

Doses e Formas de Aplicação de Molibdênio em Cana-de-Açúcar ⁽¹⁾.

Renan de Campos Vieira⁽²⁾; Estêvão Vicari Mellis⁽³⁾; José Antonio Quaggio⁽⁴⁾; Luiz Antonio Junqueira Teixeira⁽⁵⁾; Márcio Koiti Chiba⁽⁶⁾; Heitor Cantarella⁽⁷⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da FAPESP. ⁽²⁾ Aluno no curso de Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical; Instituto Agronômico de Campinas; Campinas, São Paulo; renan.guarei@hotmail.com; Pesquisador Científico; Instituto Agronômico; ⁽³⁾ Pesquisador Científico; Instituto Agronômico; ⁽⁴⁾ Pesquisador Científico; Instituto Agronômico; ⁽⁵⁾ Pesquisador Científico; Instituto Agronômico ⁽⁶⁾; Pesquisador Científico; Instituto Agronômico. ⁽⁷⁾

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 $2 \times 4 + 1$ 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. Aos 18 meses após o plantio foram avaliadas as produções de colmos (TCH) e o total de açúcar recuperável (ATR) na cana planta. Os dados foram submetidos à análise de variância. As médias foram comparadas por meio do teste de Tukey ao nível de significância de 10% ($P < 0,1$). Além disso, foi efetuada a análise de regressão para doses e a interação com o local e a forma de aplicação de Mo. Observaram-se resultados significativos apenas para TCH. A produtividade da cana-de-açúcar aumenta de forma quadrática com a aplicação de Mo, independente de local e forma de aplicação. Não houve efeito na qualidade industrial de cana-de-açúcar (ATR). A dose de maior eficiência agrônômica para a aplicação de Mo na cana-de-açúcar foi de 1,6 kg ha⁻¹.

Termos de indexação: micronutriente, bioenergia, adubação.

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 conseqüentemente 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, 20-40 e 40-60 cm, devidamente preparadas e enviadas para análise química para fins de fertilidade, efetuadas segundo procedimentos descritos por Raij et al. (2001). Os solos apresentavam baixa fertilidade natural (Tabela 1).

A cultura foi instalada no campo em março de 2011. O experimento foi conduzido em esquema fatorial $2 \times 4 + 1$ (duas formas de aplicação, quatro doses de Mo + 1 tratamento controle) 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), 0,3, 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 o plantio, no volume de calda de 250 L ha⁻¹ com o auxílio de um pulverizador costal com cilindro de CO₂). Cada tratamento foi composto por quatro repetições.

Como fonte de molibdênio, foi utilizado o molibdato de sódio. A adubação de plantio da cana planta foi feita com a fórmula 05-30-20+3%S na dose de 500 kg ha⁻¹. Em meados de agosto e setembro foi feita uma adubação em cobertura com a fórmula 18-00-27 na dose de 150 kg ha⁻¹.

Aos 18 meses após o plantio, foram avaliadas as produções de colmos (TCH) e o total de açúcar recuperável (ATR) na cana planta. 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, despilhados, 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).

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) conforme o delineamento empregado. As médias foram comparadas por meio do teste F ao nível de significância de 5% ($P < 0,1$). Além disso, foi efetuada a análise de regressão para doses e a interação com o local e a forma de aplicação de Mo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se na Tabela 2 que houve efeito significativo de local para TCH e ATR. Comparando-se a produção de colmos dos dois locais estudados, observa-se que a média geral em Serra Azul-SP, foi significativamente superior a de Assis, independente da aplicação de Mo. Em relação ao ATR, a média geral em Assis-SP, foi significativamente superior à observada em Serra Azul-SP.

Quanto à aplicação de Mo, observou-se para TCH, efeito significativo apenas para dose, independente de local e forma de aplicação. O fornecimento de Mo aumentou a produção de colmos de forma quadrática (Figura 1). Através do modelo ajustado verifica-se que a dose de 1,6 kg ha⁻¹ de Mo aplicado tanto no sulco, quanto via foliar proporciona a produtividade máxima de 145,16 t ha⁻¹, 8,8 kg t⁻¹ de cana-de-açúcar a mais que no tratamento controle (sem adição de Mo), apresentando uma eficiência agrônômica de 5,5, ou seja, para cada kg de Mo aplicado, aumenta-se a produtividade de colmos em 5,5 toneladas. Resultados semelhantes 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. Segundo Polidoro (2001), o aumento na produção de cana-de-açúcar com a aplicação de Mo se deve ao melhor aproveitamento do N e a ligação entre fixação biológica desse nutriente na cana-de-açúcar promovida pela presença do Mo.

Em relação à qualidade industrial (ATR), a aplicação de Mo não proporcionou efeito significativo para a cana-de-açúcar nos locais estudados. Ao avaliar a interação de adubação nitrogenada e molíbdica, 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.

CONCLUSÕES

A aplicação de Mo aumenta a produtividade da cana-de-açúcar.

A adubação com Mo pode ser feita tanto via solo, como via foliar.

A dose de maior eficiência agrônômica para a aplicação de Mo na cultura da cana-de-açúcar é de 1,6 kg ha⁻¹.

A aplicação de molibdênio não influencia na qualidade industrial de cana-de-açúcar (ATR).

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 Agrônomo. 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 molibídica 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.

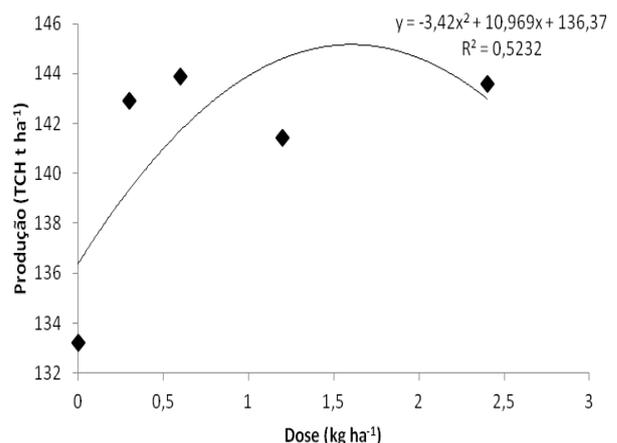


Figura 1 – Produção de cana-de-açúcar (t ha⁻¹ de colmos) em função da aplicação de doses de molibdênio.

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
20-40	11	4,3	5	0,7	8	3	22	12	34	34	22	0,2	0,4	32	6,1	0,1
40-60	10	4,0	2	0,5	2	1	31	4	34	10	-	0,2	0,3	22	1,9	0,2
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
20-40	19	5,0	7	0,7	17	3	20	21	40,6	50	24	0,2	0,5	25	0,7	0,2
40-60	18	5,0	5	0,7	13	2	20	16	36,4	44	11	0,2	0,5	22	0,6	0,1

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

Tabela 2 – Efeito de doses e formas de aplicação de molibdênio na produção de colmos (TCH) e na qualidade industrial (ATR) da cana-de-açúcar em dois solos do Estado de São Paulo.

Dose	Serra Azul		Assis		Serra Azul		Assis	
	TCH				ATR			
	t ha ⁻¹		t ha ⁻¹		Kg t ⁻¹		Kg t ⁻¹	
	Foliar	Solo	Foliar	Solo	Foliar	Solo	Foliar	Solo
0	141,0	141,0	125,0	125,0	156,5	156,4	160,2	160,2
0,3	154,0	155,0	136,0	126,0	156,3	156,3	156,4	156,0
0,6	155,0	151,0	135,0	133,0	153,6	152,9	164,0	157,5
1,2	150,0	150,0	132,0	133,0	153,8	156,6	163,2	160,1
2,4	150,0	157,0	132,0	134,0	152,1	154,0	159,4	165,4
Média Trat.	150,0	150,8	132,0	130,2	154,5	155,2	160,6	159,8
Média Local	150,6 A		131,4 B		154,8 B		159,4 A	
CV (%)	5,51				3,46			
Local	*				*			
Dose	*				ns			
Modo de Aplicação	ns				ns			
Interações	ns				ns			
Local x Dose	ns				ns			
Local x Modo de Aplicação	ns				ns			
Modo de Aplicação x Dose	ns				ns			
Local x Dose x Modo de Aplicação	ns				ns			

- Médias seguidas de letras maiúsculas diferentes nas colunas diferenciam-se significativamente entre si ao nível de 5% pelo teste F.