS, E. V.; QUAGGIO, J. A. e CANTARELLA, H. Micronutrientes. In: Dinardo-Miranda, L.L.; Vasconcellos, A. C. M. e Landell, M. G. de A. Cana-de-açúcar: Instituto Agronômico. Campinas. 331-336, 2008.

MELLIS, E. V.; SANTANA, T. H.; LUZ, A. M.; CAMPIDELLI, C. A.; SMIRMAUL, C. R.; TEIXEIRA, L. A. J.; QUAGGIO, J. A. Resposta da cana-de-açúcar à aplicação de molibdênio e zinco. In: FERTBIO 2012, Maceió-AL. Fertbio 2012 Anais... Maceió: CD-ROM, 2012.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. Principles of plant nutrition. Bern : International Potash Institute, 1987. 687p.

ORLANDO FILHO, J.; ROSSETO, R.; CASAGRANDE, A.; A. Cana-de-açúcar. In: Ferreira, M. E.; Cruz, M. C. P.; Raij, B. Van; Abreu, C. A. (Eds). Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura. CNPq/FAPESP/POTAFOS. Jaboticabal: 335-369, 2001.

OLIVEIRA, A. C. Interação da adubação nitrogenada e molibdica em cana-de-açúcar. 2012. 97 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2006.

PESSOA, A. C. S.; LUCHESE, E. B.; CAVALLET, L. E. & GRIS, E. P. Produtividade de soja em resposta à adubação foliar, tratamento de sementes com molibdênio e inoculação com *Bradirhizobium japonicum*. *Maringá - PR. Acta Scientiarum*, v. 21, 1999, p.531-535.

POLIDORO, JC (2001) O molibdênio na nutrição nitrogenada e na fixação biológica de nitrogênio atmosférico associada à cultura de cana-de-açúcar. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 209p. (Tese Doutorado).

RAIJ, B. VAN; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. (Eds). Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. 2001, Campinas.

TANIMOTO, T. The press method of cane analysis. *Hawaiian Planters Record*, v.51, p.133-150, 1964.

TIRITAN, C. S.; FOLONI, J. S. S.; SATO, A M; MENGARDA, C. A. SANTOS. D. H. Influência do Molibdênio Associado ao Cobalto na Cultura da Soja, Aplicados em Diferentes Estágios Fenológicos. *Colloquium Agrariae*, v. 3, n.1, Jun. 2007, p. 1-07.



Tabela 1- Atributos químicos dos solos coletados antes da instalação do experimento.

Profundidade	M.O. g dm ³	pH	P mg dm ³	K	Ca	Mg	H+Al	S.B.	C.T.C.	V% %	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Assis																
0-20	13	4,6	6	0,8	11	4	20	16	36	44	10	0,2	0,4	37	11	0,4
Serra Azul																
0-20	21	5,4	11	0,5	23	4	20	27	47,1	57	57	0,2	0,5	21	1,3	0,3

Métodos de extração: P, K, Ca, Mg por resina; B em água quente; Cu, Fe, Mn e Zn por DTPA; pH CaCl₂

Tabela 2 – Produção, qualidade e análise econômica da aplicação das doses de Mo em três safras na cultura da cana de açúcar em Assis.

Dose	ATR Kg ha ⁻¹	TCH t ha ⁻¹	Δ TCH	Custo aplicação	Renda Bruta	Lucro Bruto	Lucro Líquido
Mo Aplicado Via Foliar							
0	452,7	329	0	-	16450,0	16450,0	-
0,3	441,5	344	15	115,2	17200,0	17084,8	634,8
0,6	457,7	341	12	230,4	17050,0	16819,6	369,6
1,2	449,2	347	18	460,8	17350,0	16889,2	439,2
2,4	448,5	346	17	921,6	17300,0	16378,4	-71,6
Mo Aplicado Via Solo							
0	450,5	329	0	-	16450,0	16450,0	-
0,3	450,7	324	-5	38,4	16200,0	16161,6	-288,4
0,6	452,0	343	14	76,8	17150,0	17073,2	623,2
1,2	448,2	356	27	153,6	17800,0	17646,4	1196,4
2,4	446,0	351	22	307,2	16200,0	16161,6	792,8

Valor tonelada de colmo: R\$50,00 (http://www.udop.com.br/cana/tabela_consecana_saopaulo.pdf) 06 de abril de 2015. Custo dos tratamentos: preço do kg de Mo R\$ 128,2. Δ TCH: TCH dose x – TCH dose 0; Custo aplicação: preço do kg de Mo x dose aplicada; Renda Bruta: TCH x preço da tonelada de colmo; Lucro Bruto: Renda Bruta – Custo de Aplicação; Lucro Líquido: Lucro Bruto da dose X – Lucro com a dose 0. ATR: açúcar total recuperável. Médias seguidas de letras minúsculas diferentes entre si diferem estatisticamente pelo teste de tukey à 5%.

Tabela 3- Produção, qualidade e análise econômica da aplicação das doses de Mo em três safras na cultura da cana de açúcar em Serra Azul.

Dose	ATR kg ha ⁻¹	TCH t ha ⁻¹	Δ TCH	Custo aplicação	Renda Bruta	Lucro Bruto	Lucro Líquido
Mo Aplicado Via Foliar							
0	436,3	337	0	-	16850,0	16850,0	-
0,3	437,6	339	2	115,2	17200,0	17084,8	-15,2
0,6	435,6	345	8	230,4	17050,0	16819,6	169,6
1,2	434,0	343	6	460,8	17350,0	16889,2	-160,8
2,4	447,3	336	-1	921,6	17300,0	16378,4	-971,6
Mo Aplicado Via Solo							
0	436,3	337	0	-	16850,0	16450,0	-
0,3	445,3	358	21	38,4	17900,0	17861,6	1011,6
0,6	445,6	359	22	76,8	17950,0	17873,2	1023,2
1,2	429,0	331	-6	153,6	16550,0	16396,4	-453,6
2,4	435,3	340	3	307,2	17000,0	16692,8	-157,2

Valor tonelada de colmo: R\$50,00 (http://www.udop.com.br/cana/tabela_consecana_saopaulo.pdf) 06 de abril de 2015. Custo dos tratamentos: preço do kg de Mo R\$ 128,2. Δ TCH: TCH dose x – TCH dose 0; Custo aplicação: preço do kg de Mo x dose aplicada; Renda Bruta: TCH x preço da tonelada de colmo; Lucro Bruto: Renda Bruta – Custo de Aplicação; Lucro Líquido: Lucro Bruto da dose X – Lucro com a dose 0. ATR: açúcar total recuperável. Médias seguidas de letras minúsculas diferentes entre si diferem estatisticamente pelo teste de tukey à 5%.