



TROCAS GASOSAS NA CULTURA DO MILHETO SOB ESTRESSE SALINO E ADUBAÇÃO NITROGENADA

Francisco Hermeson Rodrigues Costa¹, Geocleber Gomes de Sousa², Silas Primola Gomes², José Manuel dos Passos Lima³, Fred Denilson Barbosa da Silva², Benito Moreira de Azevedo⁴

RESUMO: Objetivou-se no presente estudo avaliar o efeito do estresse salino nos parâmetros fisiológicos sob adubação nitrogenada na cultura do milho. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), em arranjo fatorial 5 x 2, com 4 repetições. O primeiro fator corresponde a cinco doses de nitrogênio (40; 60; 80; 100 e 120 kg ha⁻¹ de N) e o segundo a dois níveis de salinidade da água de irrigação (0,3 e 4,0 dS m⁻¹). Foram avaliadas as seguintes variáveis: fotossíntese (A), transpiração (E) e a condutância estomática (gs). A adubação nitrogenada atenuou o efeito negativo da salinidade da água de irrigação sob a fotossíntese da cultura do milho. A água de menor condutividade elétrica de (0,3 dS m⁻¹), reduziu a condutância estomática e transpiração. Doses excessivas de nitrogênio reduziram a condutância estomática e a transpiração, porém com menor intensidade com água de menor salinidade, onde inibiram os efeitos do estresse salino, sobre as trocas gasosas da cultura do milho.

PALAVRAS-CHAVE: *Pennisetum glaucum* L., fisiologia, salinidade.

GAS EXCHANGE IN MILLET CULTURE UNDER SALINE STRESS AND NITROGEN FERTILIZATION

ABSTRACT: The objective of the present study was to evaluate the effect of saline stress on the physiological parameters under nitrogen fertilization in millet culture. The experimental design used was completely randomized (DIC), in a 5 x 2 factorial arrangement, with 4 replications. The first factor corresponds to five doses of nitrogen (40; 60; 80; 100 and 120 kg

¹ Mestrando em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE. Fone: (85) 98225-7930, e-mail: hermesonrc@gmail.com

² Prof. Doutor, Instituto de Desenvolvimento Rural, UNILAB, Redenção, CE

³ Graduando em Agronomia, Instituto de Desenvolvimento Rural, UNILAB, Redenção, CE

⁴ Prof. Doutor, Departamento de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE

ha⁻¹ of N) and the second to two salinity levels of irrigation water (0.3 and 4.0 dS m⁻¹). The following variables were evaluated: photosynthesis (A), transpiration (E) and stomatal conductance (gs). Nitrogen fertilization attenuated the negative effect of irrigation water salinity on photosynthesis in pearl millet. In water with lower electrical conductivity (0.3 dS m⁻¹), it reduced stomatal conductance and transpiration. Excessive doses of nitrogen reduced stomatal conductance and transpiration, but to a lesser extent with water of lower salinity, where they inhibited the effects of saline stress on gas exchange in pearl millet.

KEYWORDS: *Pennisetum glaucum* L., physiology, salinity.

INTRODUÇÃO

A cultura do milheto (*Pennisetum glaucum* L.) pertence à família das Poaceae, é considerada uma espécie de forrageira, sendo utilizada para alimentação animal, produção de silagem e de grãos. Essa cultura adapta-se com facilidade a regiões com clima árido e semiárido, onde as precipitações pluviométricas são irregulares com alta taxa de evaporação, ou seja, considerada resistente a seca pode se tornar uma alternativa aos agricultores familiares (DANTAS & NEGRÃO, 2010).

A salinidade afeta negativamente as culturas agrícolas, prejudica as trocas gasosas, e reduz o crescimento das plantas por ocorrências do potencial osmótico, assim como contribui para um desequilíbrio nutricional (SILVA et al., 2019; CÓ et al., 2023).

Algumas estratégias são necessárias para amenizar o efeito da salinidade nas plantas, dentre as quais a adubação nitrogenada se mostra promissora, uma vez que esse elemento pode contribuir no ajuste osmótico, possibilitando uma maior tolerância da planta aos efeitos dos sais. Esse macronutriente é essencial para as forrageiras, haja vista que contribui na expansão celular, com efeito direto na fisiologia da planta (BRAZ et al., 2019; ALBUQUERQUE et al., 2020).

Nesse contexto, objetivou-se avaliar o efeito do estresse salino nos parâmetros fisiológicos sob adubação nitrogenada na cultura do milheto.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na área experimental da Unidade de Produção de Mudanças Auroras (UPMA), pertencente a Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), Campus das Auroras, Redenção, Ceará, 4°13'33" S; 38°43'50" W e altitude de 92 m.

Conforme o sistema de classificação global de Köppen, o clima da região é classificado como BSh', com temperaturas muito quentes e com chuvas predominantes nas estações do verão e outono (ALVARES et al., 2013). Os dados climáticos são referentes aos valores médios durante a condução do experimento, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1. Dados médios das variáveis climáticas durante a condução do experimento, Redenção, Ceará, 2023.

Ambiente Protegido	Umidade Relativa do ar (%)		Temperatura do ar (°C)	
	Min	Max	Min	Max
	50	57	30,5	39,2

Fonte: Dados coletados na unidade de produção mudas auroras (UPMA).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC) em arranjo fatorial 5×2 , com 4 repetições. O primeiro fator corresponde a cinco doses de nitrogênio (40; 60; 80; 100 e 120 kg ha⁻¹ de N) e o segundo a dois níveis de salinidade da água de irrigação (0,3 e 4,0 dS m⁻¹).

Para adubação mineral utilizou-se a recomendação de Pereira Filho et al. (2003), adotando as doses de 80 kg ha⁻¹ de N, 30 kg ha⁻¹ de P e 40 kg ha⁻¹ de K.

Os vasos utilizados no estudo foram de material plástico flexível, com capacidade volumétrica de 25 litros. O substrato contou com uma proporção de 5:3:1 de arisco, areia e esterco bovino respectivamente. A análise química do substrato foi realizada em um laboratório pertencente à Universidade Federal do Ceará (UFC), apresentados na Tabela 2 de acordo com a metodologia de Teixeira et al. (2017).

As sementes de milho utilizadas foi da variedade comercial BRS 1501, onde foram colocadas de forma linear no vaso, sendo realizado desbastes aos 10 dias após a semeadura (DAS).

Tabela 2. Características químicas do substrato.

Caraterísticas químicas									
M.O.	N	P	Mg	K	Ca	Na	pH	PST (%)	CE
g kg ⁻¹		mg Kg ⁻¹			cmolcdm ⁻³				
4,34	0,26	65	1,20	0,65	1,20	0,33	6,2	7	1,19

MO = matéria orgânica; CEes = Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo; V - Saturação de base SB= soma de bases; CTC=capacidade de troca de cátions.

A solução salina foi preparada a partir dos sais NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O, na proporção de 7:2:1 (MEDEIROS, 1992), obedecendo à relação entre CEa e sua concentração ($\text{mmolc L}^{-1} = \text{CE} \times 10$) conforme Richards (1954). A irrigação foi realizada manualmente e calculado de acordo com o princípio do lisímetro de drenagem mantendo o solo na capacidade de campo aplicando uma fração de lixiviação de 15% conforme recomendado por Ayers & Westcot (1999) após iniciada a diferenciação dos tratamentos aos 10 DAS. O volume de água a ser aplicado consistirá pela (Eq. 1):

$$VI = \frac{(V_p - V_d)}{(1 - LF)} \quad (1)$$

Onde:

VI = Volume de água a ser aplicado no evento de irrigação (mL);

V_p = volume de água aplicado no evento de irrigação anterior (mL);

V_d = Volume de água drenado (mL); e,

LF = fração de lixiviação de 0,15.

Aos 60 (DAS) foram avaliadas as seguintes variáveis: fotossíntese (A), transpiração (E) e a condutância estomática (gs), através de um analisador de gás no infravermelho IRGA (LI 6400 XT da LICOR), em sistema aberto, com fluxo de ar de 300 mL min⁻¹; as medições foram feitas entre 8 e 11h, em folhas completamente expandidas.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, em casos de significância os dados foram submetidos ao teste de Tukey ($p \leq 0,05$), utilizando o Assistat software 7.7 Beta (SILVA & AZEVEDO, 2016).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

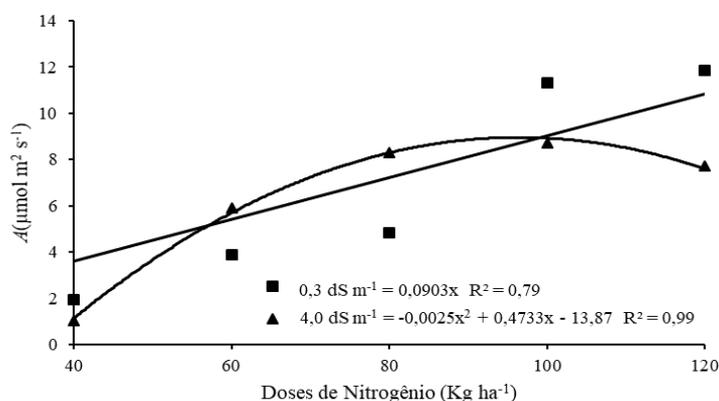
Observa-se na análise de variância (Tabela 3), houve interação entre os fatores doses de nitrogênio (D) e salinidade da água de irrigação (S) para as variáveis fotossíntese (A), condutância estomática (gs) e transpiração (E).

Tabela 3. Resumo da análise de variância para as variáveis fotossíntese (A), transpiração (E) e condutância estomática (gs), em plantas de milho submetidas a doses de nitrogênio (D) e salinidade da água de irrigação (S).

FV	GL	Quadrado Médio		
		A	E	gs
Doses de Nitrogênio (D)	4	41,60**	1,25**	0,0211**
Salinidade (S)	1	15,26**	0,30*	0,00072 ^{ns}
Interação (D x S)	4	53,86**	1,70**	0,02162**
Tratamento	9	44,12**	1,34**	0,01907**
Resíduo	30	1,83	0,06	0,0006
Total	39			
CV (%)	-	18,33	13,55	19,86
Média	-	7,37	1,87	0,12

FV = fonte de variação; CV = coeficiente de variação; MG = média geral; GL = grau de liberdade; 'ns' não significativo; (*) significativo pelo teste F a 5%; (**) significativo pelo teste F a 1%*.

Verifica-se na figura 1, um crescimento linear da fotossíntese (A) para água de 0,3 dS m⁻¹, em detrimento ao aumento das doses de nitrogênio obtendo um incremento percentual de 518% da dose de 40 a 120 Kg ha⁻¹ passando de 1,92 para 11,87 $\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$. Já a utilização de água salobra (4,0 dS m⁻¹) o modelo estatístico que melhor se ajustou foi o polinomial quadrático, expressando o ponto máximo na adubação de 94,6 Kg ha⁻¹ de N, para uma taxa fotossintética de 8,53 $\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$.

**Figura 1.** Fotossíntese (A) em plantas de milho submetidas a diferentes doses de nitrogênio e níveis de salinidade da água de irrigação – 0,3 dS m⁻¹ (■) e 4,0 dS m⁻¹ (◆).

Tendência similar foi verificado por Có et al. (2023) quando analisaram a taxa fotossintética na cultura do milho, sob o efeito da adubação nitrogenada e da salinidade.

De acordo com a figura 2, o incremento das doses de nitrogênio causou alterações na transpiração, onde o modelo estatístico linear decrescente foi que melhor se ajustou para a CEa de 4,0 dS m⁻¹. Esse aumento do N na forma de ureia, reduziu a transpiração em 57,4 % da planta de milho, ao se comparar a menor da maior dosagem de N (Kg ha⁻¹), para a condutividade elétrica de (0,8 dS m⁻¹).

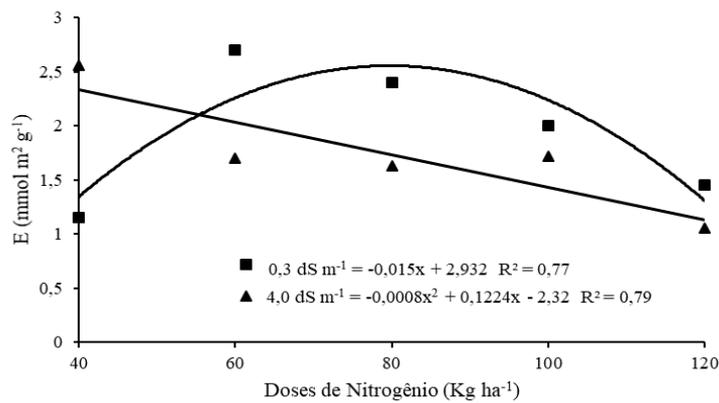


Figura 2. Transpiração (E) em plantas de milho submetidas a diferentes doses de nitrogênio e níveis de salinidade da água de irrigação – 0,8 dS m⁻¹ (■) e 4,0 dS m⁻¹ (▲).

O estresse salino causou redução na transpiração, mesmo elevando os níveis de adubação, sendo a melhor dosagem de 76,5 Kg ha⁻¹, com uma taxa de transpiração máxima de 2,36 mmol m² g⁻¹. Essa redução provavelmente está relacionada a menor emissão de folhas, consequentemente menor captação de CO₂, e menor absorção de água pelas raízes.

Corroborando com os resultados, C^o et al. (2023) trabalhando na cultura do milho sob água salina e adubação nitrogenada, verificaram uma menor taxa na transpiração quando houve um aumento nos níveis de doses de nitrogênio.

Para a condutância estomática (Figura 3) independentemente da condutividade elétrica (0,3 ou 4,0 dS m⁻¹), reduziu linearmente em detrimento do aumento das doses de nitrogênio.

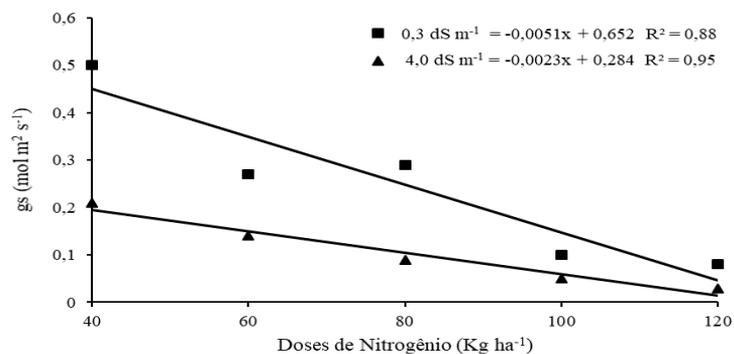


Figura 3. Condutância estomática (gs) em plantas de milho submetidas a diferentes doses de nitrogênio e níveis de salinidade da água de irrigação – 0,3 dS m⁻¹ (■) e 4,0 dS m⁻¹ (▲).

Essa redução da condutância estomática (gs) pode estar relacionado do efeito osmótico que pode ter contribuído para o fechamento do estômato para água de 4,0 dS m⁻¹, porém a diminuição do gs para água de 0,3 dS m⁻¹ provavelmente seja pelo excesso de ureia que provoca redução do potássio, dificultando a absorção desse nutriente, embora alguns autores ainda não tenham elucidado totalmente essa premissa (LOPES & ARAUS, 2006).

Dias et al. (2018) encontraram respostas semelhantes ao desse estudo para condutância estomática na cultura do gergelim, irrigadas com águas salinas sob adubação com combinação de nitrato-amônio como fonte de nitrogênio.

CONCLUSÕES

1. A adubação nitrogenada atenuou o efeito negativo da salinidade da água de irrigação sob a fotossíntese da cultura do milheto. Na água de menor condutividade elétrica de ($0,3 \text{ dS m}^{-1}$), reduziu a condutância estomática e transpiração.

2. Doses excessivas de nitrogênio reduziram a condutância estomática e a transpiração, porém com menor intensidade com água de menor salinidade, onde inibiram os efeitos do estresse salino, sobre as trocas gasosas da cultura do milheto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, A. L. B.; GOMES, S. P.; SOUSA, G. G.; CONRADO, J. A. A.; COSTA, J. G. J.; PIMENTEL, P. G.; LESSA, C. I. N. Uso cíclico das fontes de nitrogênio no cultivo de milheto. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, p. e535985992-e535985992, 2020.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, p. 711-728, 2013.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2.ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29.

BRAZ, R.S.; LACERDA, C. F.; ASSIS JÚNIOR, R. N.; FERREIRA, J. F. S.; OLIVEIRA, A. C.; RIBEIRO, A. A. Crescimento e fisiologia do milho sob salinidade da água e adubação nitrogenada em dois solos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.23, p.907-913, 2019.

CÓ, E. G.; SOUSA, G. G.; GOMES, S. P.; FREIRE, M. H. C.; SILVA, F. D. B. Strategies for the management of irrigation with saline water and nitrogen fertilization in millet, v. 36, n. 2, p. 424-431, 2023.

DANTAS, C. C. O.; NEGRÃO, F. M. Características agronômicas do Milheto (*Pennisetum glaucum*). **PUBVET**, Londrina, v. 4, n. 37, Ed. 142, Art.958, 2010.

DIAS, A. S.; LIMA, G. S.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; FERNANDES, P. D.; SILVA, F. A. Trocas gasosas e eficiência fotoquímica do gergelim sob estresse salino e adubação com nitrato-amônio. **Irriga**, v.23, p.220-234, 2018.

LOPES, M. S.; ARAUS, J. L. Nitrogen source and water regime effects on durum wheat photosynthesis and stable carbon and nitrogen isotope composition. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.126, n.3, p.435–445, 2006.

MEDEIROS, J. F. **Qualidade da água de irrigação utilizada nas propriedades assistidas pelo “GAT” nos Estados do RN, PB, CE e avaliação da salinidade dos solos**. Campina Grande: UFPB, 1992. 173p. Dissertação Mestrado

PEREIRA FILHO, I. A.; FERREIRA, A. D. S.; COELHO, A. M.; CASELA, C. R.; KARAM, D.; RODRIGUES, J. A. S.; CRUZ, J. C.; WAQUIL, J. M. **Manejo da cultura do milheto**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. (Circular técnica 29).

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington: US Department of Agriculture, 1954. 160 p. USDA Agriculture Handbook, 60.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The assistat software version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, p. 3733-3740, 2016.

SILVA, S. S.; LIMA, G. S.; LIMA, V. L. A.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. D.; MOREIRA, R. C. L. Trocas gasosas e produção de melancia sob manejo de salinidade e adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 49, e54822, 2019.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3.ed. Brasília, DF: EMBRAPA. 2017. 577p.