

TROCAS GASOSAS EM ACESSOS DO 'COMPLEXO SACCHARUM' SUBMETIDAS AO ESTRESSE SALINO

Welson Lima Simões¹, Anderson Ramos de Oliveira², Jucicléia Soares da Silva³,
Vinicius Gonçalves Torres Junior⁴, Wesley Oliveira da Silva⁵, Lizz Kezzy de Moraes⁶

RESUMO: A salinidade é um dos fatores que mais limitam a produtividade agrícola no semiárido brasileiro. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as trocas gasosas de acessos do 'Complexo *Saccharum*' submetidas a estresse salino. O experimento foi realizado em casa de vegetação, instalada na sede da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Unidade Semiárido, em Petrolina-PE, latitude: 9°09' S, longitude: 40°22' W, altitude: 365,5 m). O delineamento foi em blocos casualizados, sendo os tratamentos representados por dezenove acessos pertencentes diferentes gêneros (BGCN 6, BGCN 87, BGCN 88, BGCN 89, BGCN 90, BGCN 91, BGCN 94, BGCN 101, BGCN 102, BGCN 104, BGCN 114, BGCN 117, BGCN 118, BGCN 119, BGCN 120, BGCN 122, BGCN 123, BGCN 125 e BGCN 127), com três repetições. Aos 90 dias após o plantio foram avaliadas as trocas gasosas. Os acessos BGCN 120 e BGCN 123 de *E. arundinaceus* e os acessos de BCGN 6, BCGN 102 e BCGN 1 de *S. officinarum* apresentaram elevada taxa fotossintética e alta taxa transpiratória indicando menor sensibilidade ao estresse salino e devem ser consideradas em trabalhos de melhoramento genético.

PALAVRAS-CHAVE: *Erianthus arundinaceus*, *Miscanthus* spp., Respostas fisiológicas, salinidade

GAS EXCHANGES ON 'SACCHARUM COMPLEX' ACCESSES SUBMITTED TO SALINE STRESS

¹ Pesquisador, Embrapa Semiárido, CEP 56302-970, Petrolina-Pe. Fone (87) 38663600. e-mail: welson.simoies@embrapa.br.

² Pesquisador, Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.

³ Pós-Doutoranda, Embrapa Semiárido, Petrolina-PE.

⁴ Graduando em Licenciatura em Ciências Biológicas, UPE, Petrolina-PE.

⁵ Graduando em Licenciatura em Ciências Biológicas, UPE, Petrolina-PE.

⁶ Pesquisadora, Embrapa Tabuleiros Costeiros, Rio Largo-AL.

ABSTRACT: Salinity is one of the factors that most limit agricultural productivity in the Brazilian semiarid. In this context, the present work aimed to evaluate the gas exchange of accessions of the Saccharum Complex subjected to saline stress. The experiment was carried out in a greenhouse, located at the headquarters of the Brazilian Agricultural Research Corporation, Semi-arid Unit, Petrolina-PE, latitude: 9°09 'S, longitude: 40°22' W, altitude: 365.5 m). The design was in randomized blocks, with the treatments represented by nineteen accessions belonging to different genres (BGCN 6, BGCN 87, BGCN 88, BGCN 90, BGCN 91, BGCN 94, BGCN 101, BGCN 102, BGCN 104, BGCN 114, BGCN 117, BGCN 118, BGCN 119, BGCN 120, BGCN 122, BGCN 123, BGCN 125 and BGCN 127), with three repetitions. At 90 days after planting, gas exchange was evaluated. *E. arundinaceus* BGCN 120 and BGCN 123 accessions and *S. officinarum* BCGN 6, BCGN 102 and BCGN 1 accessions presented high photosynthetic rate and high transpiratory rate indicating lower sensitivity to saline stress and should be considered in genetic improvement work. .

KEYWORDS: *Erianthus arundinaceus*, *Miscanthus* spp., Physiological responses, salinity

INTRODUÇÃO

O Estado de Pernambuco apresentou, na safra 2018/2019, uma área cultivada com cana-de-açúcar de 231,3 mil hectares, produtividade de 49,407 t ha⁻¹ e uma produção de 11.425,4 mil toneladas, produtividade esta inferior em cerca de 32% a média nacional (Conab, 2019).

A produção de cana-de-açúcar na região semiárida, geralmente se dá em solos com problemas de salinidade devido às irregularidades das precipitações e altas taxas de evaporação ou com potencial para salinização devido a aplicação de água de irrigação de baixa qualidade. Os principais problemas causados pela salinização do solo são a redução do potencial osmótico da solução do solo, diminuindo sua disponibilidade de água, e acentuando a toxicidade do sódio e cloreto às plantas (Brady, 1989; Hasegawa et al., 2000; Dias e Blanco, 2010; Taiz et al., 2017).

O cultivo da cana-de-açúcar na região semiárida, geralmente, ocorre em solos com problemas de salinidade devido às irregularidades das precipitações e às altas taxas de evaporação ou em solos com potencial para salinização devido à aplicação de água de irrigação de baixa qualidade. Esta salinidade pode prejudicar drasticamente a produção em virtude da alteração dos componentes fisiológicos, notadamente, a condutância estomática, a transpiração e a fotossíntese.

Os efeitos da salinização sobre as plantas é um fenômeno extremamente complexo, envolvendo alterações morfológicas e de crescimento, além de processos fisiológicos e bioquímicos, que podem ser causados pelas dificuldades de absorção de água, toxicidade de íons específicos e pela interferência dos sais nos processos fisiológicos reduzindo o crescimento, o desenvolvimento das plantas, a produtividade e qualidade, ou a perda total da produção. Os processos de crescimento são particularmente sensíveis ao efeito da salinidade, de modo que a taxa de crescimento e a capacidade fotossintética são bons parâmetros para a avaliação dos efeitos da salinidade, tal como a capacidade da planta para tolerar esse estresse (Dias e Blanco, 2010).

Uma das alternativas para sustentabilidade das propriedades nesta região é a identificação de genótipos mais tolerantes à salinidade. Segundo Ayers e Westcot (1999), a cana-de-açúcar é considerada moderadamente sensível à salinidade, sendo que a diminuição do rendimento pode chegar a 50% para solos com condutividade elétrica de 4,0 dS m⁻¹. No entanto, essa resposta pode variar significativamente entre materiais.

No melhoramento vegetal da espécie, outros gêneros, além do *Saccharum* são utilizados, como é o caso dos gêneros *Erianthus* e *Miscanthus* que podem fornecer genes de elevado interesse para cruzamentos interespecíficos com vistas à obtenção de genótipo tolerante ao estresse salino. Segundo Garcia (2006), o agrupamento, originado do cruzamento dos diferentes gêneros na cultura da cana-de-açúcar, é conhecido como ‘Complexo *Saccharum*’.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as trocas gasosas de acessos do ‘Complexo *Saccharum*’ submetidas a estresse salino.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação, instalada na sede da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) - Semiárido, em Petrolina-PE (latitude: 9°09' S, longitude: 40°22' W, altitude: 365,5 m).

O clima da região, segundo Köppen é do tipo BSW_h, tropical Semiárido, conforme descrito por Reddy e Amorim Neto (1983). As chuvas concentram-se entre os meses de novembro e abril, com precipitação média anual de 540 mm, irregularmente distribuída. A temperatura média anual é de 26,5°C, variando entre 21 e 32°C, com uma evaporação média

anual de 2000 mm, umidade relativa do ar média anual de 67,8%, com 3.000 horas de brilho solar e velocidade média do vento de 2,3 m/s.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, sendo os tratamentos representados por dezenove acessos pertencentes a diferentes gêneros/espécies, sendo dez acessos de *Saccharum officinarum* (BGCN 6, BGCN 91, BGCN 104, BGCN 127, BCGN 90, BGCN 101, BGCN 102, BGCN 118, BGCN 125 e BGCN 122), dois acessos *Saccharum spp.* (BGCN 87 e BGCN 89), um acesso *Saccharum híbrido* (BGCN 88), um acesso *Saccharum robustum* (BGCN 94), quatro acessos de *Erianthus arundinaceus* (BGCN 117, BGCN 119, BGCN 120 e BGCN 123) e um acesso de *Miscanthus spp.*, com três repetições.

O experimento foi implantado em vasos de polietileno com capacidade para 10 dm³, preenchidos com Neossolo Quartzarênico, cujas características químicas e de textura analisadas conforme metodologia descrita pela EMBRAPA (2017), estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo utilizado para o cultivo de variedades de cana-de-açúcar sob diferentes níveis de salinidade.

M.O.	pH H ₂ O	CE _{es}	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Al ⁺³	T
g kg ⁻¹	(1:2,5)	dS m ⁻¹	-----cmol _c dm ⁻³ -----					
10,2	4,8	0,6	1,4	0,4	0,04	0,28	0,05	3,6
P	V	Cu	Fe	Mn	Zn	Areia	Silte	Argila
mg dm ⁻³	%	-----mg dm ⁻³ -----				-----%-----		
4,2	59	0,2	9,1	12,0	1,1	73,0	19,0	8,0

CE_{es}= condutividade elétrica do extrato de saturação; M.O.= matéria orgânica; P= fósforo disponível extraído por Mehlich⁻¹; Ca²⁺= cálcio trocável; Mg²⁺= magnésio trocável; Na⁺= sódio trocável; K⁺= potássio trocável; Al⁺³: acidez trocável; T= capacidade de troca de cátions à pH 7,0; V=saturação por bases; Fe=ferro disponível; Mn= manganês disponível; Cu= cobre disponível; Zn= zinco disponível. Micronutrientes extraídos com Mehlich⁻¹.

De acordo com os resultados da análise de solo, foi feita a correção da acidez com a aplicação de calcário dolomítico 90 dias antes do plantio, além da aplicação de macro e micronutrientes seguindo a recomendação.

Para cada vaso foram plantadas duas gemas de cada acesso. Os acessos foram obtidos no Banco de Germoplasma da Embrapa Tabuleiros Costeiros, sendo multiplicados no Campo Experimental de Mandacaru, pertencente à Embrapa Semiárido, em Petrolina-PE. Em seguida, o solo dos vasos foi irrigado até atingir a capacidade de campo, com uso de água de abastecimento.

A água utilizada nas irrigações foi salinizada artificialmente a partir dos sais de cloreto de sódio (NaCl), cloreto de cálcio (CaCl₂.2H₂O) e sulfato de magnésio (MgSO₄.7H₂O), para obter proporção equivalente entre Na:Ca:Mg de 7:2:1 (Aquino et al., 2007). As águas salinas

com a condutividade elétrica (CEa) de 6,0dS m⁻¹ foram renovadas semanalmente e armazenadas em local fresco e sombreado, a fim de evitar alterações do seu valor por possíveis evaporações e variações da temperatura.

Após 90 dias de estresse salino, 17/12/2018, foram avaliadas as trocas gasosas por meio do analisador portátil de gás infravermelho (IRGA), modelo Li-6400 Licor®, utilizando luz artificial fixada em 2000 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$. As variáveis fisiológicas das plantas analisadas foram: taxa de fotossíntese (A), condutância estomática (gs), temperatura foliar e transpiração (E).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando o programa Sisvar 5.0. Para comparação entre as variedades foi realizado o teste de médias Scott knott a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados demonstraram que houveram diferenças significativas entre os genótipos quanto à capacidade de tolerar o estresse salino (6,0 dS m⁻¹) para as variáveis taxa fotossintética, condutância estomática e transpiração, porém, a temperatura foliar dos diferentes acessos não foi afetada pela salinidade.

Depreende-se da Tabela 1 que dois acessos de *E. arundinaceus* (BGCN 120 e BGCN 123) e três acessos de *S. officinarum* (BCGN 6, BCGN 102 e BCGN 1) formaram o grupo que apresentou a maior taxa fotossintética, indicando menor sensibilidade ao estresse salino quando comparado às demais variedades analisadas.

Estudo de Augustine et al. (2015) demonstrou que o *E. arundinaceus* apresenta uma proteína que tem papel relevante na tolerância ao estresse em plantas, tanto hídrico quanto salino. Assim, em um processo de melhoramento genético da cana-de-açúcar, tal espécie pode ser estratégica.

Analisando-se a condutância estomática, verifica-se que os acessos BGCN 123 e BGCN 120 de *E. arundinaceus* novamente se agruparam e apresentaram os maiores valores de condutância estomática. Por outro lado, os acessos de *S. officinarum* (BGCN 6, BGCN 101 e BGCN 102) formaram, juntamente com outros acessos, um terceiro grupo de condutância estomática reduzida. Provavelmente, o estresse salino acarretou o fechamento estomático e, conseqüentemente, reduziu a absorção de água pela cultura, o que sinaliza uma habilidade para reduzir a perda de água pela transpiração, sendo este, portanto, um mecanismo de resistência. Segundo Inman-Bamber et al. (2005), a redução da condutância estomática é uma estratégia da cana-de-açúcar para evitar a desidratação das folhas.

Tabela 1. Médias de Taxa Fotossintética, Condutância estomática, Temperatura foliar e Transpiração dos diferentes acessos do ‘Complexo *Saccharum*’ submetidos ao estresse salino.

Acesso	Gênero/Espécie	Taxa	Condutância	Temperatura	Taxa de
		fotossintética	estomática	foliar	Transpiração
		($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	($\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	($^{\circ}\text{C}$)	($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)
BGCN 117	<i>Erianthus arundinaceus</i>	9,923333 c	0,140000 d	31,160000 a	0,001533 b
BGCN 123	<i>Erianthus arundinaceus</i>	24,116667 a	0,470000 a	31,010000 a	0,004000 a
BGCN 120	<i>Erianthus arundinaceus</i>	26,840000 a	0,536667 a	29,700000 a	0,004100 a
BGCN 119	<i>Erianthus arundinaceus</i>	12,483333 c	0,190000 c	31,886667 a	0,002200 b
BGCN 114	<i>Miscanthus spp.</i>	15,023333 b	0,306667 b	29,633333 a	0,002567 b
BGCN 88	<i>Saccharum hibrido</i>	16,950000 b	0,256667 c	31,740000 a	0,003000 a
BGCN 90	<i>Saccharum officinarum</i>	9,510000 c	0,076667 d	34,773333 a	0,002000 b
BGCN 91	<i>Saccharum officinarum</i>	11,760000 c	0,180000 c	31,166667 a	0,002667 b
BGCN 104	<i>Saccharum officinarum</i>	17,256667 b	0,120000 d	33,276667 a	0,002467 b
BGCN 122	<i>Saccharum officinarum</i>	12,140000 c	0,083333 d	34,766667 a	0,001900 b
BGCN 118	<i>Saccharum officinarum</i>	12,516667 c	0,056667 d	31,230000 a	0,001500 b
BGCN 6	<i>Saccharum officinarum</i>	23,296667 a	0,190000 c	31,016667 a	0,003000 a
BGCN 127	<i>Saccharum officinarum</i>	16,893333 b	0,180000 c	32,846667 a	0,004033 a
BGCN 125	<i>Saccharum officinarum</i>	18,086667 b	0,203333 c	33,596667 a	0,002800 b
BGCN 102	<i>Saccharum officinarum</i>	21,176667 a	0,220000 c	32,166667 a	0,003867 a
BGCN 101	<i>Saccharum officinarum</i>	22,743333 a	0,206667 c	32,393333 a	0,003533 a
BGCN 94	<i>Saccharum robustum</i>	9,780000 c	0,100000 d	32,803333 a	0,001900 b
BGCN 89	<i>Saccharum sp.</i>	17,176667 b	0,396667 b	29,736667 a	0,003033 a
BGCN 87	<i>Saccharum spp.</i>	14,126667 b	0,206667 c	33,773333 a	0,004000 a

*Médias seguidas por letras iguais, na coluna, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Os acessos não apresentaram diferenças na variável temperatura foliar, cuja média foi 32,04°C.

Em relação à taxa de transpiração, formaram-se dois grupos, sendo que os acessos BGCN 123 e BGCN 120 de *E. arundinaceus* se agruparam entre aqueles de maiores taxas transpiratórias.

CONCLUSÕES

Os acessos BGCN 120 e BGCN 123 de *E. arundinaceus* e os acessos de BCGN 6, BCGN 102 e BCGN 1 de *S. officinarum* apresentaram elevada taxa fotossintética e alta taxa transpiratória indicando menor sensibilidade ao estresse salino e devem ser consideradas em trabalhos de melhoramento genético.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AQUINO, A. J. S.; LACERDA, C. F.; GOMES-FILHO, E. Crescimento, partição de matéria seca e retenção de Na⁺, K⁺ e Cl⁻ em dois genótipos de sorgo irrigados com águas salinas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p.961-971, 2007.

AUGUSTINE, S. M.; NARAYAN, J. A.; SYAMALADEVI, D. P.; APPUNU, C.; CHAKRAVARTHI, M.; RAVICHANDRAN, V.; SUBRAMONIAN, N. *Erianthus arundinaceus* HSP70 (EaHSP70) overexpression increases drought and salinity tolerance in sugarcane (*Saccharum* spp. *hybrid*). **Plant Science**, v. 232, p. 23-34, 2015.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Traduzido por GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; DAMASCENO, F. A. V. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29 revisado). Campina Grande: UFPB/FAO, 1999, 153 p.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos**. 7. ed. Rio de Janeiro, 1989, 215p.

CONAB - Companhia Brasileira de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: Cana-de-açúcar, safra 2018/2019**. Quarto Levantamento, v. 5, n. 4, p. 1-75, Brasília, 2019. Disponível em: < http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_04_13_08_45_51_boletim_cana_portugues_-_4o_lev_-_14-15.pdf>. Acesso em 5 de jul. 2019.

DIAS, N. S.; BLANCO, F. F. **Efeitos dos sais no solo e na planta**. In: GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCT Sal, 2010. 472 p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 3.ed. Brasília, 2017, 573 p.

HASEGAWA, P. M.; BRESSAN, R. A.; ZHU, J. K.; BOHNERT, H. J. Plant cellular and molecular responses to high salinity. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 51, p. 463-499, 2000.

GARCIA, A. A. F. Development of an integrated map of a sugarcane (*Saccharum* spp.) commercial cross, based on a maximum-likelihood approach for estimation of linkage and linkage phases. **Theoretical Applied Genetics**, v. 112, n. 2, p. 298-314, 2006.

INMAN-BAMBER, N. G.; BONNETT, G. D.; SMITH, D. M.; THORBURN, P. J. Sugarcane physiology: Integrating from cell to crop to advance sugarcane production. **Field Crops Research**, v. 92, p.115-117, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.