



Eficiência de uso do nitrogênio por cultivares de cana-de-açúcar no bioma Cerrado⁽¹⁾.

Michele Xavier Vieira Megda⁽²⁾; Paulo Cesar Ocheuze Trivelin⁽³⁾; Marcio Mahmoud Megda⁽⁴⁾; Henrique Coutinho Junqueira Franco⁽⁵⁾; Marcelo Andreotti⁽⁶⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do CNPq

⁽²⁾ Pós-doutoranda do CNPq; Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA/USP; Piracicaba, São Paulo; micheleagronomia@yahoo.com.br; ⁽³⁾ Professor Associado 3; Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA/USP; ⁽⁴⁾ Pós-doutorando FAPESP; Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”; ⁽⁵⁾ Pesquisador do Programa Agrícola; Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol - CTBE; ⁽⁶⁾ Professor Adjunto I; Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

RESUMO: O nitrogênio (N) é um dos nutrientes que mais limitam o desempenho produtivo das culturas agrícolas, principalmente, por ser um elemento constituinte de inúmeros compostos orgânicos, incluindo todos os aminoácidos e ácidos nucleicos. Materiais genéticos responsivos e, ou eficientes em utilizar o nitrogênio constituem-se, portanto, em uma forte estratégia para o aumento de produtividade em áreas de expansão da cana-de-açúcar. Objetivou-se avaliar o desempenho de 10 genótipos de cana-de-açúcar, visando obter respostas em termos nutricionais quanto à eficiência de uso do nitrogênio. Para alcançar o objetivo proposto foram realizadas as seguintes avaliações: diagnose do estado nutricional da cultura, avaliação do *status* de N por meio da utilização de clorofilômetro portátil, estimativa da atividade da enzima redutase do nitrato e concentrações de nitrato e amônio. O experimento foi desenvolvido em condições de campo em área comercial de cana-de-açúcar localizada no município de Aparecida do Taboado/MS. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições, sendo as cultivares cultivadas na ausência de N ou sob a dose de 100 kg ha⁻¹ de N na forma de nitrato de amônio. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e os tratamentos comparados pelo teste de comparação de médias Tukey. Quando foi efetuada a adubação nitrogenada, as cultivares de cana-de-açúcar apresentaram maiores concentrações de nutrientes quando comparadas às plantas não adubadas. A CTC9003 é a cultivar que apresenta maior eficiência de uso do nitrogênio, tanto em condições adequadas quanto na ausência da adubação nitrogenada.

Termos de indexação: *Saccharum* spp.; nitrato de amônio; redutase do nitrato.

INTRODUÇÃO

O nitrogênio (N) é, sem dúvidas, um dos nutrientes que mais limitam o desempenho

produtivo da lavoura canavieira. A grande importância do N para a cana-de-açúcar, diz respeito ao fato de ela ser uma *Poaceae*, de metabolismo de carbono do tipo C4, caracterizado por altas taxas de fotossíntese líquida e eficiência na utilização do N e da energia solar, sendo altamente eficiente na produção de matéria seca (Arruda, 2011). A capacidade fotossintética de uma folha é fortemente correlacionada com seu conteúdo de N.

São muitos os trabalhos encontrados na literatura que mostram a importância do N na cultura da cana-de-açúcar para o aumento da produtividade (Franco et al., 2011). O nutriente encontra-se em apenas 1% da massa seca total da planta, mas sua deficiência causa a redução na síntese de clorofila, de aminoácidos essenciais e da energia necessária à produção de carboidratos e esqueletos carbônicos, refletindo diretamente no desenvolvimento e rendimento da cultura (Epstein & Bloom, 2006). Dessa forma, programas de melhoramento visando aliar genótipos com elevado potencial produtivo em situações de baixas doses de N, são de suma importância para o aumento da eficiência de uso do N.

Objetivou-se avaliar a eficiência de uso do nitrogênio de 10 genótipos de cana-de-açúcar em condições de campo.

MATERIAL E MÉTODOS

Local e caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em condições de campo, em área comercial de cana-de-açúcar pertencente à Usina AlcoolVale, empresa do sistema agroindustrial sucroalcooleiro, localizada no município de Aparecida do Taboado - MS.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico (Embrapa, 2006). O clima predominante na região de Aparecida do Taboado – MS é Aw, tropical com estação seca bem definida, conforme classificação de Köppen, sendo a temperatura média anual de 23,1°C e pluviosidade média anual de 1363 mm.



Histórico da área experimental e plantio

A área escolhida para o estudo era ocupada por pastagem degradada há mais de 20 anos, sendo este, portanto, o primeiro ano de plantio de cana-de-açúcar. A escolha de uma área, sem histórico de cultivo com a cultura da cana-de-açúcar foi estabelecida como parâmetro importante para que não houvesse interferência de sistemas de cultivo anteriores, bem como fontes orgânicas ou minerais de N.

Em 19 de maio de 2014, as cultivares foram plantadas em linhas (sulcos), com distribuição manual das mudas (15 a 20 gemas por metro) e cobertura com terra realizada mecanicamente.

Delineamento experimental e tratamentos

Foram avaliados 10 cultivares de cana-de-açúcar, escolhidas de acordo com a aptidão regional e com base nas diferenças parentais (CTC1, CTC2, CTC4, CTC15, CTC9001, CTC9002, CTC9003, RB86 7515, RB83 5486 e SP81 3250).

O experimento foi desenvolvido em blocos ao acaso, com quatro repetições e 20 tratamentos. Cada parcela foi composta por 8 sulcos de 10 m de comprimento e espaçamento entre sulcos de 1,5 m, com carregadores de 2,0 m entre estas, totalizando área experimental de 9.000 m².

As cultivares foram submetidas aos tratamentos: sem adubação com N (controle) e 100 kg ha⁻¹ de N. A dose de N foi aplicada em cobertura, quando as plantas estavam na fase inicial de perfilhamento. O fertilizante nitrogenado (nitrate de amônio) foi aplicado em faixa, lateralmente, a cerca de 20 cm do centro da linha de plantio no dia 21 de julho de 2014.

Determinação de macro e micronutrientes

Para avaliação do estado nutricional da cana-de-açúcar, aos 60 dias após a adubação, foram coletadas folhas-diagnóstico. Em cada parcela foram coletadas aleatoriamente cinco folhas na posição +1 (F +1), as quais constituíram uma amostra compostas. De cada folha +1 foi coletado apenas o terço médio, aproximadamente 20 cm, excluindo-se a nervura central. Essas amostras foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C. As amostras secas foram moídas em moinho tipo Wiley e nelas realizadas as determinações de concentrações de macronutrientes (em g kg⁻¹), boro e zinco (em mg kg⁻¹), segundo Malavolta et al. (1997).

Medida relativa do teor de clorofila

Os métodos utilizados para a extração de clorofila em folhas de vegetais são destrutivos e

baseiam-se na utilização de solventes orgânicos. Neste trabalho fez-se a quantificação não-destrutiva dos teores relativos de clorofila utilizando clorofilômetro portátil - Chlorophyll Meter SPAD-502 (Minolta Camera Co). As leituras foram realizadas em campo no terço médio de trinta lâminas de F +1 aos 60 dias após a adubação.

Atividade da enzima Redutase do Nitrato e concentrações de N-inorgânico

A quantificação da atividade "in vivo" da enzima redutase do nitrato (RN) foi realizada na folha +1 pelo método de Mulder et al. (1959) aos 60 dias após a adubação. Foram coletadas cinco folhas por parcela, de modo aleatório. As folhas foram coletadas sempre às 8 horas da manhã, acondicionadas em sacos plásticos umedecidos, mantidas em caixa de isopor com gelo e levadas imediatamente ao laboratório para determinação da atividade da enzima.

As concentrações de nitrogênio inorgânico (nitrate e amônio) em mg kg⁻¹ foram determinadas na folha +1 por destilação a vapor segundo metodologia descrita em Tedesco et al. (1995).

Análises estatísticas

Todas as variáveis estudadas foram analisadas estatisticamente por meio do emprego do SAS Proc GLM (SAS Institute Inc., Cary USA). Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e os tratamentos comparados pelo teste de comparação de médias Tukey ($p = 0,1$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Desempenho das cultivares de cana-de-açúcar na ausência da adubação com N

Com relação às concentrações de macronutrientes aos 60 d.a.a., houve diferença significativa entre as cultivares para N e K. Ao que se refere ao N, a cultivar CTC9003 foi a que apresentou maior concentração (15,9 g kg⁻¹), diferindo das demais cultivares (Tabela 1). Por outro lado, a CTC2 foi a que apresentou a menor concentração de N (13,8 g kg⁻¹). Com relação à concentração de K, assim como para a concentração de N, a cultivar CTC9003 foi a que obteve a maior média (13,8 g kg⁻¹), diferindo da CTC9002 (11,3 g kg⁻¹). O efeito sinérgico entre o N e K, promove maior eficiência fotossintética; cabendo destacar também, o papel importante do K no transporte de fotoassimilados da folha para outros órgãos.

Para as variáveis redutase do nitrate e as concentrações de NO₃⁻ e NH₄⁺ na folha +1 de cana-de-açúcar, não foram observadas diferenças entre



as cultivares. Para todas as cultivares avaliadas a forma de N-nítrico na folha +1, expressa em mg kg^{-1} , predominou sobre a forma de N-amoniacal, sendo em média três vezes mais elevada. Esse resultado indica que a atividade da enzima redutase do nitrato não foi suficiente para reduzir grande parte do N-nítrico a N-amoniacal para posterior utilização na forma de aminoácidos e proteínas.

Ao que se refere aos valores SPAD, a cultivar CTC9003, foi o que apresentou o maior índice (48), diferindo das cultivares CTC1, CTC2, CTC15, CTC9002 e SP813250.

Dentre os macronutrientes, para todas as cultivares, somente o nitrogênio ($14 - 16 \text{ g kg}^{-1}$) apresentou concentrações inferiores àquelas consideradas adequadas ($18 - 25 \text{ g kg}^{-1}$). No entanto, cabe destacar que, neste caso, não foi efetuada a adubação nitrogenada, o que é um indicativo de que o solo não possui reserva de N-disponível suficiente para suprir as necessidades da cultura.

Cultivares de cana-de-açúcar submetidas à adubação com 100 kg ha^{-1} de N

Com relação às concentrações de macronutrientes houve diferença entre as cultivares para N, P e K. Ao que se refere ao N, a cultivar CTC9003 foi a que apresentou a maior média ($19,8 \text{ g kg}^{-1}$), diferindo significativamente da cultivar CTC2 ($17,7 \text{ g kg}^{-1}$). Este resultado reforça a maior EUN da cultivar CTC9003 em relação às demais, em condições de ausência ou não da adubação nitrogenada.

Quanto às concentrações de P, as cultivares RB867515, RB835486 e CTC4 foram as que apresentaram as maiores médias ($1,9 \text{ g kg}^{-1}$) diferindo das cultivares CTC2, CTC15, CTC9002.

Ao que se refere às concentrações de K, a cultivar CTC9003, assim como verificado na ausência da adubação nitrogenada, foi a que apresentou a maior média ($13,9 \text{ g kg}^{-1}$), diferindo da cultivar CTC2 ($11,8 \text{ g kg}^{-1}$).

Com relação às concentrações de NO_3^- , houve diferença significativa entre as cultivares, sendo a CTC9003 a que apresentou a maior média ($0,49 \text{ mg kg}^{-1}$), diferindo das demais cultivares. Por outro lado, a CTC2 foi a que apresentou menor concentração de nitrato na folha +1 (Tabela 1). Para as concentrações de NH_4^+ , a cultivar RB835486 obteve a maior média ($0,203 \text{ mg kg}^{-1}$), não diferindo porém, das cultivares CTC1, CTC4, CTC9001, CTC9003 e RB867515.

Quanto à atividade da enzima redutase do nitrato, as cultivares CTC1, CTC4, CTC9001, CTC9003, RB867515, RB835486 e SP813250 apresentaram valores em torno de $0,008 \mu\text{mol NO}_2^-$

$\text{g}^{-1} \text{ h}^{-1}$, diferindo das cultivares CTC2, CTC15 e CTC9002, as quais apresentaram em média $0,004 \mu\text{mol NO}_2^- \text{ g}^{-1} \text{ h}^{-1}$. Para a variável SPAD, os maiores índices (51) foram obtidos para as cultivares CTC4 e SP813250, que diferiram da CTC2 e CTC9002, as quais apresentaram as menores médias (44 e 42, respectivamente).

Diferentemente do que foi observado para o controle (sem aplicação de N), quando as parcelas foram adubadas com N, todas as cultivares apresentaram concentrações de nitrogênio, bem como dos demais macronutrientes dentro da faixa considerada adequada para a cana-de-açúcar (maior ou igual à 18 g kg^{-1}).

CONCLUSÕES

Na ausência da adubação nitrogenada, as plantas de cana-de-açúcar apresentam concentrações de nitrogênio inferiores àquelas consideradas adequadas para a cultura.

A CTC9003 é a cultivar que apresenta maior eficiência de uso do nitrogênio, tanto em condições adequadas quanto na ausência da adubação nitrogenada.

AGRADECIMENTOS

À Usina Alcoolvale pela concessão da área experimental e por todo o suporte concedido.

REFERÊNCIAS

- ARRUDA, P. Genetically modified sugarcane for bioenergy generation. *Current Opinion in Biotechnology*, 23:315-322, 2011.
- FRANCO, H. C. J. et al. Nitrogen in sugarcane derived from fertilizer under Brazilian field conditions. *Field Crops Research*, 1:29-41, 2011.
- EPSTEIN, E. & BLOOM, A. *Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas*. 2. ed. Londrina: Planta, 2006. 402 p.
- MALAVOLTA, E. et al. *Avaliação do estado nutricional de plantas*. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.
- MULDER, E. G. et al. The effect of molybdenum and nitrogen deficiencies on nitrate reduction in plant tissue. *Plant and Soil*, 10:335-355, 1959.
- TEDESCO, M. J. et al. *Análise de solo, plantas e outros materiais*. Porto Alegre: UFRGS, Departamento de Solos, 1995. 174 p. (Boletim Técnico, 5).

Tabela 1. Concentração de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, boro, zinco, nitrato, amônio, atividade da enzima redutase do nitrato e valor SPAD na folha +1 de cana-de-açúcar aos 60 dias após a aplicação dos tratamentos

AUSÊNCIA DA ADUBAÇÃO COM N												
CULTIVARES	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	NO₃	NH₄	At. Red. Nitrato	SPAD
g kg ⁻¹mg kg ⁻¹			μmol NO ₂ ⁻ g ⁻¹ h ⁻¹	
CTC 1	14,50 d	1,88	11,64 ab	5,78	2,57	2,35	19,90	27,35	0,3598	0,1451	0,0095	44 b
CTC 2	13,80 f	1,81	10,94 b	5,08	1,87	2,28	19,20	26,65	0,3504	0,1353	0,0092	39 c
CTC 4	15,42 b	1,95	12,54 ab	6,68	3,47	2,44	20,80	28,25	0,3720	0,1552	0,0098	47 ab
CTC 15	14,23 e	1,80	11,34 ab	5,48	2,27	2,32	19,60	27,05	0,3571	0,1432	0,0094	43 b
CTC 9001	15,01 c	1,89	12,14 ab	6,28	3,07	2,40	19,40	26,85	0,3700	0,1519	0,0098	46 ab
CTC 9002	14,21 e	1,75	11,34 b	5,48	2,27	2,32	18,60	26,05	0,3574	0,1445	0,0095	43 b
CTC 9003	15,85 a	1,93	13,79 a	7,13	3,92	2,48	20,25	28,70	0,3844	0,1616	0,0101	48 a
RB 867515	15,42 b	1,92	12,54 ab	6,68	3,47	2,44	19,80	28,25	0,3771	0,1664	0,0100	46 ab
RB 835486	15,32 b	1,88	12,44 ab	6,58	3,37	2,43	19,70	28,15	0,3699	0,1673	0,0098	46 ab
SP 813250	14,64 d	1,81	11,74 ab	5,88	2,67	2,36	19,00	27,45	0,3664	0,1423	0,0097	44 b
Média	14,83	1,86	11,97	6,11	2,90	2,38	19,63	27,48	0,3664	0,1509	0,0097	45
DMS	0,17	0,32	2,34	ns	ns	ns	ns	ns	0,0809	0,0653	0,0123	3,04
CV (%)	8,54	9,65	11,43	ns	ns	ns	ns	ns	15,98	19,76	12,87	7,56
ADUBAÇÃO COM 100 kg ha⁻¹ de N												
CULTIVARES	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	NO₃	NH₄	At. Red. Nitrato	SPAD
g kg ⁻¹mg kg ⁻¹			μmol NO ₂ ⁻ g ⁻¹ h ⁻¹	
CTC 1	18,32 ab	1,87 ab	12,47 ab	5,30	2,45	2,81	22,71	31,97	0,4582 e	0,1813 abc	0,0075 a	46 b
CTC 2	17,67 b	1,71 b	11,83 b	4,65	1,80	2,74	22,06	33,02	0,4421 g	0,1713 bc	0,0042 b	44 c
CTC 4	18,92 ab	1,91 a	13,07 ab	5,90	3,05	2,87	23,31	34,26	0,4731 d	0,1912 abc	0,0083 a	51 a
CTC 15	18,12 ab	1,76 b	12,28 ab	5,10	2,25	2,79	22,51	31,97	0,4532 f	0,1793 bc	0,0045 b	46 b
CTC 9001	19,02 ab	1,81 ab	13,17 ab	6,00	3,03	2,88	22,41	33,37	0,4756 cd	0,1872 abc	0,0081 a	48 ab
CTC 9002	18,15 ab	1,77 b	12,31 ab	5,13	2,16	2,79	21,54	32,50	0,4539 f	0,1801 bc	0,0040 b	42 c
CTC 9003	19,77 a	1,88 ab	13,92 a	6,74	3,77	2,95	23,16	34,11	0,4943 a	0,1972 abc	0,0078 a	48 ab
RB 867515	19,22 ab	1,91 a	13,37 ab	6,20	3,23	2,90	22,61	34,36	0,4806 b	0,2022 ab	0,0081 a	49 ab
RB 835486	19,13 ab	1,91 a	13,28 ab	6,11	3,14	2,89	22,52	33,48	0,4783 bc	0,2032 a	0,0078 a	48 ab
SP 813250	18,47 ab	1,84 ab	12,62 ab	5,45	2,48	2,82	21,86	32,82	0,4619 e	0,1783 bc	0,0083 a	51 a
Média	18,68	1,84	12,84	5,66	2,74	2,84	22,47	33,19	0,4671	0,1871	0,0078	47
DMS	1,63	0,12	1,65	ns	ns	ns	ns	ns	0,0039	0,023	0,0029	3,56
CV (%)	7,44	8,89	6,78	ns	ns	ns	ns	ns	17,55	17,89	13,39	9,87

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade; ns: não significativo; DMS: diferença mínima significativa; CV: coeficiente de variação.