

Aspectos produtivos e nutricionais do sorgo sacarino em resposta à adubação NK de cobertura ⁽¹⁾.

Samara Cristiele Barros da Cruz ⁽²⁾; Flávia Cristina dos Santos ⁽³⁾; Carlos Hissao Kurihara ⁽⁴⁾; Manoel Ricardo de Albuquerque Filho ⁽³⁾; André May ⁽³⁾; Luciano Viana Cota ⁽³⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos da Embrapa

⁽²⁾ Estudante de Agronomia; Universidade Federal de São João del-Rei; Sete Lagoas, MG; samara.cristiele@hotmail.com; ⁽³⁾ Pesquisador; Embrapa Milho e Sorgo; flavia.santos@embrapa.br; manol.ricardo@embrapa.br; andre.may@embrapa.br; luciano.cota@embrapa.br; ⁽⁴⁾ Pesquisador; Embrapa Agropecuária Oeste; Dourados, MS; carlos.kurihara@embrapa.br

RESUMO: O nitrogênio e potássio são os nutrientes demandados em maior quantidade pelo sorgo sacarino. Logo, o objetivo do trabalho foi avaliar aspectos produtivos e nutricionais da cultura em resposta à adubação NK de cobertura (dose única ou parcelada). Foi instalado experimento na Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, safra 2013-14, em Latossolo Vermelho, muito argiloso. O delineamento experimental adotado foi blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos foram: doses N-K de 50-20, 130-100 e 210-180 kg ha⁻¹, aplicadas no estádio V3, e denominadas tratamento de dose única (DU), e estas mesmas doses divididas em duas aplicações: estádio V3 e V5 e denominadas tratamento de dose parcelada (Parc). Avaliou-se também o tratamento testemunha sem aplicação de N e K. As variáveis avaliadas foram: na fase de emborrachamento – teores foliares dos macronutrientes; na colheita - produtividade de matéria seca (MSP) da planta, produtividade de matéria verde de colmo (MVC), massa do caldo (MC), diâmetro do colmo (DC), porcentagem de fibra (PF) e sólidos solúveis totais (°Brix). Não houve resposta das variáveis testadas às doses e formas de aplicação de NK em cobertura. A média de produtividade de matéria verde de colmo produzida foi de 60,22 t ha⁻¹ e de massa de caldo foi de 34,21 t ha⁻¹. À exceção do P e K, os teores foliares dos macronutrientes apresentaram média dentro da faixa adequada para a cultura do sorgo. Com os resultados obtidos, se indica a aplicação de NK em cobertura em DU para o sorgo sacarino em solo muito argiloso.

Termos de indexação: biocombustível, nitrogênio, potássio.

INTRODUÇÃO

A recente utilização do sorgo sacarino como matéria-prima para a produção de biocombustíveis exige a busca de conhecimento para o melhor manejo da cultura.

E neste sentido a adubação com N e K assume relevância por estes dois nutrientes

estarem muito intimamente relacionados ao aumento de produtividade das culturas.

Na utilização do sorgo para produção de biocombustível, toda a planta é colhida, o que se reflete em um valor alto de exportação de nutrientes da área de cultivo. Para que não ocorra uma degradação química do solo é preciso repor esta quantidade de nutrientes por meio das adubações.

Como relatado por May (2013), o sorgo sacarino acumula açúcares no colmo de forma similar à cana-de-açúcar e é cultivado no verão com boa disponibilidade hídrica, maior radiação solar e temperaturas adequadas. Com isso, o potencial produtivo é alto e, por conseguinte, a demanda de nutrientes.

Além da necessidade de estabelecer doses economicamente viáveis, muito se especula sobre a necessidade ou não de parcelamento da adubação de cobertura com N e K, que são elementos que podem sofrer perdas por lixiviação, favorecida em condição de aplicação de elevadas doses de fertilizantes, principalmente em solos com texturas mais arenosas e regime hídrico mais intenso.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar aspectos produtivos e nutricionais do sorgo sacarino em resposta à adubação NK de cobertura, em dose única ou parcelada.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi conduzido experimento, durante a safra de 2013-14, no Campo Experimental da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas, MG, sob irrigação. O experimento foi instalado em Latossolo Vermelho distroférrico típico, com as seguintes características químicas e física antes da instalação da pesquisa: pH H₂O = 4,9, Al = 0,8; Ca = 0,7; Mg = 0,2; T = 9,1 (cmol_c dm⁻³); P = 6,0; K = 50,0 (mg dm⁻³); V = 9,3%; teor de argila e matéria orgânica = 76,0 e 3,0 (dag kg⁻¹). O solo recebeu 6,0 t ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT 95%), a fim de elevar a saturação por bases a 60%, e 3 t ha⁻¹ de gesso agrícola, três meses antes do plantio.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os

tratamentos consistiram de: T1 – tratamento testemunha, sem aplicação de NK de cobertura; T2 – dose de 50-20 kg ha⁻¹ de NK aplicada em cobertura e parcelada (P) em duas aplicações nos estádios V3 e V5 (três e cinco folhas completamente desenvolvidas, respectivamente); T3 – dose de 50-20 kg ha⁻¹ de NK aplicada em cobertura em dose única (DU) no estádio V3; T4 – dose de 130-100 kg ha⁻¹ de NK aplicada em cobertura e parcelada em duas aplicações nos estádios V3 e V5; T5 – dose de 130-100 kg ha⁻¹ de NK aplicada em cobertura em dose única no estádio V3; T6 – dose de 210-180 kg ha⁻¹ de NK aplicada em cobertura e parcelada em duas aplicações nos estádios V3 e V5; T7 – dose de 210-180 kg ha⁻¹ de NK aplicada em cobertura em dose única no estádio V3.

As parcelas foram constituídas por quatro linhas de 5 m de comprimento e espaçadas de 0,45 m. A parcela útil foi composta pelas duas linhas centrais de 4 m de comprimento, eliminando-se 0,5 m de bordadura em cada extremidade.

Utilizou-se a variedade de sorgo BRS 506, caracterizada por ciclo de 120 dias, cultivada com estande de 120.000 plantas por hectare. O plantio foi realizado em 02/12/2013. A adubação de plantio foi composta pela dose de 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ mais 30 e 60 kg ha⁻¹ de N e K₂O, respectivamente, à exceção da testemunha absoluta. Aplicou-se também a dose de 100 kg ha⁻¹ de FTE BR12 em todas as parcelas.

A colheita foi realizada em 04/04/2014, coletando-se 2 m lineares de plantas inteiras da parcela útil. As variáveis avaliadas foram teores foliares de macronutrientes (coleta na parcela útil de 20 folhas da parte mediana da planta), na fase de emborrachamento; e massa de matéria seca da planta, matéria verde de colmo, massa do caldo (expressas em t ha⁻¹), diâmetro do colmo (expresso em mm), porcentagem de fibra e sólidos solúveis totais (° Brix) na colheita.

Os teores foliares do macronutrientes foram determinados segundo Tedesco et al. (1985). Para a extração do caldo e avaliação de sua massa, as plantas foram moídas em uma ensiladeira estacionária e homogeneizadas em uma betoneira acoplada ao equipamento de moagem, sendo uma massa, equivalente a 500 g de cada material triturado e homogeneizado, prensada em uma prensa hidráulica Hidraseme, modelo PHS 250, por 60 segundos com pressão de trabalho de 145 bar sobre a amostra de 250 Kg cm⁻², resultando em força de prensagem de 45 t. Após a prensagem, determinou-se a massa do caldo, sendo o seu Brix medido com refratômetro (Consecana, 2006).

Os dados foram submetidos à análise de variância (p<0,05), teste de médias pra comparação dos sete tratamentos por Scott-Knot (p<0,05) e realizado os contrastes ortogonais (test x adub, test x parc, test x DU, parc x DU

(p<0,05). O programa estatístico utilizado foi o SAS 9.4.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de todos os tratamentos se encontram nas **Tabelas 1 e 2**.

As análises estatísticas mostraram que não houve efeito das doses e nem das formas de aplicação de NK em cobertura para nenhuma das variáveis estudadas.

Tabela 1 – Produtividade de matéria seca da planta, matéria verde do colmo, massa do caldo, diâmetro do colmo, porcentagem de fibra e sólidos solúveis totais (°Brix) em função dos tratamentos NK de cobertura.

Trat N-K ^{T1}	MSP ^{ns}	MVC ^{ns}	MC ^{ns}	DC ^{ns}	PF ^{ns}	°Brix ^{ns}
kg ha ⁻¹	t ha ⁻¹			mm	%	
0-0	20,38	61,98	35,2	14,58	17,7	15,45
50-20 P	18,50	56,19	30,5	14,80	18,5	15,28
50-20 DU	18,77	56,14	31,2	14,86	17,7	15,80
130-100 P	20,96	63,52	35,9	14,09	17,6	15,05
130-100 DU	19,33	58,56	33,5	14,26	17,3	15,08
210-180 P	20,57	68,02	39,6	14,98	17,1	15,28
210-180 DU	18,12	57,16	33,5	14,36	17,1	15,40

^{T1} P = dose parcelada em V3 e V5; DU = dose única em V3.

ns – não significativo (p>0,05).

Tabela 2 – Teores foliares de macronutrientes em função dos tratamentos NK de cobertura.

N-K ^{T1}	N ^{ns}	P ^{ns}	K ^{ns}	Ca ^{ns}	Mg ^{ns}	S ^{ns}
kg ha ⁻¹	g Kg ⁻¹					
0-0	32,93	2,62	7,85	5,79	3,54	1,59
50-20 P	32,70	2,34	8,23	5,10	3,04	1,47
50-20 DU	33,03	2,40	7,97	5,76	3,29	1,51
130-100 P	35,25	2,65	8,14	4,88	2,87	1,57
130-100 DU	33,73	2,55	8,28	4,96	2,70	1,54
210-180 P	33,78	2,68	8,38	5,93	3,65	1,66
210-180 DU	33,53	2,41	7,82	5,66	3,50	1,59

^{T1} P = dose parcelada em V3 e V5; DU = dose única em V3.

ns – não significativo (p>0,05).

A falta de resposta à adubação NK pode ser justificada, em parte, pelo teor médio de matéria orgânica do solo, com estimativa de fornecimento de 90 kg ha⁻¹ de N (1 dag kg⁻¹ de matéria orgânica pode fornecer 30 kg ha⁻¹ de N, Sousa & Lobato, (2004)), bem como pela contribuição de formas não trocáveis de K do solo (Melo et al., 2005). Além disso, o sorgo é reconhecido pela alta eficiência na utilização do N (Gardner et al., 1994, Maranville & Madhavan, 2002), e Barbanti et al. (2006) relatam que o sorgo pode produzir cerca de 20 t ha⁻¹ de matéria seca apenas com a reserva de N do solo. Este valor está coerente com dado médio de produtividade de matéria seca desde trabalho, que foi de 19,52 t ha⁻¹ (**Tabela 1**).

A produtividade de massa de matéria verde de colmo atingiu valor máximo de 68,02 t ha⁻¹ no tratamento NK 210-180 parcelado, enquanto o valor médio foi de 60,22 t ha⁻¹ (**Tabela 1**). Estes valores superam os obtidos por May et al. (2012),

em estudo com arranjo de plantas e desempenho do sorgo sacarino, que obtiveram as produtividades máximas de 52,84 t ha⁻¹, 53,49 t ha⁻¹ e 53,86 t ha⁻¹, nos estandes de 100 mil, 120 mil e 140 mil plantas ha⁻¹, respectivamente, e são muito superiores aos obtidos por Marchezan & Silva (1984), que obtiveram valor médio de 34,78 t ha⁻¹ de massa verde de colmos.

A massa do caldo é uma das variáveis mais importantes para a exploração do sorgo sacarino, pois este é que será convertido em biocombustível. Neste trabalho, a adubação não aumentou a produção de caldo. Entretanto, a média de massa de caldo de 34,21 t ha⁻¹ ficou muito próxima dos 35 t ha⁻¹ de caldo, que é o valor mínimo que a indústria de biocombustíveis tem como referência para uma exploração lucrativa (**Tabela 1**). A maior dose de NK parcelada foi a que produziu, numericamente, o maior valor de massa de caldo (**Tabela 1**). Em trabalho de Cruz et al. (2014), com adubação NPK, houve resposta linear da massa de caldo ao potássio.

No trabalho de Albuquerque et al. (2012), a cultivar BRS 506 produziu 7,13 t ha⁻¹ de caldo (média de 3 locais em Minas Gerais), valor este bem abaixo do encontrado neste trabalho, que foi conduzido sob irrigação.

Dados da pesquisa de Ramos (2014), com quatro materiais de sorgo sacarino cultivados em solos de textura arenosa e média, mostraram maior produtividade de colmo e o rendimento de caldo com a aplicação de 20 kg ha⁻¹ de N no plantio e 100 kg ha⁻¹ em cobertura em dose única no estágio V4-V5, ou seja, melhor resultado que a aplicação parcelada. Além disso, os dados de Ramos (2014) não mostraram influência da forma de aplicação da dose de N, DU ou parcelada, nas características tecnológicas do sorgo (porcentagem de fibra, Brix, etc.). Entretanto, o autor ressalta que as pesquisas conduzidas nas diversas regiões do mundo demonstram resultados distintos em função das doses e parcelamentos da aplicação do nutriente.

O diâmetro do colmo menor pode indicar maior suscetibilidade ao acamamento, aliado a outros fatores, mas neste trabalho, a adubação não interferiu nesta variável.

Porcentagem de fibra e Brix também não variaram com as doses e formas de aplicação de NK. Rosolem et al. (1982) avaliaram o efeito da adubação sobre algumas características tecnológicas do sorgo sacarino, incluindo porcentagem de fibra e Brix, e mencionaram haver inconsistências nos resultados obtidos, que variaram de 9,9% a 16,6% e de 16,2° a 19,0°, respectivamente. Os autores também concluíram que a produção de álcool por área parece ser influenciada principalmente pela quantidade de caldo produzida, desde que a cultivar apresente características tecnológicas dentro de um limite razoável. Mas é importante destacar que a concentração de sólidos solúveis (Brix) tem sido

largamente empregada pelas indústrias de produção de açúcar e álcool como principal parâmetro para estimar a concentração de açúcares presente no caldo (Tsuchihashi & Goto, 2004).

Os valores de porcentagem de fibra variaram de 17,11% a 18,50% (**Tabela 1**), valores estes dentro dos padrões desejados pela indústria (12,0-20,0%) (Pacheco, 2012).

O Brix variou de 15,05% a 15,80% (**Tabela 1**), valores próximos ao limite inferior da faixa considerada adequada pela indústria (15,0% a 19,0%) (Pacheco, 2012).

Parrella et al. (2010), avaliando 25 materiais de sorgo sacarino em cinco locais, entre eles o BRS 506 em Sete Lagoas, obtiveram Brix médio dos 25 materiais de 18,42; tendo obtido valor de 20,4 para o BRS 506. Este valor supera o esperado pela indústria e mostra o potencial de qualidade de caldo do sorgo sacarino, sendo confirmado por trabalho de Almodares & Hadi (2009), que estudando 36 materiais de sorgo sacarino encontraram Brix variando de 14,32 a 23,85.

Já no trabalho de Pereira Filho et al. (2013), foi obtido valor de Brix de 15,55 com a cultivar BRS 506, em Sete Lagoas, valor já mais próximo ao deste trabalho.

Em relação aos aspectos nutricionais (**Tabela 2**), os teores foliares de N, Ca e Mg apresentaram média dentro da faixa considerada adequada para a cultura do sorgo (Martinez et al., 1999). Por outro lado, o P, K e S apresentaram valores abaixo do adequado, sendo que o S apresentou teor médio bem próximo do limite inferior da faixa de referência (1,6 a 6,0 g kg⁻¹) (Martinez et al., 1999).

Observa-se que mesmo com a aplicação de 180 kg ha⁻¹ de P₂O₅ (teor baixo de P disponível no solo - 6,0 mg dm⁻³), a demanda em P não foi atendida. Além disso, foram aplicadas doses totais de K₂O de 240 kg ha⁻¹ (60 no plantio e restante em cobertura), não havendo resposta a este nutriente, mesmo ele estando deficiente na planta. Salienta-se, contudo, que as faixas de suficiência de teores foliares de nutrientes foram estabelecidas para o sorgo granífero, sendo que possivelmente seja necessário estabelecer referências para o sorgo sacarino. Adicionalmente, segundo Novais et al. (2007), os níveis críticos de P na planta para solos com elevado poder tampão são menores, como é característico do solo utilizado nesta pesquisa, tendo textura muito argilosa.

A falta de resposta das variáveis testadas às doses NK, sugere que, para produtividade de cerca de 35 t ha⁻¹ de caldo, 80 kg ha⁻¹ de N e 80 kg ha⁻¹ de K sejam suficientes (soma de NK aplicados no plantio e em cobertura).

CONCLUSÕES

A adubação NK de cobertura pode ser aplicada em dose única no sorgo sacarino em solo muito argiloso.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Embrapa pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, C.J.B.; TARDIN, F.D.; PARRELLA, R.A.C.; GUIMARÃES, A.S.; OLIVEIRA, R.M.; SILVA, K.M.J. Sorgo sacarino em diferentes arranjos de plantas e localidades de Minas Gerais, Brasil. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v. 11, n.1, p. 69-85, 2012.
- ALMODARES, A.; HADI, M.R. Production of bioethanol from sweet sorghum: a review. *African Journal of Agricultural Research*, Nairobi, v. 4, n. 9, p. 772-780, 2009. Disponível em: <<http://www.academicjournals.org/AJAR>>. Acesso em: 12 maio 2014.
- BARBANTI, L.; GRANDI, S.; VECCHI, A.; VENTURI, G. Sweet and fibre sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), energy crops in the frame of environmental protection from excessive nitrogen loads. *Europ. J. Agronomy*, v. 25, p. 30–39, 2006.
- CONSECANA. Conselho dos Produtores de Cana-de-açúcar, Açúcar e Álcool do Estado de São Paulo. Manual de instruções. 5 ed. Piracicaba, 2006. 54 p.
- CRUZ, S.C.B.; SANTOS, F.C.; RESENDE, A.V.; OLIVEIRA, A.C.; MAY, A.; ALBUQUERQUE FILHO, M.R. Aspectos produtivos do sorgo sacarino em resposta à adubação NPK. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 30.; SIMPÓSIO SOBRE LEPTÓPTEROS COMUNS A MILHO, SOJA E ALGODÃO, 1., 2014, Salvador. 2014. CD-ROM.
- GARDNER, J.C.; MARANVILLE, J.W.; PAPAROZZI, E.T. Nitrogen use efficiency among diverse sorghum cultivars. *Crop Sci.* 34, 728–733, 1994.
- MARANVILLE, J.W.; MADHAVAN, S. Physiological adaptations for nitrogen use efficiency in sorghum. *Plant and Soil*, v. 245, p. 25-34, 2002.
- MARCHEZAN, E. & SILVA, M.I. Avaliação de cultivares de sorgo em Santa Maria, RS. *Revista do Centro de Ciências Rurais*, 14:161-172, 1984.
- MARTINEZ, H.E.P.; CARVALHO, J.G.; SOUZA, R.B. Diagnóstico foliar. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H (eds.). *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais, 5ª Aproximação*. Comissão de Fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais. Viçosa, 1999, p. 143-168.
- MAY, A. Cultivo de sorgo sacarino em áreas de reforma de canaviais. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG. Circular Técnica, 189, 2013. 36p.
- MAY, A.; CAMPANHA, M.M.; ABREU, M.C. et al. Influência do arranjo de plantas no desempenho produtivo de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), em Sete Lagoas-MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MILHO E SORGO. 29, 2012. Anais. Águas de Lindóia: Embrapa, 2012. CD-ROM
- MELO, V.F.; CORRÊA, G.F.; RIBEIRO, A.N.; MASCHIO, P.A. Cinética de liberação de potássio e magnésio pelos minerais da fração areia de solos do Triângulo Mineiro. *R. Bras. Ci. Solo*, 29:533-545, 2005.
- NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J.; NUNES, F.N. Fósforo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (eds.) *Fertilidade do Solo*. Viçosa, MG; Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2007. p.471-550.
- PACHECO, T.F. Tecnologia Industrial. In: MAY, A.; DURÃES, F.O.M.; PEREIRA FILHO, I.A.; SCHAFFERT, R.E.; PARRELLA, R.A.C., eds. *Sistema Embrapa de produção agroindustrial de sorgo sacarino para bioetanol: Sistema BRS1G – Tecnologia Qualidade Embrapa*. Sete Lagoas : Embrapa Milho e Sorgo, 2012. p. 92-106. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos 139).
- PARRELLA, R.A.C.; MENEGUCI, J.L.P.; RIBEIRO, A.; SILVA, A.R.; PARRELLA, N.N.L.D.; RODRIGUES, J. A.S.; TARDIN, F.D.; SCHAFFERT, R.E. Desempenho de cultivares de sorgo sacarino em diferentes ambientes visando à produção de etanol. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 28., 2010, Goiânia. Anais. Goiânia: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2010. 1 CD-ROM.
- PEREIRA FILHO, I.A.; PARRELLA, R.A.C.; MOREIRA, J.A.A.; MAY, A.; SOUZA, V.F.; CRUZ, J.C. Avaliação de cultivares de sorgo sacarino [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] em diferentes densidades de semeadura visando a características importantes na produção de etanol. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, Sete Lagoas, v. 12, n. 2, p. 118-127, 2013.
- RAMOS, S.B. Dose, parcelamento e modo de aplicação de nitrogênio em atributos nutricionais, agrônômicos e tecnológicos de cultivares de sorgo sacarino. Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal. 2014. 177 p. (Tese de Doutorado).
- ROSOLEM, C. A.; MALAVOLTA, E.; BRINHOLI, O.; SERRA, G.E. Respostas do sorgo sacarino a N, P e K. II. Características tecnológicas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 17, n. 3, p. 385-391, 1982.
- SOUZA, D.M.G.; LOBATO, L. Cerrado: correção do solo e adubação. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.
- TEDESCO, M.J.; WOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. Análises de solo, plantas e outros materiais. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1985. 188p.
- TSUCHIHASHI, N.; GOTO, Y. Cultivation of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L.) Moench and determination of its harvest time to make use as the raw material for fermentation, practiced during rainy season in dry land of Indonesia. *Plant Production Science*, v. 7, p. 442-448, 2004.