



INFLUÊNCIA DA SALINIDADE E ADUBAÇÃO COM CINZA VEGETAL NA CONCENTRAÇÃO DE PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS EM GERGELIM

Elizeu Matos da Cruz Filho¹, Edimir Xavier Leal Ferraz², Raquele Mendes de Lira³, Enio Farias de França e Silva⁴, Naiane Beatriz da Silva Souza⁵, Antônio Henrique Cardoso do Nascimento⁶

RESUMO: A salinidade da água pode afetar negativamente o desenvolvimento das plantas além de alterar a concentração de pigmentos fotossintéticos, desse modo, as cinzas vegetais têm sido utilizadas como fonte de nutrientes e como mitigador do estresse salino. Objetivou-se avaliar a influência da salinidade e adubação com cinza da cana-de-açúcar na concentração de pigmentos fotossintéticos em plantas de gergelim. O estudo foi conduzido na Universidade Federal Rural de Pernambuco. O delineamento foi em blocos casualizados em esquema fatorial (5 x 2) + 2, consistindo em cinco doses de cinzas de bagaço da cana-de-açúcar (0, 30, 60, 90 e 120 g planta⁻¹), e duas fontes de água: do abastecimento (A1= 0,5 dS m⁻¹) e poço artesiano (A2 = 4,1 dS m⁻¹) e duas testemunhas adicionais (T1 = Adubação recomendada + água de 0,5 dS m⁻¹); e T2 = Adubação recomendada + Água de 4,1 dS m⁻¹). As leituras foram realizadas aos 42 e 64 dias após a emergência (DAE) e avaliada as seguintes variáveis: clorofila a, b, clorofila total (a + b) e de carotenoides. Aos 42 dias após a emergência, a concentração de pigmentos fotossintéticos em folhas de gergelim não foi influenciada pela irrigação com água salina, apenas aos 64 DAE teve efeito redutor para carotenoides. Enquanto a aplicação da cinza teve efeitos positivos apenas na concentração de clorofila b aos 64 DAE.

PALAVRAS-CHAVE: *Sesamum Indicum* L., Clorofila, adubação orgânica.

INFLUENCE OF SALINITY AND FERTILIZATION WITH VEGETABLE ASH ON THE CONCENTRATION OF PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS IN SESAME

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

² Mestrando em Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife – PE

³ Profª. Doutora Depto de Agronomia, UFRPE – UAST, Serra Talhada – PE

⁴ Profª. Doutor Depto de Engenharia Agrícola, UFRPE, Recife, PE

⁵ Graduanda em Agronomia – UFRPE – UAST, Serra Talhada – PE

⁶ Profª. Doutor, UFRPE – UAST, Serra Talhada – PE

ABSTRACT: Water salinity can negatively affect plant development in addition to altering the concentration of photosynthetic pigments, thus plant ashes have been used as a source of nutrients and as a saline stress mitigator. The objective was to evaluate the influence of salinity and fertilization with sugarcane ash on the concentration of photosynthetic pigments in sesame plants. 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, consisting of five doses of sugarcane bagasse ash (0, 30, 60, 90 and 120 g plant⁻¹), and two water sources: from the supply (A1= 0.5 dS m⁻¹) and artesian well (A2 = 4.1 dS m⁻¹) and two additional controls (T1 = Recommended fertilization + water of 0.5 dS m⁻¹; and T2 = Recommended fertilization + 4.1 dS m⁻¹ water). Readings were taken at 42 and 64 days after emergence (DAE) and the following variables were evaluated: chlorophyll a, b, total chlorophyll (a + b) and carotenoids. At 42 days after emergence, the concentration of photosynthetic pigments in sesame leaves was not influenced by irrigation with saline water, only at 64 DAE it had a reducing effect for carotenoids. While the application of ash had positive effects only on the concentration of chlorophyll b at 64 DAE.

KEYWORDS: *Sesamum Indicum* L., Chlorophyll, organic fertilizer.

INTRODUÇÃO

A irrigação com água salina é uma prática comum em muitas regiões do mundo, especialmente em áreas semiáridas e áridas, onde a água doce é escassa. No entanto, a salinidade da água pode afetar negativamente o crescimento e desenvolvimento das plantas, além de alterar a concentração de pigmentos fotossintéticos (FREIRE et al., 2014; RIBEIRO et al., 2018).

As cinzas vegetais têm sido utilizadas como fonte de nutrientes para as plantas, além de contribuir para a redução do volume de resíduos agrícolas e sob estresse têm-se estudado esse fertilizante orgânico como forma de mitigação do estresse salino, principalmente pelo aporte de nutrientes essenciais como o potássio, elemento fundamental em eventos fotoquímicos na planta, atua como ativador enzimático e na síntese de proteínas (TAIZ et al., 2017).

No cultivo do gergelim, a influência da irrigação com água salina e adubação com cinza vegetal na concentração de pigmentos fotossintéticos ainda é pouco explorada. Dessa forma, objetiva-se com o presente trabalho avaliar a influência da salinidade e da adubação com cinzas da cana-de-açúcar na concentração de pigmentos fotossintéticos em plantas de gergelim.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Unidade Acadêmica de Serra Talhada, pertencente à Universidade Federal Rural de Pernambuco. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados em esquema fatorial ((5 x 2) + 2), com 4 repetições e um total de 48 unidades experimentais. Os tratamentos avaliados foram cinco doses de cinzas de bagaço da cana-de-açúcar (0, 30, 60, 90 e 120 g planta⁻¹), duas qualidades de água (A1= água do abastecimento local (0,5 dS m⁻¹); A2 = água de poço artesiano (4,1 dS m⁻¹) e duas testemunhas adicionais (T1 = Adubação recomendada + água do abastecimento público (0,5 dS m⁻¹); e T2 = Adubação recomendada + Água do poço artesiano (4,1 dS m⁻¹)).

Utilizou-se sementes da cultivar BRS Seda em espaçamento de 0,8 x 0,1 m, com quatro sementes por cova a dois centímetros de profundidade. Após a emergência das plantas, foi realizado o desbaste, deixando apenas uma planta por cova.

A adubação recomendada para a cultura do gergelim foi utilizada como tratamento testemunha, seguindo as indicações do IPA (2008), que recomendam 50, 14 e 60 kg ha⁻¹ de N – P₂O₅ – K₂O, respectivamente. Já os demais tratamentos receberam adubação com diferentes doses de cinzas do bagaço da cana-de-açúcar. As cinzas passaram por uma análise química para avaliação de macro e micronutrientes (Tabela 1). Após beneficiamento, foram aplicadas na semeadura em sulcos paralelos às linhas de plantio a uma distância média de 10 cm.

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 ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	H ⁺ Al ³⁺	P	Cu	Fe	Mn	Zn	PSTV	CE	pH		
g Kg ⁻¹	cmol dm ³				mg dm ³				%	dS m ⁻¹ H ₂ 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 ⁻¹								mg kg ⁻¹				dS m ⁻¹ H ₂ 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

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

Para as irrigações, foram utilizadas água de um poço artesiano, com condutividade elétrica de 4,1 dS m⁻¹, e água do abastecimento público, com condutividade de 0,5 dS m⁻¹. Durante a realização do experimento, foi feito o monitoramento da condutividade elétrica da água. Ao constatar que a salinidade da água proveniente do poço artesiano estava abaixo do estabelecido no estudo (4,1 dS m⁻¹), foi adicionado sais à água do poço, utilizando NaCl e CaCl₂ em uma proporção molar de 1:1, seguindo a metodologia proposta por Richards (1954). Em

relação à água do abastecimento, sua condutividade elétrica permaneceu próxima ao valor determinado no trabalho (0,5 dS m⁻¹).

O sistema de irrigação foi composto por gotejadores autocompensantes. A irrigação foi realizada diariamente, baseada na evapotranspiração da cultura (ET_c), utilizando-se os dados de ET_o, K_c e K_i. A ET_o 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).

Para o preparo da solução de extração de pigmentos fotossintéticos, procedeu-se com a adição de carbonato de cálcio (CaCO₃) na proporção de 5 g.L⁻¹ de sulfóxido de dimetilo (DMSO), sob agitação constante em agitador magnético por 4 horas. Logo após filtrou-se o reagente seis vezes em duas camadas de papel filtro até ficar cristalizado de acordo com a proposta de adaptação de Hiscox & Israelstam (1979) e Santos et al. (2007).

Para as variáveis de pigmentos fotossintéticos foram obtidas amostras aos 42 e 64 dias após a emergência. Dessa forma, com o auxílio de um perfurador vazado foram coletados 5 discos foliares com área de 5 mm de diâmetro, retirados da quarta folha contada do ápice para a base sem ataque aparente de herbivoria. Os discos foliares foram transferidos para tubos de ensaio com 5,0 mL de sulfóxido de dimetilo (DMSO), saturado com (CaCO₃), revestido com papel alumínio e logo depois colocados em local escuro e mantidos sob temperatura ambiente por 48 horas. Logo após a retirada encubou-se as amostras em banho-maria a 65° por aproximadamente 30 min.

Procedeu-se com a passagem do sobrenadante para cubetas de quartzo em alíquotas de 3,0 mL do material para leitura em espectrofotômetro modelo Biochrom Libra UV-Visível. Para expressar o conteúdo de clorofila a, b, clorofila total (a + b) e de carotenoides em µg/g, nos comprimentos de onda de 665, 649 e 480 nm respectivamente, utilizaram-se as equações baseadas no método descrito por Wellburn (1994) descritas abaixo. Logo após, os dados foram convertidos em µg cm², levando em consideração a área dos discos foliares.

$$\text{Clorofila}_a(\text{Chl}_a) = (12,47A665 - 3,62A649) \quad (1)$$

$$\text{Clorofila}_b(\text{Chl}_b) = (25,06A649 - 6,50A665) \quad (2)$$

$$\text{Clorofila}_{total}(a + b) = (7,15A665 + 18,71A649) \quad (3)$$

$$\text{Carotenóides} = (1000A480 - 1,29 \text{Chl}_a - 53,78\text{Chl}_b)/220 \quad (4)$$

Após a verificada a normalidade dos dados, os dados foram submetidos a variância utilizando o teste F com níveis de significância de 1% e 5%. Quando observados resultados significativos, utilizou-se o teste de Tukey para analisar as diferenças entre as qualidades de água e entre testemunhas. Além disso, a relação entre as testemunhas e o fator qualidade da água foi analisada por meio do teste de Dunnett, utilizando o Software R versão 4.2.1 (R Core Team (2022)). Enquanto as doses de cinzas mediante regressão polinomial.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância (Tabela 2), não houve efeitos da interação e nem isolados referente à leitura aos 42 dias após a emergência (DAE), apenas diferenças significativas entre as testemunhas adicionais e tratamentos comuns. Aos 64 DAE houve efeito isolado para as doses de cinza para clorofila b e efeito da água de irrigação sob a concentração de carotenoides. Além disso, foram observadas diferenças entre as testemunhas, e entre testemunhas e o fator qualidade da água de irrigação.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para as medidas de pigmentos fotossintéticos em $\mu\text{g cm}^2$, para clorofila a (Chl a), clorofila b (Chl b), carotenoides (Car) clorofila total (Chl t) em gergelim irrigado com diferentes qualidades da água de irrigação e doses de cinzas da cana-de-açúcar.

FV	QUADRADO MÉDIO								
	GL	-----42 DAE-----				-----64 DAE-----			
		Chl a	Chl b	Car	Chl t	Chl a	Chl b	Car	Chl t
Água (A)	1	11,3 ^{ns}	3,0 ^{ns}	0,2 ^{ns}	33,5 ^{ns}	17,1 ^{ns}	0,01 ^{ns}	10,0*	10,9 ^{ns}
Doses (D)	4	6,1 ^{ns}	1,9 ^{ns}	0,7 ^{ns}	3,4 ^{ns}	28,6 ^{ns}	0,01*	1,7 ^{ns}	42,9 ^{ns}
A x D	4	16,2 ^{ns}	3,2 ^{ns}	1,1 ^{ns}	29,1 ^{ns}	45,5 ^{ns}	0,01 ^{ns}	2,0 ^{ns}	57,0 ^{ns}
Teste (T)	1	2,8 ^{ns}	15,6*	0,02 ^{ns}	34,2 ^{ns}	272,5**	0,00 ^{ns}	23,4**	303,8**
T x (A+B)	1	249,2**	3,0 ^{ns}	10,4 ^{ns}	349,4**	496,4**	0,0 ^{ns}	26,6**	567,1**
Bloco	3	20,7 ^{ns}	1,0 ^{ns}	0,8 ^{ns}	34,0 ^{ns}	5,1 ^{ns}	0,005 ^{ns}	0,8 ^{ns}	6,6 ^{ns}
Resíduo	33	17,1	2,3	1,4	25,3	28,9	0,005	1,5	36,4
CV	%	16,8	26,5	17,0	16,3	21,2	7,3	17,5	19,9

* significativo a 5% de probabilidade; ** significativo a 1%; ns – não significativo; DAE - Dias após a emergência; FV -Fontes de variação; GL- Grau de liberdade; CV- Coeficiente de variação.

É possível notar, que mesmo que não tenha sido visualizado diferenças significativas aos 42 DAE (Tabela 3), a concentração de pigmentos fotossintéticos foi numericamente superior quando utilizada a água de 4,1 dS m^{-1} nos tratamentos, mesmo em relação às testemunhas, onde pode observar diferenças significativas entre elas para clorofila b, em que a Testemunha 2 obteve média superior, diferindo também em clorofila a e clorofila total em relação aos tratamentos comuns que utilizou água salina e não salina e sem adubação mineral.

Bazrafshan & Ehsanzadeh (2014) também observaram que os níveis de Chl a, Chl b e Chl total foram maiores em plantas de gergelim cultivadas sob concentrações de NaCl de até 30

mM, em comparação ao tratamento controle. No entanto, esses valores diminuíram quando uma solução de 60 mM de NaCl. Em um estudo realizado por Rivelli et al. (2010) em plantas de girassol, também foi observado o mesmo comportamento, embora inicialmente maior do que o controle, diminuiu levemente ao longo do tempo. Esses autores sugerem que o aumento nos níveis de clorofila sob pode ser atribuído à diminuição do tamanho das células em algumas espécies e genótipos quando expostos a níveis moderados de salinidade, o que resulta em uma maior concentração de cloroplastos por unidade de área.

A concentração de carotenoides aos 64 DAE foi afetada pela utilização da água de irrigação com água salina, com média estatisticamente superior e acréscimo de 13,6% quando utilizado água de 0,5 dS m⁻¹ (Tabela 3), quando comparada a irrigação com água de 4,1 dS m⁻¹. Esse resultado está de acordo com Tatagiba et al. (2014) em que constatou reduções significativas e mais expressivas de 41% na concentração de carotenoides em plantas de tomateiro submetido ao estresse salino.

Ainda na Tabela 3 aos 64 DAE, observa-se que as testemunhas apresentaram diferenças entre si, sendo que, enquanto a T1 obteve média significativamente superior para clorofila, carotenoides e clorofila total. Esses resultados demonstram que, embora a T2 (adubação recomendada + água de 4,1 dS m⁻¹) tenha sido superior aos 42 DAE, a partir desse período o efeito da salinidade sobre o gergelim intensificou-se devido ao acúmulo de sais no solo, resultando em maiores concentrações de pigmentos fotossintéticos na Testemunha 1 (adubação recomendada + água de 0,5 dS m⁻¹) ao longo do tempo.

Tabela 3. Valores médios em µg cm² de Clorofila a (Chl a), clorofila b (Chl b) Clorofila total (Chl t) aos 42 DAE e para Clorofila a (Chl a), carotenoides (Car) e Clorofila total (Chl t) aos 64 DAE em plantas de gergelim nas diferentes qualidades de água de irrigação, relação com as testemunhas adicionais e diferenças entre si.

FV	-----42 DAE-----			-----64 DAE-----		
	Chl a	Chl b	Chl t	Chl a	Car	Chl t
A1	23,0a ^{*+}	5,37 ^a	28,6a ⁺	24,5a [*]	7,3a [*]	29,2a [*]
A2	24,0a ⁺	5,92a	30,4a ⁺	23,1a [*]	6,3b [*]	28,1a [*]
T1	29,0A	4,9B	34,7A	38,3A	10,5A	44,0A
T2	30,2A	7,7A	38,8A	26,6B	7,1B	31,7B

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 com 0,5 dS m⁻¹; A2 - Água com 4,1 dS m⁻¹; T1 - Adubação recomendada + água com 0,5 dS m⁻¹; T2 - Adubação recomendada + água com 4,1 dS m⁻¹, C2 = Ciclo 2.

A partir da Figura 1 é possível constatar a influência das doses de cinzas na clorofila b, em plantas de gergelim, em que obteve maiores concentrações quando utilizada a dose de 120 g planta⁻¹. Esse resultado pode ser decorrente da maior oferta de magnésio na dose máxima, por ser componente central da molécula de clorofila. Bonfim-Silva et al. (2013) constataram efeito

de doses de cinzas no teor de clorofila do capim-marandu, no entanto, com tendência exponencial crescente.

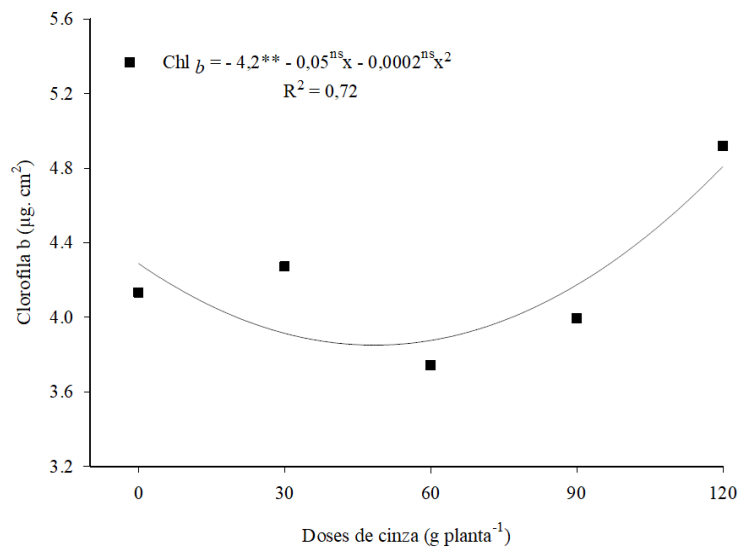


Figura 1. Efeito das doses de cinzas da cana-de-açúcar sob a clorofila b aos 64 dias após a emergência em plantas de gergelim sob diferentes doses de cinzas do bagaço da cana-de-açúcar.

CONCLUSÕES

Até os 42 dias após a emergência, a concentração de pigmentos fotossintéticos em folhas de gergelim não foi influenciada pela irrigação com água salina.

A aplicação da cinza teve efeitos positivos apenas na concentração de clorofila b aos 64 dias após a emergência, na dose de 120 g planta⁻¹.

A água de irrigação de 4,1 dS m⁻¹ teve efeito redutor apenas na concentração de carotenoides aos 64 dias após a emergência.

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.

BAZRAFSHAN, A. H.; EHSANZADEH, P. Growth, photosynthesis and ion balance of sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes in response to NaCl concentration in hydroponic solutions. **Photosynthetica**, v.52, p.134-147, 2014.

BONFIM-SILVA, E. M.; CABRAL, C. E. A.; SILVA, T. D.; MOREIRA, J. C. F.; CARVALHO, J. D. Cinza vegetal: Características produtivas e teor de clorofila do capim-marandu. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 5, p. 1215-1225, 2013.

FREIRE, J. L. O.; DIAS, T. J.; CAVALCANTE, L. F.; FERNANDES, P. D.; NETO, A. J. L. Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.45, n.1, p.82-91, 2014.

HISCOX, J. D.; ISRAELSTAM, G. F. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. *Canadian Journal of Botany*, v. 57, n. 12, p. 1332-1334, 1979.

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

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/>>.

RIBEIRO, R. M. P.; ALBUQUERQUE, J. R. T. D.; SANTOS, M. G. D.; BARROS JÚNIOR, A. P.; GRANGEIRO, L. C.; SILVEIRA, L. M. D. Growth dynamics of sesame cultivars. **Revista Caatinga**, v. 31, p. 1062-1068, 2018.

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

RIVELLI, A. R.; DE MARIA, S.; PIZZA, S.; GHERBIN, P. Growth and physiological response of hydroponically-grown sunflower as affected by salinity and magnesium levels. **Journal of Plant Nutrition**, v.33, n.9, p.1307-1323, 2010.

SANTOS, R. P.; CRUZ, A. C. F. DA; IAREMA, L.; FERNANDES, K. R. G.; KUKI, K. N.; OTONI, W. C. Avaliação da eficiência do dimetilsulfóxido na extração de pigmentos foliares de *Vitis vinifera* x *V. rotundifolia* e *V. riparia* propagadas in vitro. **Revista Brasileira de Biociências**, v.5, n.2, p. 888-890, 2007.

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

TATAGIBA, S. D.; MORAES, G. A. B. K.; NASCIMENTO, K. J. T.; PELOSO, A. F. Limitações fotossintéticas em folhas de plantas de tomateiro submetidas a crescentes concentrações salinas. v.22 n.2, p.138-149, 2014.

WELLBURN, A. R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. **Journal of plant physiology**, v. 144, n. 3, p. 307-313, 1994.