

## FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA *a* DO ALGODOEIRO cv. BRS JADE, SOB SUPRESSÃO HÍDRICA E APLICAÇÃO EXÓGENA PIRUVATO

Mirandy dos Santos Dias<sup>1</sup>, Francisco de Assis da Silva<sup>2</sup>, Pedro Dantas Fernandes<sup>3</sup>, Roseane Cavalcanti Santos<sup>4</sup>, Rômulo Carantino Lucena Moreira<sup>5</sup>, Aline Dayanna Alves de Lima Marcelino<sup>6</sup>

**RESUMO:** Objetivou-se avaliar a fluorescência da clorofila *a*, em plantas de algodoeiro submetidas a supressão hídrica e aplicação exógena de piruvato variando as fases fenológicas da cultura. A pesquisa foi realizada em condições de ambiente protegido pertencente a Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), utilizando sementes do algodoeiro colorido cv. BRS Jade. Foram estudados 6 tratamentos com supressão hídrica e aplicação exógena de piruvato de cálcio variando as fases fenológicas da cultura e um tratamento controle (irrigação plena) distribuídos em delineamento de blocos casualizados com três repetições, perfazendo um total de 21 parcelas experimentais. Aos 56 dias após a semeadura as plantas foram avaliadas quanto a fluorescência inicial ( $F_o$ ), fluorescência média ( $F_m$ ), fluorescência variável ( $F_v$ ), eficiência quântica potencial do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ) e razão  $F_v/F_o$ . Os resultados obtidos nos parâmetros de fluorescência sugerem que não houve danos no centro de reação do fotossistema II, demonstrando que a aplicação exógena de piruvato é eficaz na atenuação dos efeitos da supressão hídrica em plantas do algodoeiro cv. BRS Jade.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Gossypium hirsutum* L., fisiologia, piruvato de cálcio

## FLUORESCENCE OF CHLOROPHYL *a* OF COTTON cv. BRS JADE, UNDER WATER SUPPRESSION AND EXOGENOUS APPLICATION PIRUVATO

**ABSTRACT:** The objective was to evaluate the chlorophyll *a* fluorescence in cotton plants submitted to water suppression and exogenous pyruvate application, varying the phenological

<sup>1</sup> Doutorando em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande, PB. e-mail: mirandysd@gmail.com

<sup>2</sup> Doutorando em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande, PB

<sup>3</sup> Doutor em Solos e Nutrição de Plantas, Prof. do Depto de Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande, PB

<sup>4</sup> Doutora em Biologia Molecular, Pesquisadora, EMBRAPA ALGODÃO, Campina Grande, PB

<sup>5</sup> Doutorando em Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande, PB

<sup>6</sup> Doutoranda em Agronomia, Universidade Federal da Paraíba, Areia, PB

phases of the culture. The research was carried out under protected environment conditions belonging to the Agricultural Engineering Academic Unit of the Federal University of Campina Grande (UFCG), using seeds of colored cotton cv. BRS Jade. Six treatments with water suppression and exogenous application of calcium pyruvate were studied, varying the phenological phases of the culture and a control treatment (full irrigation) distributed in a randomized block design with three replications, making a total of 21 experimental plots. At 56 days after sowing, the plants were evaluated for initial fluorescence ( $F_o$ ), medium fluorescence ( $F_m$ ), variable fluorescence ( $F_v$ ), potential quantum efficiency of photosystem II ( $F_v / F_m$ ) and  $F_v / F_o$  ratio. The results obtained in the fluorescence parameters suggest that there was no damage to the reaction center of photosystem II, demonstrating that the exogenous application of pyruvate is effective in mitigating the effects of water suppression in cotton plants cv. BRS Jade.

**KEYWORDS:** *Gossypium hirsutum* L., physiology, calcium pyruvate

## INTRODUÇÃO

O algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) é cultivado em todo o planeta, sendo o Brasil um dos principais produtores, exportadores e consumidores de algodão em pluma, garantindo lugar privilegiado no cenário internacional, ao lado da China, Índia, Estados Unidos e Paquistão. Todos os anos, uma média de 35 milhões de hectares são plantadas em todo o planeta, envolvendo mais de 35 milhões de pessoas na cadeia produtiva, movimentando cerca de US\$ 12 bilhões anualmente (ABRAPA, 2019).

Alguns fatores tornam limitantes a produção de algodão no Brasil. Notadamente, na Região Nordeste, destaca-se a deficiência hídrica, ocasionada tanto pela distribuição irregular das chuvas quanto pela ocorrência cada vez mais frequente de secas sazonais. As plantas submetidas a tais condições, sofrem alterações em todos os aspectos morfológicos, fisiológicos e bioquímicos. Para garantir a sustentabilidade da produção, é essencial o entendimento das respostas das plantas a tais condições (VIEIRA et al., 2014).

Além dos estudos fisiológicos e bioquímicos realizados para identificação de cultivares mais tolerantes ao déficit hídrico, tem sido utilizado aplicação foliar de substâncias orgânicas como atenuadores, a exemplo do cloreto de mepiquat e ácido salicílico no qual foi constatado efeito benéfico no desenvolvimento das plantas (NAGASHIMA et al., 2007; SILVA et al., 2017).

Com piruvato, entretanto, foi encontrado apenas um trabalho com *Arabidopsis thaliana*, em que folhas foram incubadas por um período de 2,5 h em piruvato nas concentrações de 10, 100 e 1000  $\mu\text{M}$  e foi verificado que na concentração de 100  $\mu\text{M}$ , o piruvato aumentou o tamanho da corrente aniônica nas células guarda (SHEN et al., 2017).

O piruvato, é um elemento crucial no metabolismo do Ciclo de Krebs, que tem um papel vital na conversão da glicose em energia, ou seja, neste processo a glicose (molécula com 6 carbonos) é quebrada em duas moléculas de ácido pirúvico (3 carbonos) que, no Ciclo de Krebs se transformam em energia (ATP) (TAIZ et al., 2017).

Neste trabalho, tem-se como hipótese que a aplicação de piruvato na forma de piruvato de cálcio (produto de forma mais barato no comércio), pode resultar em mais energia e condições mais favoráveis para ativação de mecanismos de tolerância ao fator de estresse.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar a fluorescência da clorofila *a*, em plantas de algodoeiro submetidas a supressão hídrica e aplicação exógena de piruvato variando as fases fenológicas da cultura.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de ambiente protegido, pertencente a Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, localizada na cidade de Campina grande-PB, nas coordenadas geográficas 07° 15' 18'' S, 35° 52' 28'' O e altitude de 550 m. O clima da região é do tipo Csa, que representa clima mesotérmico, sub úmido, com período de estiagem quente e seco (4 a 5 meses) e período chuvoso de outono a inverno, conforme a classificação climática de Köppen, adaptada ao Brasil (COELHO & SONCIN, 1982). De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) pluviosidade anual de Campina Grande é de 802,7 mm.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com 7 tratamentos (T1: Supressão hídrica na fase vegetativa e aplicação de piruvato via semente e foliar ( $S_V-A_{SF}$ ); T2: supressão hídrica na fase de florescimento e aplicação de piruvato via semente e foliar ( $S_F-A_{SF}$ ); T3: supressão hídrica em duas fases (vegetativa e florescimento) e aplicação de piruvato via semente e foliar ( $S_{VF}-A_{SF}$ ); T4: supressão hídrica na fase vegetativa e aplicação de piruvato só via foliar ( $S_V-A_F$ ); T5: supressão hídrica na fase florescimento e aplicação de piruvato só via foliar ( $S_F-A_F$ ); T6: supressão hídrica em duas fases (vegetativa e florescimento) e aplicação de piruvato só via foliar ( $S_{VF}-A_F$ ) e T7: irrigação plena durante

todo ciclo da cultura e sem aplicação de piruvato (controle), com três repetições, formando 21 parcelas, na qual foram compostas por 2 plantas.

Coletou-se amostras do solo na camada de 0-20 cm de profundidade e em seguida foram levadas ao laboratório de irrigação e salinidade da UFCG (LIS) para a determinação dos atributos químicos, cujo resultados encontram-se na Tabela 1.

**Tabela 1.** Características químicas e físicas do solo, determinadas no laboratório de irrigação e salinidade (LIS), Campina Grande, PB, 2019

Características químicas do solo		Características físicas do solo	
pH	5,58	Areia	79,14%
P	11,54 cmolc dm <sup>-3</sup>	Silte	18,29%
K <sup>+</sup>	0,26 cmolc dm <sup>-3</sup>	Argila	2,67%
Ca <sup>+2</sup>	2,98 cmolc dm <sup>-3</sup>	Densidade do solo	1,54 g cm <sup>-3</sup>
Na <sup>+</sup>	1,33 cmolc dm <sup>-3</sup>	Densidade de partículas	2,71 g cm <sup>-3</sup>
Mg <sup>+2</sup>	1,17 cmolc dm <sup>-3</sup>	Porosidade	47,17%
Al <sup>+3</sup>	0,03 cmolc dm <sup>-3</sup>	Umidade (% base de solo seco)	
H <sup>+</sup> + Al <sup>+3</sup>	4,74 cmolc dm <sup>-3</sup>	Natural	0,66
SB	5,74 cmolc dm <sup>-3</sup>	Potenciais matriciais (kPa)	
M.O.	1,62%	10	14,17
CTC (T)	10,48 cmolc dm <sup>-3</sup>	33	11,42
CTC (t)	5,77 cmolc dm <sup>-3</sup>	100	9,41
V	54,77%	500	4,60
m	0,55%	1000	4,56
		1500	4,40
		Água disponível	10,31

Foram utilizadas sementes do cultivar de algodão “BRS Jade” provenientes da EMBRAPA ALGODÃO, Campina Grande, PB. As plantas de algodoeiro foram cultivadas em recipientes plásticos (vasos) com aproximadamente 20 L de capacidade, os quais receberam uma camada de 3 cm de brita e uma manta geotêxtil não tecida (Bidim OP 30) para evitar a obstrução pelo material de solo. Em cada vaso foi adaptada uma mangueira transparente 4 mm de diâmetro, conectada a sua base e acopladas a coletores de capacidade volumétrica de 1,0 L, para coleta da água drenada. Em seguida, os lisímetros foram preenchidos com 19 dm<sup>3</sup> de material de solo representativo da região semiárida do Estado da Paraíba (devidamente destorroado e homogeneizado).

Após a semeadura, as irrigações foram realizadas diariamente, às 17 horas, aplicando-se em cada vaso, o volume de água correspondente à demanda da planta submetida ao tratamento. O volume aplicado em cada evento de irrigação foi estimado por meio de balanço hídrico, tomando-se como base os termos da Eq. 1, em que:  $C_H$  é o consumo hídrico (mL), considerando o volume de água aplicado às plantas ( $V_a$ ) no dia anterior (mL);  $V_d$  é o volume drenado (mL), quantificado na manhã do dia seguinte.

$$C_H = V_a - V_d \quad (1)$$

De posse das informações do peso molecular do piruvato ( $C_3H_4O_3$  -  $88,06 \text{ g mol}^{-1}$ ) e a composição do piruvato de cálcio, foi preparada uma solução na concentração de 100 mM de piruvato. A aplicação de piruvato via semente ocorreu através da pré-embebição por um período de 12 horas. A definição da concentração de piruvato utilizada foi baseada em estudo desenvolvido por (SHEN et al., 2017).

Na fase vegetativa, as plantas foram submetidas a 10 dias de supressão hídrica, sendo os últimos 5 dias com aplicação foliar de piruvato e na fase de florescimento foram submetidas a 7 dias de supressão hídrica, sendo os 3 últimos com aplicação foliar de piruvato. A supressão hídrica na fase vegetativa teve início quando as plantas apresentavam três folhas definidas e na fase de florescimento ocorreu por ocasião da abertura da primeira flor. A solução de piruvato de cálcio foi aplicada com auxílio de um borrifador, em todas as folhas da planta a partir das 17 h.

A adubação com NPK foi realizada conforme recomendação de adubação para ensaios em vasos, de acordo com Novais et al. (1991), aplicando-se as quantidades de 100, 300 e 150 mg/ dm<sup>3</sup> de solo de N, P e K, respectivamente, nas formas de ureia, superfosfato simples e cloreto de potássio. A adubação de fundação foi realizada apenas com fósforo e as adubações de cobertura com N e K foram parceladas em duas vezes (na fase vegetativa, na fase de aparecimentos dos primeiros botões florais).

O controle de pragas e doenças foi realizado de modo preventivo com defensivos naturais, conforme necessidade. O controle de plantas invasoras nos lisímetros, foi realizada com campina manual durante a condução do experimento.

Aos 56 dias após a semeadura, foram avaliados a fluorescência inicial ( $F_o$ ), fluorescência máxima ( $F_m$ ), fluorescência variável ( $F_v$ ), eficiência quântica potencial do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ) e razão  $F_v/F_o$ , usando-se o fluorômetro de pulso modulado, modelo OS5p da Opti Science. As leituras foram realizadas em folhas adaptadas ao escuro por um período de 30 minutos, no período compreendido entre 8 e 9 horas da manhã.

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade e avaliados mediante análise de variância pelo teste 'F'. Em seguida aplicado teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) através do Software SISVAR (FERREIRA, 2019).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com o teste F ( $p \leq 0,05$ ), houve diferença significativa entres os tratamentos sobre a fluorescência inicial ( $F_o$ ), fluorescência máxima ( $F_m$ ), fluorescência variável ( $F_v$ ) e

razão  $F_v/F_o$ . A eficiência quântica potencial do fotossistema II ( $F_v/F_m$ ) não sofreu influência significativa entre os tratamentos.

Houve leve aumento na fluorescência inicial das plantas de algodoeiro que foram submetidas ao estresse cumulativo T3 com média de 642,44 e T6 com 615,50, não diferindo do tratamento controle (577,50). Quando analisado os tratamentos que foram submetidos a supressão hídrica apenas em umas das fases (vegetativa ou florescimento), foram estatisticamente diferentes do tratamento com estresse cumulativo, porém, não diferiram do tratamento controle.

Quando as plantas são submetidas ao estresse, a resposta será o aumento da fluorescência inicial, assim, o aumento na  $F_o$  pode ser consequência de danos no centro de reação do fotossistema II, ou ainda, redução na transferência de energia para o centro de reação (LUCENA et al., 2012). Neste estudo, observa-se que não houve aumento considerável da  $F_o$  em plantas sob estresse hídrico, quando relacionada as plantas controles, isso pode ser atribuído a aplicação exógena de piruvato como forma de suplementação de energia (ATP) para a planta (Tabela 2).

**Tabela 2.** Médias dos parâmetros  $F_o$ ,  $F_v$ ,  $F_v/F_m$  e  $F_v/F_o$  do algodoeiro cv. BRS Jade, submetidas ao estresse hídrico e aplicação exógena de piruvato.

Tratamentos	$F_o$	$F_m$	$F_v$	$F_v/F_m$	$F_v/F_o$
1- Sv-ASF	525,44 c	2335,44 abc	1813,66 ab	0,7636 a	3,4533 ab
2- Sf-ASF	544,77 bc	2256,50 abc	1759,55 ab	0,7613 a	3,2300 abc
3- SvF-ASF	642,44 a	2108,00 c	1534,11 b	0,7440 a	2,3933 c
4- Sv-AF	533,33 bc	2441,88 ab	1871,33 ab	0,7773 a	3,5100 ab
5- Sf-AF	535,33 bc	2578,77 a	2075,50 a	0,7856 a	3,8766 a
6- SvF-AF	615,50 ab	2237,33 bc	1628,50 b	0,7200 a	2,6933 bc
7- Controle	577,50 abc	2188,00 bc	1672,00 ab	0,7400 a	2,9133 abc
Média Geral	577,16	2306,56	1764,95	0,7531	3,1528
Dms	83,25	325,99	429,29	0,1018	1,0073
CV (%)	5,13	4,94	8,50	4,73	11,17

Dms- diferença média significativa e CV- coeficiente de variação. Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. T1: Supressão hídrica na fase vegetativa e aplicação exógena de piruvato via semente e foliar; T2: supressão hídrica na fase de florescimento e aplicação exógena de piruvato via semente e foliar; T3: supressão hídrica na fase vegetativa e de florescimento e aplicação exógena de piruvato via semente e foliar; T4: aplicação foliar de piruvato de cálcio e supressão hídrica na fase vegetativa; T5: aplicação foliar de piruvato de cálcio e supressão hídrica na fase de florescimento; T6: aplicação foliar de piruvato de cálcio e supressão hídrica na fase vegetativa e florescimento) e T7: Irrigação plena durante todo ciclo da cultura e sem aplicação de piruvato de cálcio.

Quando estudada a fluorescência máxima da clorofila ( $F_m$ ), foi verificado que o T5 obteve maior média, diferindo estatisticamente do T3, T6 e do tratamento controle, aos 56 DAS. De acordo com Silva et al, (2014), o aumento na fluorescência pode ser uma estratégia da planta para que ocorra a compensação do processo fotossintético. A fluorescência variável não obteve diferença significativa entre o controle e os demais tratamentos, porém, o T5 diferiu do T3 e T6, como ocorrido na fluorescência máxima (Tabela 2).

A eficiência quântica potencial é a estimativa da atividade fotoquímica do fotossistema II, no momento que todos os centros de reação se encontram abertos (BAKER &

ROSENQVST, 2004). Esta variável é utilizada para observar se está ocorrendo alguma perturbação no sistema fotossintético que tenha sido causada pelo estresse, uma vez que, a diminuição desta razão tende a indicar uma baixa eficiência fotoquímica no PSII, bem como, danos no aparato fotossintético (GLYNN et al., 2003). Nesta pesquisa, observa-se que mesmo não havendo diferença significativa entre os tratamentos, as plantas que foram submetidas a supressão hídrica e aplicação exógena de piruvato obtiveram maiores médias na eficiência quântica potencial em relação ao tratamento controle.

As plantas submetidas a supressão hídrica cumulativa na fase vegetativa e florescimento obtiveram menores médias para a razão  $F_v/F_o$ , quando comparados aos demais tratamentos, porém, não diferiram do tratamento controle. Tem sido recomendado estudar essa variável, uma vez que a razão  $F_v/F_o$ , embora apresente informações básicas parecida com a eficiência quântica potencial, a mesma pode amplificar as pequenas variações detectadas pela razão  $F_v/F_m$ , podendo detectar as mudanças advindas do estresse nas plantas.

## CONCLUSÕES

A aplicação exógena de piruvato é eficiente em atenuar os efeitos deletérios causados pelo déficit hídrico sobre a fluorescência da clorofila *a* em plantas de algodoeiro, evitando danos severos no centro de reação do fotossistema II.

## AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

ABRAPA - Associação brasileira de produtores de algodão. **Números do algodão: o algodão no Brasil**. 2019.

BAKER, N. R.; ROSENQVST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, n. 403, p. 1607-1621, 2004.

COELHO, M. A.; SONCIN, N. B. **Geografia do Brasil**. São Paulo: Moderna. 1982. 368p.

GLYNN, P.; FRASER, C.; GILLIAN, A. Foliar salt tolerance of Acer genotypes using chlorophyll fluorescence. **Journal of Arboriculture**, v. 29, n. 02, p. 61-65, 2003.

LUCENA, C. C.; SIQUEIRA, D. L.; MARTINEZ, H. E. P.; CECON, P. R. Salt stress change chlorophyll fluorescence in mango. **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 34, p. 1245-1255, 2012.

NAGASHIMA, G. T.; MIGLIORANZA, É.; MARUR, C. J.; YAMAOKA, R. S.; GOMES, J. C. Embebição de sementes e aplicação foliar com cloreto de mepiquat no crescimento e produção do algodoeiro. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 4, p. 1027-1034, 2007.

SHEN, J. L.; LI, C. L.; WANG, M.; HE, L. L.; LIN, M. Y.; CHEN, D. H.; ZHANG, W. Mitochondrial pyruvate carrier 1 mediates abscisic acid-regulated stomatal closure and the drought response by affecting cellular pyruvate content in *Arabidopsis thaliana*. **BMC plant biology**, v. 17, n. 1, p. 217, 2017.

SILVA, A. C. D.; SUASSUNA, J. F.; MELO, A. S. D.; COSTA, R. R.; ANDRADE, W. L. D.; SILVA, D. C. D. Salicylic acid as attenuator of drought stress on germination and initial development of sesame. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 3, p. 156-162, 2017.

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

VIERA, G. H. S.; MANTOVANI, E. C.; SEDIYAMA, G. C.; DELAZARI, F.T. **Indicadores morfo-fisiológicos do estresse hídrico para a cultura da cana-de-açúcar em função de lâminas de irrigação**.