



Produção de Biomassa pela Cana-de-Açúcar Adubada com Molibdênio

Diego Moura de Andrade Oliveira¹; Renato Lemos dos Santos²; Fernando José Freire³; Emídio Cantídio Almeida de Oliveira⁴; João Augusto Luna Barros⁵; Patrícia da Costa Bezerra⁶

¹ Estudante do 5º Período do Curso Bacharelado em Agronomia do Instituto Federal de Pernambuco Campus Vitória de Santo Antão, Propriedade Terra Preta s/n, Zona Rural, Caixa Postal 31, CEP 55.600-000 Vitória de Santo Antão-PE, Fone (81) 3523-1130; E-mail: diegomouradeandradeoliveira@gmail.com; ² Professor Efetivo do Instituto Federal de Pernambuco Campus Vitória de Santo Antão; ^{3,4} Professores da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE); ^{5,6} Estudantes de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

RESUMO: Em cana-de-açúcar pesquisas realizadas indicaram respostas positivas na produtividade de colmos com a aplicação de Mo. Assim este trabalho teve por objetivo avaliar o efeito da adubação molíbdica nos teores de Mo na folha + 1 e nas raízes e no acúmulo de matéria seca da parte aérea em variedades de cana-de-açúcar, no ciclo de cana planta. Foram cultivadas duas variedades de cana-de-açúcar (RB867515 e RB92579) submetidas a duas doses de N (0 e 60 kg ha⁻¹) e duas doses de Mo (0 e 200 g ha⁻¹). Aos 70, 100, 130, 200 e 365 dias após o plantio (DAP) foram avaliados os teores de Mo na folha +1 e nas raízes e a produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) das plantas. A adubação nitrogenada elevou a MSPA das variedades de cana-de-açúcar, principalmente quando a RB92579 não foi fertilizada com Mo. As variedades de cana-de-açúcar RB867515 e RB92579 apresentaram respostas diferentes à aplicação de Mo na ausência da adubação nitrogenada, sendo que a RB92579 produziu mais na presença de Mo.

Termos de indexação: *Saccharum spp*, acúmulo de matéria seca, adubação molíbdica.

INTRODUÇÃO

O Brasil é um tradicional produtor de cana-de-açúcar, sendo responsável por 33% da produção mundial (Jadoski et al., 2010). Devido a importância para o País, centros de melhoramento vegetal selecionam anualmente genótipos de elevada produtividade e qualidade (Lima Neto et al., 2013). Desta forma, se observa a necessidade de se conhecer as suas demandas nutricionais.

O nitrogênio (N) é um dos nutrientes mais absorvidos pela cultura. Assim, alterações negativas na sua disponibilidade e na sua absorção levam a redução da produtividade (Oliveira et al., 2010).

A cana absorve o N do solo preferencialmente nas formas amoniacal (N-NH₄⁺) e nítrica (N-NO₃⁻), entretanto, em solos aerados a forma nítrica é predominante (Armas et al., 1992; Robison et al., 2011). Na assimilação do nitrato, outro nutriente tem

fundamental importância, o molibdênio (Mo). Isso, por ser ativador da redutase do nitrato, enzima que inicia a redução do nitrato na rota de sua assimilação.

O Mo é normalmente encontrado no solo em baixos teores, principalmente em solos mais ácidos (pH<5,0) com elevada presença de óxidos de Fe e Al, podendo nestas condições ocorrer deficiência de Mo (Brennan & Bolland, 2007; Fitri et al., 2008). A elevação de uma unidade no pH do solo, pode aumentar a disponibilidade de Mo em 100 vezes, sendo desta forma, a correção de solos ácidos uma prática agrícola favorável para aumentar a disponibilidade de Mo (Kaiser et al., 2005).

Assim, quando uma planta está deficiente em Mo, o metabolismo do N é alterado, principalmente quando a forma de N predominante no solo é a nítrica, havendo redução da assimilação de N, com conseqüente redução do crescimento e da produtividade (Kaiser et al., 2005). Recentemente, Oliveira (2012) avaliando o efeito da interação da adubação nitrogenada e molíbdica sobre a produtividade da cana-de-açúcar, observou incrementos positivos na produtividade de colmos. Segundo o autor a produção obtida com a aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N foi a mesma da combinação de 60 kg ha⁻¹ de N e 200 g ha⁻¹ de Mo.

Nesse sentido, no trabalho objetivou-se avaliar o efeito da adubação molíbdica nos teores de Mo na folha + 1 e nas raízes e no acúmulo de matéria seca da parte aérea em variedades de cana-de-açúcar, durante o ciclo de cana planta.

MATERIAL E MÉTODOS

Conduziu-se o experimento em campo na Estação Experimental de Cana-de-açúcar de Carpina, no município de Carpina – PE, com coordenadas geográficas 7°51'04" S e 35°14'27" W, em um ARGISSOLO VERMELHO AMARELO distrocoeso, de março de 2013 a março de 2014. O município tem altitude de 184 m, com clima predominante As' tropical chuvoso com verão seco, de acordo com o sistema Köppen e temperatura média anual de 24,2 °C (Beltão et al., 2005).



Foram utilizadas as variedades de cana-de-açúcar RB92579 e RB867515, por serem muito cultivadas no Nordeste e no Brasil, respectivamente (Chapola et al., 2012). O cultivo da cana foi submetido a duas doses de N (0 e 60 kg ha⁻¹) e a duas doses de Mo (0 e 200 g ha⁻¹), baseadas no estudo da interação da adubação nitrogenada e molíbdica em cana-de-açúcar desenvolvido por Oliveira (2012), compondo o arranjo fatorial de tratamentos (2 x 2 x 2). Foram utilizados como fonte de N a ureia e como fonte de Mo o molibdato de sódio. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, com quatro repetições, uma por bloco, totalizando 32 unidades experimentais. Cada parcela foi composta por sete sulcos de 10 m de comprimento, espaçados por um metro, totalizando 70 m². O plantio das variedades de cana-de-açúcar foi realizado em sulcos de aproximadamente 0,2 m de profundidade, onde foram distribuídos 14 mg ha⁻¹ de colmos com sete meses de idade. Aos 70, 100, 130, 200 e 365 dias após o plantio (DAP) foi realizada a avaliação dos teores de Mo na folha +1 e nas raízes das variedades de cana-de-açúcar. Para essa determinação foram amostradas aleatoriamente na parcela útil três folhas +1 e uma porção de raiz de cada variedade estudada. Para avaliação do teor de Mo, se procedeu à digestão dos tecidos em solução nitro-perclórica e determinação em espectrofotômetro, de acordo com a metodologia proposta por Embrapa (2009). Aos 70, 100, 130 e 200 DAP foram coletadas aleatoriamente três plantas por parcela para determinação da produção de matéria seca da parte aérea (MSPA), e na colheita, aos 365 DAP, foram coletadas 10 plantas. As biomassas foram pesadas e trituradas em forrageira, sendo retirada subamostras para secagem. As subamostras das biomassas foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C, até atingirem peso constante. Em seguida foram trituradas e acondicionadas em sacos plásticos. Com a massa seca das subamostras de biomassa foi estimada a produção de MSPA, sendo expressa em g planta⁻¹.

A MSPA e o teor de Mo na folha +1 e nas raízes foram avaliados considerando-se as variedades de cana e as doses de Mo e de N, como medidas repetidas no tempo. Foi utilizado o pacote estatístico SAS Learning 2.0, seguindo o procedimento para modelo misto, sendo selecionado o teste de covariância [AR(1), Ante (1), ARH (1), ARMA (1), CS, CSH, HF, TOEP, Lin (1), UN] que apresentou o menor valor do critério de Akaike (Wolfinger & Chang, 1995). Nas variáveis em que se observaram efeito significativo (p<0,05) foi realizada análise de regressão, sendo selecionando o modelo que

melhor representou o fenômeno, aquele com maior valor de coeficiente de determinação (R²) e significância dos parâmetros até 5% pelo teste t. Quando a regressão não foi significativa, aplicou-se o teste de comparação de médias de Tukey (p < 0,05).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De uma maneira geral os teores de Mo nas raízes das variedades de cana-de-açúcar foram superiores aos teores na folha +1, aumentando, em média, de 0,58 para 0,97 mg kg⁻¹ na variedade RB867515 e de 0,59 para 0,86 mg kg⁻¹ na RB92579 (**Tabela 1**). Há uma concentração de Mo nas raízes e uma diluição do nutriente na parte aérea, influenciada pela maior produção de biomassa de folhas do que de raízes. Os teores de Mo na folha +1 das variedades não foram diferentes, porém nas raízes o teor de Mo da variedade RB867515 foi maior do que na RB92579 (**Tabela 1**). Essa maior absorção de Mo pela RB867515, que se refletiu em maior teor nas raízes e que não foi observada na parte aérea, provavelmente foi devido ao seu maior crescimento e produção de biomassa, o que promoveu diluição das quantidades absorvidas. Adicionalmente, os teores de Mo nas raízes das variedades apontaram para uma concentração de Mo na RB867515 e uma diluição na RB92579. Uma hipótese para isto é, que a RB867515 tenha uma menor capacidade de translocação, acumulando Mo nas raízes. Em média, os teores de Mo foram maiores tanto na folha +1, como nas raízes, quando se aplicou Mo, independente da variedade de cana e da aplicação de N (**Tabela 1**), demonstrando a efetividade da aplicação de Mo. Na folha +1, os teores de Mo não foram influenciados pela adição de N, embora independente da aplicação de Mo e da variedade, nas raízes tenha ocorrido acréscimo nesses teores com a aplicação de N (**Tabela 1**). Esta elevação nos teores de Mo com adição de N foi significativa nas raízes, independente da variedade e da aplicação de Mo.

De maneira geral, a MSPA das variedades de cana-de-açúcar foi maior quando se aplicou N, sendo observada resposta mais expressiva na RB92579 (**Figura 1**). No final do ciclo da cultura, os ganhos de matéria seca na RB867515 e RB92579 pela adubação nitrogenada foram, em média, respectivamente, de 10 e 53%. Deste modo, os genótipos de cana-de-açúcar acumularam mais biomassa com a dose de 60 kg ha⁻¹ de N. Este efeito foi mais evidente na RB92579, principalmente quando não foi adubada com Mo, tendo a fertilização com N promovido incremento na MSPA, em média, de 88% (**Figura 1**).



Respostas positivas da cana-de-açúcar em produção de biomassa com aplicação de N, também foram relatadas por Bologna-Campbell (2007). Segundo o autor, a variedade de cana SP813250 apresentou resposta linear na produção de matéria seca, quando adubada com N, até a dose de 120 kg ha⁻¹ de N. O incremento observado pelo autor foi de 55%, próximo ao obtido na RB92579 neste trabalho. A aplicação de Mo não elevou a MSPA na variedade RB867515, tanto na ausência quanto na presença da adubação nitrogenada (**Figura 1**). Entretanto, na RB92579 o Mo elevou a produção de MSPA, quando não houve fertilização nitrogenada. Quando não se adubou com N, a produção de MSPA foi 25% maior com a aplicação de Mo. É possível que a RB92579 absorva mais o Mo disponível do solo quando se aduba com N, como consequência do maior desenvolvimento do sistema radicular e exploração de maior volume de solo (Otto et al, 2009).

CONCLUSÕES

A aplicação de Mo elevou o teor de Mo na folha +1 e raízes da cana-de-açúcar;

A adubação nitrogenada elevou o acúmulo e a produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) das variedades de cana-de-açúcar, principalmente quando a RB92579 não foi fertilizada com Mo;

O acúmulo e a produção de MSPA das variedades de cana-de-açúcar RB867515 e RB92579 apresentaram respostas diferentes à aplicação de Mo na ausência da adubação nitrogenada, sendo que a RB92579 produziu mais na presença de Mo;

REFERÊNCIAS

ARMAS, R. DE et al. Influence of Ammonium and Nitrate on the Growth and Photosynthesis of Sugarcane. *Journal of Plant Physiology*, v. 140, p. 531–535, 1992.

BELTÃO, B. A. et al. Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea - Estado de Pernambuco: Diagnóstico do município de Carpina. [s.l.] CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2005. p. 11

BOLOGNA-CAMPBELL, I. Balanço de nitrogênio e enxofre no sistema solo-cana-de-açúcar no ciclo de cana-planta. [s.l.] Universidade de São Paulo - Piracicaba, 2007.

BRENNAN, R. F.; BOLLAND, M. D. A. Increased Concentration of Molybdenum in Sown Wheat Seed Decreases Grain Yield Responses to Applied Molybdenum Fertilizer in Naturally Acidic Sandplain Soils.

Journal of Plant Nutrition, v. 30, n. 12, p. 2005– 2019, 3 dez. 2007.

CHAPOLA ET AL., R. G. Censo varietal 2012. Araras: CCA-UFSCar, 2012. p. 55

EMBRAPA. Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes / editor técnico, Fábio Cesar da Silva. - 2. ed. rev. ampl. - Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 627 p., 2009.

FITRI, N. et al. Molybdenum Speciation in Raw Phloem Sap of Castor Bean. *Analytical Letters*, v. 41, n. 10, p. 1773–1784, 16 jul. 2008.

JADOSKI, C. J. et al. Fisiologia do desenvolvimento do estágio vegetativo da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*, v. 3, n. 2, p. 169–176, 2010.

KAISER, B. N. et al. The Role of Molybdenum in Agricultural Plant Production. *Annals of Botany*, v. 96, p. 745–754, 2005.

LIMA NETO, J. F. et al. Avaliação agroindustrial e parâmetros genéticos de clones UFRPE de cana-de-açúcar no litoral norte de Pernambuco. *Pesquisa Agropecuária Pernambucana*, v. 18, n. 1, p. 8–13, 2013.

OLIVEIRA, A. C. DE. Interação da adubação nitrogenada e molibdica em cana-de-açúcar. [s.l.] Universidade Federal Rural de Pernambuco - Recife, 2012.

OLIVEIRA, E. C. A. DE et al. Extração e exportação de nutrientes por variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação plena. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 34, n. 4, p. 1343–1352, 2010.

OTTO, R. et al. Fitomassa de raízes e da parte aérea da cana-de-açúcar relacionada à adubação nitrogenada de plantio. *Pesquisa*, v. 44, n. 4, p. 398–405, 2009.

ROBINSON, N. et al. Nitrate paradigm does not hold up for sugarcane. *PLoS one*, v. 6, n. 4, p. e19045, jan. 2011.

WOLFINGER, R.; CHANG, M. Comparing the SAS @ GLM and MIXED Procedures for Repeated Measures. Disponível em: <<http://support.sas.com/rnd/app/stat/papers/mixedglm.pdf>>. Acesso em: 26 ago. 2014.

Tabela 1. Teor de Mo na folha +1 e nas raízes de cana-de-açúcar (RB867515 e RB92579) na ausência e presença de Mo e na ausência e presença de nitrogênio aos 70, 100, 130, 200 e 365 dias após o plantio (DAP).

Folha +1									
Fator	RB867515				RB92579				
	S/Mo		C/Mo		S/Mo		C/Mo		
	S/N	C/N	S/N	C/N	S/N	C/N	S/N	C/N	C/N
DAP	mg kg ⁻¹								
70	0,66	0,60	0,82	0,91	0,74	0,73	0,96	1,06	
100	0,37	0,37	0,43	0,40	0,36	0,38	0,44	0,45	
130	0,28	0,55	0,64	0,56	0,29	0,29	0,37	0,44	
200	0,68	0,82	0,96	0,93	0,77	0,78	0,83	1,06	
365	0,40	0,29	0,45	0,43	0,40	0,36	0,56	0,53	
\bar{N}	0,48 a	0,53 a	0,66 a	0,65 a	0,51 a	0,51 a	0,63 a	0,71 a	
\bar{Mo}	0,50 b		0,65 a		0,51 b		0,67 a		
Variedade	0,58 a				0,59 a				

Raiz									
Fator	RB867515				RB92579				
	S/Mo		C/Mo		S/Mo		C/Mo		
	S/N	C/N	S/N	C/N	S/N	C/N	S/N	C/N	C/N
DAP	mg kg ⁻¹								
70	0,98	1,15	1,30	1,26	0,79	0,76	1,13	1,16	
100	0,63	1,08	0,79	1,43	0,73	0,89	0,93	1,05	
130	0,99	1,05	1,21	1,00	0,69	0,83	0,49	1,13	
200	1,07	0,74	0,92	0,78	0,84	0,80	1,25	0,93	
365	0,81	0,63	0,85	0,75	0,48	0,70	0,70	0,90	
\bar{N}	0,90 b	0,93 a	1,01 a	1,04 a	0,71 b	0,80 a	0,90 b	1,03 a	
\bar{Mo}	0,91 b		1,03 a		0,75 b		0,97 a		
Variedade	0,97 a				0,86 b				

\bar{N} : média de N; \bar{Mo} : média de Mo; variedade : média das variedades; Letras minúsculas iguais na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

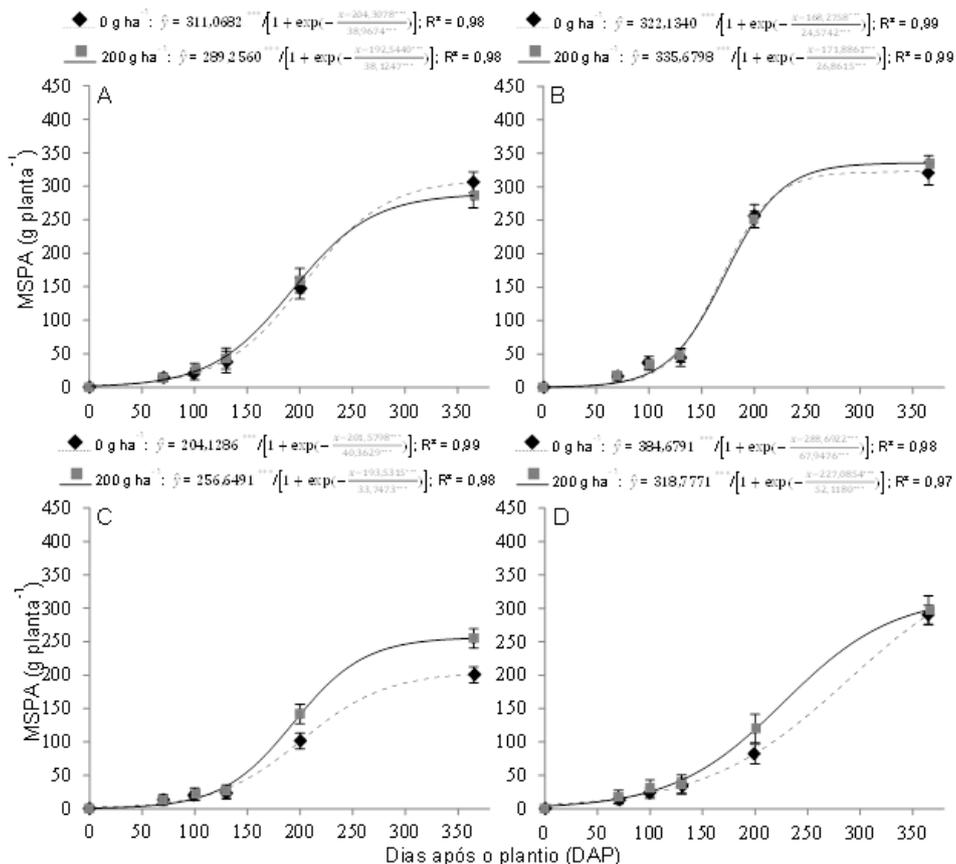


Figura 1: Acúmulo de Matéria seca da parte aérea (MSPA) de cana-de-açúcar na ausência e presença Mo da variedade RB 867515 na ausência de N (A) e na presença de N (B) e da variedade RB92579 na ausência de N (C) e na presença de N (D) aos 70, 100, 130, 200 e 365 dias após o plantio (DAP).