



## DESEMPENHO FISIOLÓGICO DE PLANTAS DE GERGELIM SOB ESTRESSE SALINO E ADUBAÇÃO COM CINZA VEGETAL

Elizeu Matos da Cruz Filho<sup>1</sup>, Edimir Xavier Leal Ferraz<sup>2</sup>, Raquele Mendes de Lira<sup>3</sup>, Enio Farias de França e Silva<sup>4</sup>, José Raliuson Inácio Silva<sup>5</sup>, Eduardo Soares de Souza<sup>6</sup>

**RESUMO:** Os mecanismos fisiológicos das plantas são afetados pelo estresse salino e a cinza vegetal pode ser um atenuador dos efeitos dos sais sobre o gergelim. Objetivou-se avaliar as trocas gasosas de gergelim submetido ao estresse salino e adubação com cinza vegetal. O estudo foi conduzido na Universidade Federal Rural de Pernambuco. O delineamento foi em blocos casualizados em esquema fatorial (5 x 2) + 2, sendo cinco doses de cinza do bagaço da cana-de-açúcar (0, 30, 60, 90 e 120 g planta<sup>-1</sup>), duas fontes de água: do abastecimento (A1= 0,5 dS m<sup>-1</sup>) e poço artesiano (A2 = 4,1 dS m<sup>-1</sup>) e duas testemunhas adicionais (T1 = Adubação recomendada + água de 0,5 dS m<sup>-1</sup>); e T2 = Adubação recomendada + Água de 4,1 dS m<sup>-1</sup>). As leituras foram realizadas aos 39 e 59 dias após a emergência (DAE) e avaliadas: condutância estomática, transpiração, fotossíntese líquida, concentração interna de CO<sub>2</sub>, eficiência de carboxilação e eficiência instantânea no uso da água. Até os 39 DAE as trocas gasosas do gergelim não foram afetadas pela irrigação com água salina. No entanto, aos 59 DAE, a irrigação com água salina afetou negativamente a taxa de assimilação líquida, transpiração, condutância estomática e eficiência instantânea de carboxilação. Por fim, o uso de cinza vegetal não foi eficaz em atenuar o estresse salino sobre as plantas de gergelim.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Sesamum Indicum* L., salinidade, trocas gasosas.

## PHYSIOLOGICAL PERFORMANCE OF SESAME PLANTS UNDER SALINE STRESS AND VEGETABLE ASH FERTILIZATION

<sup>1</sup> Agrônomo, mestrando em Engenharia Agrícola, Recife - PE, elizeu.cruz9@gmail.com

<sup>2</sup> Mestrando em Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife - PE

<sup>3</sup> Profª. Doutora Depto de Agronomia, UFRPE - UAST, Serra Talhada - PE

<sup>4</sup> Profª. Doutor Depto de Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife, PE

<sup>5</sup> Mestre em Produção Vegetal - UFRPE - UAST, Serra Talhada - PE

<sup>6</sup> Profª. Doutor Depto de Produção Vegetal, UFRPE - UAST, Serra Talhada - PE

**ABSTRACT:** The physiological mechanisms of plants are affected by saline stress and vegetable ash can be an attenuator of the effects of salts on sesame. The objective was to evaluate the gaseous exchanges of sesame subjected to saline stress and fertilization with vegetable ash. The study was conducted at the Federal Rural University of Pernambuco. The design was in randomized blocks in a factorial scheme (5 x 2) + 2, with five doses of sugarcane bagasse ash (0, 30, 60, 90 and 120 g plant<sup>-1</sup>), two sources of water: from the supply (A1= 0.5 dS m<sup>-1</sup>) and artesian well (A2 = 4.1 dS m<sup>-1</sup>) and two additional controls (T1 = Recommended fertilization + water of 0.5 dS m<sup>-1</sup>); and T2 = Recommended fertilization + 4.1 dS m<sup>-1</sup> water). Readings were taken at 39 and 59 days after emergence (DAE) and evaluated: stomatal conductance, transpiration, net photosynthesis, internal CO<sub>2</sub> concentration, carboxylation efficiency and instantaneous water use efficiency. Up to 39 DAE, sesame gas exchange was not affected by irrigation with saline water. However, at 59 DAE, irrigation with saline water affected negatively net assimilation rate, transpiration, stomatal conductance and instantaneous carboxylation efficiency. Finally, the use of plant ash was not effective in attenuating saline stress on sesame plants.

**KEYWORDS:** *Sesamum Indicum* L., salinity, gas exchange.

## INTRODUÇÃO

O gergelim (*Sesamum indicum* L.) é uma cultura amplamente cultivada em diversas partes do mundo e de grande importância socioeconômica, principalmente para a região nordeste do Brasil. Entretanto, esta cultura é susceptível a fatores abióticos como a salinidade, considerado um dos mais comuns que pode limitar significativamente os mecanismos de desenvolvimento das plantas (DIAS et al., 2018).

Dessa forma, é fundamental estudar o comportamento desse mecanismo de plantas sob estresse para compreender as respostas e como se adaptam às condições ambientais adversas, sendo essencial para o desenvolvimento de estratégias de manejo que possam minimizar os efeitos negativos dessa condição.

Estudos têm evidenciado que os mecanismos fisiológicos das plantas são afetados pelo estresse salino, com redução nas trocas gasosas do gergelim, como visto em trabalho desenvolvido por Dias et al. (2017). Com isso, algumas estratégias têm sido utilizadas, incluindo a adubação com materiais orgânicos, como a cinza vegetal, utilizada como uma alternativa sustentável e econômica para melhorar a fertilidade do solo e aumentar a

produtividade agrícola de modo a minimizar os efeitos negativos da salinidade (FERREIRA et al., 2012).

Diante desse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar as trocas gasosas de plantas de gergelim submetidas a estresse salino e adubação com cinza vegetal.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Universidade Federal Rural de Pernambuco, na Unidade acadêmica de Serra Talhada. O clima da região é classificado como BSw<sub>h</sub>, semiárido, quente e seco, conforme Köppen (1923), com temperatura média do ar de 24,8 °C. Apresenta irregularidade na distribuição espaço-temporal das chuvas, com média de 642,1 mm ano<sup>-1</sup>, umidade relativa do ar aproximadamente de 62,5% e demanda atmosférica acima de 1.800 mm ano<sup>-1</sup> (SILVA et al., 2015).

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados em esquema fatorial (5 x 2 + 2), com 4 repetições. Os tratamentos consistiram em cinco doses de cinzas de bagaço da cana-de-açúcar (0, 30, 60, 90 e 120 g planta<sup>-1</sup>), duas qualidades de água (A1= água do abastecimento local (0,5 dS m<sup>-1</sup>); A2 = água de poço artesiano (4,1 dS m<sup>-1</sup>) e duas testemunhas adicionais (T1 = Adubação recomendada + água de 0,5 dS m<sup>-1</sup>); e T2 = Adubação recomendada + Água de 4,1 dS m<sup>-1</sup>).

Antes da instalação do experimento, foram coletadas amostras de solo, cinzas e água e enviado ao laboratório, para análise dos atributos químicos, observados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Análise química do solo, cinzas do bagaço da cana-de-açúcar e da água de utilização do primeiro e segundo ciclo de produção do gergelim.

Solo															
M.O	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	H <sup>+</sup> Al <sup>3+</sup>	P	Cu	Fe	Mn	Zn	PST	V	CE	pH	
g Kg <sup>-1</sup>	cmol dm <sup>3</sup>				mg dm <sup>3</sup>					%	dS m <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O				
10,3	0,8	3,1	1,3	0,4	1,2	1358,7	0,7	13,3	19,7	3,7	0,8	82	1,4	7,0	
Cinzas da cana de açúcar															
M.O	N	P	K	Ca	Mg	S	Si	Cu	Fe	Mn	Zn	Na	Cl	CE	pH
g Kg <sup>-1</sup>					mg kg <sup>-1</sup>					dS m <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O					
212,5	1,1	12,8	60,5	21,1	6,0	-	54,0	54,0	3660	717	135	830	-	20,2	10,4
Água															
K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub> <sup>2+</sup>	Cl	Cu	Fe	Mn	Zn	RAS	CE	pH		
mmol L <sup>-1</sup>						mg L <sup>-1</sup>					dS m <sup>-1</sup> H <sub>2</sub> O				
0,3	7,2	8,2	3,1	3,68	0,49	16,7	0,01	0,01	0,03	0,01	0,7	1,8	6,6		

MO = Matéria Orgânica; V% = Saturação por Bases; PST = Porcentagem de sódio Trocável; CE = Condutividade elétrica; pH = Potencial Hidrogeniônico.

Posteriormente ao preparo do solo que consistiu em aração e duas gradagens, foi realizado o plantio no espaçamento 0,8 x 0,1 m, respectivamente, semeando-se 4 sementes por cova da cultivar utilizada que foi a BRS Seda, a dois centímetros de profundidade. Após a emergência das plântulas, foi realizado o desbaste, deixando apenas uma planta por cova. Para os tratamentos testemunhas foi utilizada a adubação recomendada para a cultura (IPA, 2008), que indica 50, 14 e 60 kg ha<sup>-1</sup> de N – P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – K<sub>2</sub>O, respectivamente. Quanto aos demais tratamentos foram baseados em trabalhos da literatura como o de Bonfim-Silva et al. (2020) para a cultura do amendoim.

A cinza do bagaço foi obtida nos fornos do Engenho Santa Luzia, situado no município de Triunfo – PE, e aplicada logo na semeadura, com abertura e aplicação em sulcos a uma distância média de 10 cm da linha de plantio.

Para as irrigações foram utilizadas água de um poço artesiano, que apresenta condutividade elétrica de 4,1 dS m<sup>-1</sup> e água do abastecimento público com condutividade de 0,5 dS m<sup>-1</sup>. Durante o experimento, foi feito o monitoramento da condutividade elétrica da água. Ao constatar que a salinidade da água proveniente do poço artesiano estava abaixo do valor estipulado pelo presente estudo (4,1 dS m<sup>-1</sup>), foi realizado um acréscimo de sais à água. Essa adição foi feita utilizando NaCl e CaCl<sub>2</sub> na proporção de 1:1 molar (Ca:Na), conforme metodologia proposta por Richards (1954).

O sistema de irrigação foi composto de gotejadores autocompensante e irrigação realizada diariamente com base na evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) com os dados da ET<sub>o</sub>, K<sub>c</sub> e K<sub>i</sub>. A ET<sub>o</sub> foi calculada por meio do modelo de Penman-Monteith/FAO (ALLEN et al., 1998). Os dados climáticos foram obtidos da estação agrometeorológica de aquisição automática de dados (HOBO RX Station -RX3000) instalada nas proximidades da área experimental.

As leituras foram realizadas aos 39 e 59 dias após emergência, na quarta folha não sombreada e completamente expandida, contada a partir do ápice para a base em cada planta dos tratamentos, entre as 10 e 12 horas, horário de brilho de sol intenso e elevada demanda evapotranspirométrica. As respostas fisiológicas das plantas aos tratamentos foram analisadas usando o analisador de gás infravermelho (IRGA LI-6200) e observadas a condutância estomática (g<sub>s</sub>) (mol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) transpiração (E) (mmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), fotossíntese líquida (A) (μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), e concentração interna de CO<sub>2</sub> (C<sub>i</sub>) (μmol mol<sup>-1</sup>), eficiência de carboxilação (A/C<sub>i</sub>) [(μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) / (μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>)] e eficiência instantânea no uso de água (EUA= A/E) [(μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) / (mmol de H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>)].

Após testada a normalidade, os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F a 1 e 5% de probabilidade. Quando significativo, as qualidades de água, e diferenças entre

testemunhas adicionais foram analisadas pelo teste de Tukey, utilizando o Software R versão 4.2.1 (R CORE TEAM, 2022).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância, a leitura realizada aos 39 dias após a emergência houve diferenças significativas apenas entre as testemunhas adicionais, exceto para eficiência instantânea no uso da água (A/E) e eficiência instantânea de carboxilação (A/Ci). Aos 59 DAE, não foi observado interação entre os fatores, mas diferenças significativas isoladas da água de irrigação para taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> (A) transpiração (E), condutância estomática (gs) e eficiência de carboxilação (A/Ci). Nesse caso, não foram constatadas diferenças significativas entre as testemunhas, no entanto, foram observadas diferenças significativas entre as testemunhas e aos níveis de condutividade elétrica da água de irrigação.

Para a leitura realizada aos 39 DAE (Tabela 2) o tratamento T2 (adubação recomendada para a cultura + irrigação com água de 4,1 dS m<sup>-1</sup>), quando comparada com a Testemunha 1, obteve maiores resultados para A - taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub>, E - transpiração foliar, gs - condutância estomática e Ci - concentração interna de CO<sub>2</sub>.

Esse comportamento pode ser decorrente do efeito do micronutriente cloreto presente nos sais adicionados a água de irrigação (NaCl e CaCl<sub>2</sub>) em que os íons Cl<sup>-</sup> nessa fase inicial até a leitura aos 39 DAE se encontrara em quantidades ainda adequadas.

**Tabela 2.** Valores médios de A-Taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> (μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>); E - Transpiração foliar (mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>); gs - condutância estomática (mol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>); Ci - Concentração interna de CO<sub>2</sub> (μmol CO<sub>2</sub> mol<sup>-1</sup>); A/E - Eficiência instantânea no uso da água (μmol CO<sub>2</sub> mmol H<sub>2</sub>O<sup>-1</sup>); A/Ci - Eficiência instantânea de carboxilação (mol. m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) aos 39 e 59 DAE nas diferentes qualidades de água de irrigação, relação com as testemunhas adicionais e diferenças entre si.

FV	-----39 DAE-----				-----59 DAE-----					
	A	E	gs	Ci	A	E	gs	Ci	A/E	A/Ci
A1	26,9a	12,4a	0,57a	243,9a	25,1a	11,7a	0,37a	216,5a <sup>*+</sup>	2,1a <sup>*</sup>	0,11a
A2	27,2a	12,5a	0,54a	238,2a	21,3b	10,4b	0,30b	214,3a <sup>*+</sup>	2,0a <sup>*+</sup>	0,09b <sup>*</sup>
T1	25,5B	11,0B	0,43B	223,6B	25,4A	10,1A	0,29A	179,0A	2,4A	0,14A
T2	34,1A	14,3A	0,80A	248,5A	23,2A	9,7A	0,27A	189,3A	2,3A	0,12A

Médias seguidas da mesma letra minúscula, para o fator água (A1 e A2), e maiúscula, para as testemunhas (T1 e T2), não diferem significativamente pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Médias seguidas de \* e/ou + se diferenciam da Testemunha 1 (T1) e Testemunha 2 (T2), respectivamente, pelo teste de Dunnett ( $p \leq 0,05$ ). DAE - Dias após a emergência. FV - Fator de variação. A1 - Água de 0,5 dS m<sup>-1</sup>; A2 - Água de 4,1 dS m<sup>-1</sup>; T1 - Adubação recomendada + água com 0,5 dS m<sup>-1</sup>; T2 - Adubação recomendada + água com 4,1 dS m<sup>-1</sup>.

De acordo com Taiz et al. (2017) e Fernandes et al. (2018), a presença do íon cloro (Cl<sup>-</sup>) é crucial para a reação de clivagem da água na fotossíntese, pela qual o oxigênio é produzido. Nas células vegetais, o cloro configura-se como um dos principais íons inorgânicos essenciais

para a liberação de O<sub>2</sub>. Além disso, desempenha um papel importante na ativação de enzimas e funciona como um contra-íon para o potássio (K<sup>+</sup>), uma vez que os fluxos de K<sup>+</sup> acompanhados de ânions, como Cl<sup>-</sup> e malato, mediam a abertura e fechamento dos estômatos.

Ainda na Tabela 2, observa-se aos 59 dias após a emergência, um efeito negativo da água salina sobre a taxa de assimilação líquida de CO<sub>2</sub> (A), transpiração (E), condutância estomática (gs) e eficiência instantânea de carboxilação (A/Ci) em plantas de gergelim.

Isso pode estar relacionado com a concentração de sais no solo ao longo do tempo e pelo aumento do potencial osmótico na zona radicular, dificultando a absorção de água e nutrientes, levando ao acúmulo de íons tóxicos nas células, afetando a capacidade das plantas em realizar a fotossíntese de forma eficiente. Resultados semelhantes ao do presente estudo foram reportados por Dias et al. (2018) que constataram que a utilização de água salina mesmo em baixa condutividade elétrica promove redução nas trocas gasosas de gergelim cv. CNPA G3 e cv. BR G4.

Nesse caso, não foram constatadas diferenças significativas entre as testemunhas, no entanto, foi observada diferença significativa entre as testemunhas adicionais e os níveis de condutividade elétrica da água de irrigação na concentração interna de CO<sub>2</sub> sendo maior nos tratamentos comuns, aqueles sem a adubação recomendada. Quanto à eficiência instantânea no uso da água e à eficiência instantânea de carboxilação, os tratamentos comuns apresentaram médias inferiores às testemunhas, especialmente em comparação com a Testemunha 1.

Evidencia-se que os resultados positivos nas testemunhas foram alcançados graças ao efeito da adubação nitrogenada, uma vez que esse nutriente está presente em baixas quantidades nas cinzas da cana-de-açúcar, com apenas 1,1 g kg<sup>-1</sup> de N. O nitrogênio desempenha papel importante na síntese de compostos para as plantas, como proteínas e enzimas envolvidas no processo de fotossíntese que podem desempenhar um papel fundamental na proteção das estruturas celulares e suas funções (BADSHAH et al., 2017; NÓBREGA et al., 2023).

## CONCLUSÕES

Até a fase de pré-floração, aos 39 dias após a emergência as trocas gasosas do gergelim não foram afetadas pela irrigação com água salina.

Aos 59 dias após a semeadura, a irrigação com água salina afetou negativamente a taxa de assimilação líquida, transpiração, condutância estomática e eficiência instantânea de carboxilação em plantas de gergelim.

O uso de cinzas de cana-de-açúcar não foi eficaz em atenuar o estresse salino sobre as plantas de gergelim.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56**. FAO, Rome, 1998. 300p.

BADSHAH, S.; KHALIL, S. K.; JALAL, F.; BASEER, A.; SULEMAN, M.; KHAN, H.; ZAHEER, S. Influence of nitrogen and row spacing on Sesame (*Sesamum indicum* L.) growth and yield attributes. **Pure and Applied Biology (PAB)**, v.6, n.1, p.116-124, 2017.

BONFIM-SILVA, E. M.; TAKENAKA, P. Y.; NONATO, J. J.; GUIMARAES, S. L.; DA SILVA, T. J. A. Productive characteristics of peanut cultivars fertilized with wood ash. **Australian Journal of Crop Science**, v.14, n.4, p.691-696, 2020.

DIAS, A. S.; LIMA, G. S. D.; GHEYI, H. R.; NOBRE, R. G.; SANTOS, J. B. D. Emergence, growth and production of sesame under salt stress and proportions of nitrate and ammonium. **Revista Caatinga**, v. 30, p. 458-467, 2017.

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, n. 2, p. 220-234, 2018.

FERNANDES, M. S.; SOUZA, S.R.; SANTOS, L.A. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa - Minas Gerais. 2018. 670p.

FERREIRA, E. P. B.; FAGERIA, N. K.; DIDONET, A. D. Chemical properties of an Oxisol under organic management as influenced by application of sugarcane bagasse ash. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 2, p. 228-236, 2012.

IPA - INSTITUTO AGRONÔMICO DE PERNAMBUCO. **Recomendações de adubação para o Estado de Pernambuco: 2ª aproximação**. 3.ed. revisada. Recife: IPA, 2008. 212p.

KÖPPEN, W. P. **Die klimate der erde: Grundriss der klimakunde**. Walter de Gruyter & Co. Berlin. 1923. 369p.

NÓBREGA, J. S.; SILVA, T. I. D.; LOPES, A. S.; COSTA, R. N.; RIBEIRO, J. E. D.; SILVA, E. C. D.; DIAS, T. J. Foliar nitrogen fertilization attenuating harmful effects of salt stress on purple basil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.27, p.472-479, 2023.

R CORE TEAM (2022). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>.

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

SILVA, T. G. F.; PRIMO, J. T. A.; MOURA, M. S. B.; SILVA, S. M. S.; MORAIS, J. E. F.; PEREIRA, P. C.; SOUZA, C. A. A. Soil water dynamics and evapotranspiration of forage cactus clones under rainfed conditions. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.50, n.7, p.515-525, 2015.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017. 888p.