



XIII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA A EM ABACAXIZEIRO SUBMETIDO À IRRIGAÇÃO COM AGUA SALINA NA REGIÃO SEMIÁRIDA

Cleiton Fernando Barbosa Brito¹; Varley Andrade Fonseca¹; Jean Ribeiro de Almeida²; Marcelo Rocha dos Santos³ & Alessandro de Magalhães Arantes³

RESUMO – A determinação da fluorescência da clorofila a tem permitido inferir sobre a eficiência da etapa fotoquímica da fotossíntese e na avaliação da capacidade fotossintética alterada por estresse. Objetivou-se determinar a fluorescência da clorofila a em abacaxizeiro submetido à irrigação com água salina na região semiárida. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com cinco lâminas de irrigação com água salina aplicadas por gotejamento. Realizaram-se as leituras de fluorescência da clorofila através de fluorômetro de luz modulada em dois horários diferentes nos meses de agosto e dezembro. As plantas de abacaxi apresentaram maiores valores de F_m , F_v e F_v/F_m no período mais quente do dia (14 horas) durante o mês de agosto. As variáveis de fluorescência da clorofila a do abacaxizeiro apresentaram valores que estão abaixo da faixa considerada ótima para a cultura. As lâminas 100 % da ET_c (CE_a 0,75 $dS\ m^{-1}$), 100 e 125% ET_c ($CE_a = 3,6\ dS\ m^{-1}$) não apresentaram redução das variáveis F_m , F_v e F_v/F_m entre os meses de agosto e dezembro.

ABSTRACT– The determination of chlorophyll a fluorescence is allowed to infer the efficiency of photochemical step in photosynthesis and assessing the photosynthetic capacity altered by stress. This study aimed to determine the chlorophyll a fluorescence in pineapple submitted to irrigation with saline water in the semiarid region. The experiment was conducted in a completely randomized design with five water depth with saline water applied by drip. There were the chlorophyll fluorescence readings by fluorometer of modulated light at two different times in August and December. The pineapple plants showed higher values F_m , F_v and F_v / F_m in the hottest period of the day (14 hours) during the month of August. The fluorescence parameters of chlorophyll a pineapple showed values that are below the optimal range considered for culture. The water level of 100% ET_c (EC_w 0.75 $dS\ m^{-1}$), 100 and 125% ET_c ($EC = 3.6\ dS\ m^{-1}$) showed no reduction of variables F_m , F_v and F_v / F_m between the months of August and December.

Palavras-Chave – *Ananas comosus*, plantas CAM.

1) Discente do curso de Mestrado Profissional em Produção Vegetal no Semiárido do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Campus Guanambi- BA. E-mail: cleiton.ibce@hotmail.com ; varley.ibce@ig.com.br

2)Discente do curso de Engenharia Agrônômica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Campus Guanambi- BA. E-mail: jean.rial@yahoo.com.br

3) Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Campus Guanambi- BA. E-mail: marrochas@yahoo.com.br

1- INTRODUÇÃO

O estado da Bahia é o quarto maior produtor de abacaxi (*Ananas comosus* L. Merrill) do Brasil e tem os municípios de Umburanas e Itaberaba como os principais produtores (IBGE, 2014). A expansão para outras regiões da Bahia, como a semiárida, poderia ser possível desde que em cultivos irrigados. No entanto, a irrigação na região semiárida, é limitada pela qualidade inferior da água de irrigação proveniente de poços tubulares. Neste sentido, pesquisas referentes ao uso de água salina na cultura do abacaxi são pertinentes, pois, disponibilizaria mais uma alternativa para produtores inseridos no semiárido baiano que, por não possuir água de qualidade descarta a possibilidade de produção desta fruta.

O abacaxizeiro pertence ao grupo de plantas de metabolismo CAM (metabolismo ácido das crassuláceas) facultativo, ou seja, podem modificar de C3 para CAM, conforme as condições ambientais (Aragon et al., 2012). Algumas espécies de plantas halófitas, também com esta característica, mudam sua via fotossintética de C3 para CAM e aumentam sua eficiência de uso da água em condições salinas (Esteves e Suzuki, 2008). Neste sentido, o estudo do comportamento fisiológico do abacaxizeiro submetido a condições salinas pode ser importante para o cultivo dessa cultura nessas condições.

Dentre as análises fisiológicas, a determinação da fluorescência da clorofila a tem permitido inferir sobre a eficiência da etapa fotoquímica da fotossíntese e na avaliação da capacidade fotossintética alterada por estresses (Silva et al., 2011; Cruz et al., 2014). Assim, uma das formas de monitorar a resposta do abacaxizeiro às condições de estresse salino pode ser a utilização de medidas da fluorescência da clorofila a associada ao fotossistema II. Desta forma, objetivou-se determinar a fluorescência da clorofila a em abacaxizeiro submetido à irrigação com água salina na região semiárida.

2- MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em área experimental no setor de Agricultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Campus Guanambi, localizada no Distrito de Ceraíma no Município de Guanambi, Sudoeste da Bahia, com latitude de 14° 13' S, longitude de 42° 46' W, altitude de 545 m. A precipitação anual média é de 680 mm, com período chuvoso entre novembro a março e, a temperatura média de 25,78 °C.

As temperaturas médias, máximas e mínimas, precipitação, umidade relativa e velocidade do vento registradas no período experimental constam na figura 1.

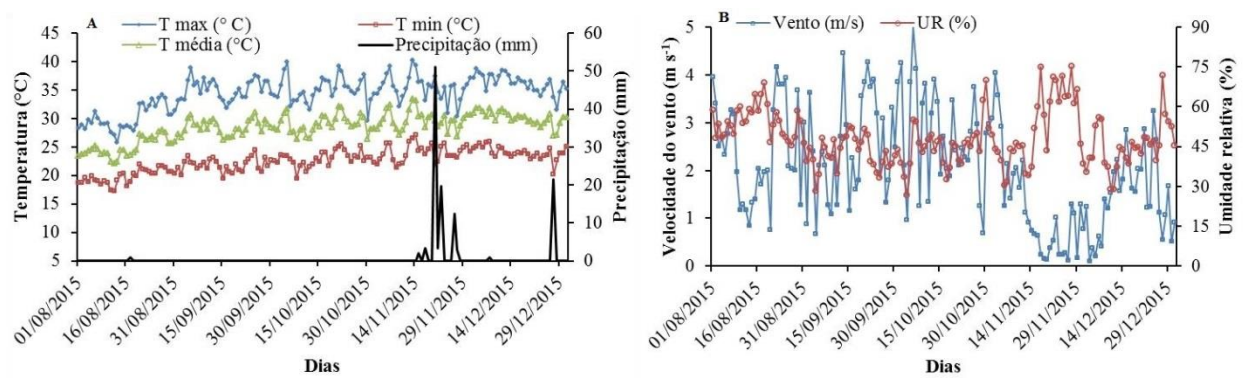


Figura 1– Temperatura (máxima- T_{max} , média- $T_{média}$ e mínima- T_{min}) e precipitação (A) e velocidade média do vento e umidade relativa do ar (B) durante o período experimental.

Antes da instalação do experimento foi realizada coleta de amostra de solo nas profundidades 0-20 e 21-40 cm, que posteriormente foi seca ao ar, destorroada e peneirada com malha de 2 mm, para caracterização física e química. A correção do solo e a adubação de fundação e de cobertura foram realizadas conforme a análise do solo da área experimental.

O plantio das mudas (tipo filhote) de abacaxi ‘Pérola’ foi realizado em abril de 2015. A cultura foi conduzida em fileira simples no espaçamento de 0,25 m entre plantas na fileira e 1,2 m entre fileiras com uma população de 33.300 plantas ha^{-1} .

Utilizou-se o sistema de irrigação por gotejamento, com gotejadores autocompensantes de vazão nominal de 8 L h^{-1} . O espaçamento entre os emissores foi de 0,75 m ao longo da linha lateral, sendo esta espaçada de 1,2 m, colocado próximo às plantas.

Até o 4º mês após plantio, as irrigações foram feitas igualmente em todas as parcelas, diariamente, com o objetivo de uniformizar o teor de água no solo e favorecer o crescimento inicial das mudas e o estabelecimento da cultura. A partir de então, foi iniciada a aplicação de diferentes lâminas de irrigação, com o tempo de irrigação calculado com base na evapotranspiração da cultura (ET_c) (Equação 1), na evapotranspiração de referência (ET_o) obtida da estação meteorológica instalada a aproximadamente 200 m do local do experimento e no coeficiente da cultura (K_c).

$$ET_c = ET_o \times K_c \quad (1)$$

Para o manejo da irrigação, o tempo de irrigação foi calculado pela equação 2.

$$T_i = \frac{ET_c \times E_l \times E_g \times K_l}{q \times E_a} \quad (2)$$

em que, T_i é o tempo de irrigação (horas); E_l é o espaçamento entre laterais (m); E_g é o espaçamento entre gotejadores (m); K_l é o coeficiente de localização (adimensional); q é a vazão média dos emissores em ($L h^{-1}$) e E_a é a eficiência de aplicação (decimal).

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos: 100% da E_{Tc} (CE_a de $0,64 dS m^{-1}$), 50% da E_{Tc} , 75% da E_{Tc} , 100% da E_{Tc} e 125% da E_{Tc} , ambos os tratamentos com 6 repetições, sendo a unidade experimental constituída de quatro fileiras de plantas com 8 m de comprimento, em que as plantas úteis serão utilizadas aquelas localizadas nas duas fileiras centrais e nos 4 metros centrais, totalizando 26 plantas uteis na parcela. A água utilizada nos ensaios, proveniente de poço tubular, para 50%, 75%, 100% e 125% da E_{Tc} apresenta pH de 6,4, condutividade elétrica de $3,6 dS m^{-1}$, $11,90 meq L^{-1}$ de cálcio, $9,54 meq L^{-1}$ de magnésio, $0,48 meq L^{-1}$ de potássio, $30,40 meq L^{-1}$ de sódio, $0,00 meq L^{-1}$ de carbonato, $4,10 meq L^{-1}$ de bicarbonato e $34,80 meq L^{-1}$ de cloreto; classificada como C4S1 conforme (AYERS & WESTCOT, 1985).

Após o início da aplicação dos tratamentos realizou-se, durante os meses de agosto e dezembro, leituras da fluorescência da clorofila através de fluorômetro de luz modulada, modelo OS1-FL da marca OPTI-Sciences. As pinças para a medição da fluorescência da clorofila a foram colocadas no terço médio da folha D do abacaxizeiro, e a medição foi feita após 5 minutos de adaptação ao escuro, com emissão de um pulso de luz saturante de 0,3 s, sob frequência de 0,6 KHz, quando foi avaliado também a fluorescência inicial (F_0), máxima (F_m), variável (F_v) e a eficiência fotoquímica (F_v/F_m).

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferença significativa para o fator horário nas variáveis F_0 , F_m , F_v e F_v/F_m e para lâminas e meses em F_m , F_v e F_v/F_m de forma isolada. Além disso, as interações H x M e L x M também apresentaram significância a 1% de probabilidade (Tabela 1).

Tabela 1- Resumo da análise de variância com os respectivos valores de F para para as variáveis fluorescência inicial (F_0), máxima (F_m), variável (F_v) e eficiência quântica (F_v/F_m) em plantas de abacaxi. (IF Baiano- Guanambi, 2016).

Fontes de Variação	GL	Valores de F			
		F_0	F_m	F_v	F_v/F_m
Horario (H)	1	11,95**	29,23**	31,86**	31,20**

Lâmina (L)	4	1,56 ^{ns}	2,48 [*]	2,65 [*]	2,60 [*]
Mês(es) (M)	1	1,76 ^{ns}	15,79 ^{**}	19,62 ^{**}	29,25 ^{**}
H x L	4	0,46 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,45 ^{ns}
H x M	1	1,53 ^{ns}	13,46 ^{**}	16,69 ^{**}	24,52 ^{**}
Lx M	4	2,32 ^{ns}	4,36 ^{**}	4,63 [*]	4,85 [*]
H x L x M	4	0,40 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,23 ^{ns}
Resíduo	100				

^{ns} Não significativo. ^{*}Significativo ao nível de 5% de probabilidade. ^{**}Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

As plantas de abacaxi apresentaram maiores valores de Fm (1278,81 elétrons quantum⁻¹), Fv (846,97 elétrons quantum⁻¹) e Fv/Fm (0,63 elétrons quantum⁻¹) no período mais quente do dia (14 horas) durante o mês de agosto em relação a segunda leitura de dezembro (Tabela 2). Estes resultados devem estar relacionados às variações de temperatura entre as 8 horas e as 14 horas, e, além disso, a temperatura e a velocidade do vento (Figura 1), que também são fatores de estresse que influenciam nas variáveis de fluorescência, apresentaram valores relativamente baixos.

Tabela 2- Valores médios de fluorescência máxima (Fm), variável (Fv) e eficiência quântica (Fv/Fm) em plantas de abacaxi em horários diferentes em dois meses diferentes. (IF Baiano-Guanambi, 2016).

Meses	Fm		Fv		Fv/Fm	
	08:00	14:00	08:00	14:00	08:00	14:00
Agosto	835,93 Aa	1278,81 Ba	448,41 Aa	846,97 Ba	0,49 Aa	0,63 Ba
Dezembro	821,01 Aa	905,8 Ab	434,32 Aa	498,2 Ab	0,49 Aa	0,50 Ab

Médias seguidas por letras maiúsculas nas linhas, para cada variável, e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

No mês de agosto a Fm apresentou as maiores médias para os tratamentos 50%, 100% (CEa de 0,64 dS m⁻¹) e 125% da ETc com valores 1330,19; 1050,30; 1018,82, respectivamente, e diferiram dos tratamentos 75 e 125% da ETc. Em relação à época de avaliação houve redução da Fm do mês de Agosto em comparação com o de outubro apenas para os tratamentos 50% da ETc, que reduziu de 1330,19 para 763,19 elétrons quantum⁻¹, e o 75% da ETc de 1018,82 para 780,61 elétrons quantum⁻¹ (Tabela 3). Estes resultados devem-se, possivelmente, ao acúmulo de sais da avaliação de agosto para dezembro. As condições ambientais que fornecem concentrações de íons intracelulares de Na⁺, K⁺ e Cl⁻, como no presente estudo, pode levar a uma inativação irreversível do fotossistema FS II que influenciará nos valores da fluorescência (LUCENA et al., 2012).

Para a fluorescência variável (Fv), houve diferença estatística entre os tratamentos de forma semelhantes aos da Fm, pois, valores de fluorescência inicial (Fo) foram muito próximos e os valores de Fm variaram estatisticamente, conseqüentemente, encontrou-se diferença para Fv, já que esta é a diferença entre Fm e F0 ($Fv = Fm - F0$). Em relação à fluorescência, os valores de Fv é a resposta mais importante, pois, quanto maior a Fv maior a capacidade da planta em transferir a energia dos elétrons ejetados das moléculas dos pigmentos para a formação do redutor NADPH, ATP e Fdr e, conseqüentemente, maior a capacidade de assimilação do CO₂ na fase bioquímica da fotossíntese (VIEIRA et al., 2010). Desta forma, a redução da Fv da clorofila evidencia que as condições de salinidade da água de irrigação promoveram danos no aparelho fotossintético das plantas de abacaxi, comprometendo o FSII, com o decorrer do tempo de exposição ao fator estressante (Freire *et al.*, 2014).

Não houve diferença entre os valores do rendimento quântico (Fv/Fm) que variaram entre 0,52 a 0,62 elétrons quantum⁻¹ no mês de agosto. Já na avaliação do mês de dezembro verifica-se que a lâmina de irrigação com aplicação 100 % da ETc (CE=0,75 dS m⁻¹) apresentou o maior valor de rendimento quântico (0,57 elétrons quantum⁻¹) diferindo da aplicação de 50% da ETc (CE= 3,6 dS m⁻¹) e 75% da ETc (CE= 3,6 dS m⁻¹) com valores de 0,46 e 0,45 elétrons quantum⁻¹, respectivamente. Entre as avaliações nos meses de agosto e dezembro verificou-se que houve redução com diferença significativa para os tratamentos 50% e 75% da ETc (CE= 3,6 dS m⁻¹) com as maiores médias no mês de agosto.

Apesar da diferença entre os valores médios com a aplicação das diferentes lâminas de irrigação com água salina, os valores de Fv/Fm na cultura do abacaxizeiro estão abaixo da faixa considerada ótima (Fv/Fm de $0,800 \pm 0,5$) por Bolhâr-Nordenkampf et al. (1989). Neste sentido, os valores da relação Fv/Fm mostram que a maquinaria fotoquímica das plantas de abacaxizeiro foi alterada com a aplicação da água salina. Houve uma diminuição da capacidade do fotossistema II em absorver o fóton e reduzir a quinona a. O efeito negativo do estresse salino foi ainda mais acentuado nas tratamentos que aplicaram as menores lâminas de irrigação (50% e 75% da ETc). Este fato ocorreu, possivelmente, devido ao maior acúmulo de sais próximos ao sistema radicular da planta. Já nos tratamentos 100 e 125% da ETc os sais, possivelmente, ficaram mais distantes do sistema radicular devido a formação de um bulbo molhada maior.

Tabela 2- Valores médios de Fluorescência máxima (Fm), variável (Fv) e eficiência quântica (Fv/Fm) em plantas de abacaxi submetidas a diferentes lâminas de irrigação com água salina em dois meses diferentes. (IF Baiano- Guanambi, 2016).

Meses	Lâminas				
	100 % ETc (CE=0,75 dS/m)	50% Etc (CE= 3,6 dS/m)	75% Etc (CE= 3,6 dS/m)	100% Etc (CE= 3,6 dS/m)	125% Etc (CE= 3,6 dS/m)
Fm					
Agosto	1050,30 Aa	1330,19 Aa	1018,82 Aa	926,25 Ba	961,30 Ba
Dezembro	1070,80 Aa	763,19 Ab	780,61 Aa	836,61 Aa	865,83 Aa
CV(%)	31,93 %				
Fv					
Agosto	642,14 ABa	892,94 Aa	606,29 ABa	535,75 Ba	561,33 Ba
Dezembro	633,02 Aa	384,77 Ab	391,00 Ab	452,22 Aa	470,27 Aa
CV(%)	42,85 %				
Fv/Fm					
Agosto	0,57 Aa	0,62 Aa	0,56 Aa	0,52 Aa	0,56 Aa
Dezembro	0,57 Aa	0,46 Bb	0,45 Bb	0,50 ABa	0,49 ABa
CV(%)	16,22				

Médias seguidas por letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade.

4- CONCLUSÕES

As variáveis de fluorescência da clorofila a do abacaxizeiro apresentaram valores que estão abaixo da faixa considerada ótima para a cultura.

As lâminas 100 % da ETc com água de condutividade elétrica de $0,75 \text{ dS m}^{-1}$, 100 e 125% da ETc com água de condutividade elétrica de $3,6 \text{ dS m}^{-1}$ não apresentaram redução das variáveis Fm, Fv e Fv/Fm entre os meses de agosto e dezembro.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo auxílio financeiro.

Ao IF Baiano pela disponibilidade de equipamentos, pessoal e área para condução dos experimentos.

BIBLIOGRAFIA

- ARAGON, C.; CARVALHO, L.; GONZÁLEZ, J.; ESCALONA, M.; AMANCIO, S. (2012). “*The physiology of ex vitro pineapple (Ananas comosus (L.) Merr. Var MD-2) as CAM or C3 is regulated by the environmental conditions*”. Plant Cell Reports, 31, pp. 57-769.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. (1985). “*Water quality for agriculture*”. Rome: FAO, 174p. Paper n.29. (Irrigation and drainage)
- BOLHÀR-NORDENKAMPF, H. R.; LONG, P.; BAKER, N. R.; OQUIST, G.; SCHREIBER, U.; LECHNER, E. G. (1989). “*Chlorophyll fluorescence as probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrumentation*”. Functional Ecology, 3 (1), pp. 497-514.
- CRUZ, L. I. B.; CRUZ, M. C. M.; FERREIRA, E. A.; CASTRO, G. D. M.; ALMEIDA, M. O. (2014). “*Eficiência quântica do fotossistema II de mudas de abacaxizeiro ‘imperial’ em resposta a associação com Piriformospora indica e herbicidas*”. Revista Brasileira de Fruticultura, 36 (4), pp. 794-804.
- ESTEVES, B. S.; SUZUKI, M. S. “*Efeito da salinidade sobre as plantas*”. (2008). Oecologia Brasiliensis, 12 (4), pp. 662-679.
- FREIRE, J.L. O.; DIAS, T. J.; CAVALCANTE, L. F.; FERNANDES, P. D.; NETO, A. J. L. (2014). “*Rendimento quântico e trocas gasosas em maracujazeiro amarelo sob salinidade hídrica, biofertilização e cobertura morta*”. Revista Ciência Agronômica, 45 (1), pp. 82-91.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE. (2014). “*Produção Agrícola Municipal*”. Sistema IBGE de Recuperação Automática—SIDRA. <http://www.sidra.ibge.gov.br>
- LUCENA, C. C.; SIQUEIRA, D. L.; MARTINEZ, H. E. P.; CECON, P. R. (2012). “*Salt stress change chlorophyll fluorescence in mango*”. Revista Brasileira de Fruticultura, 34(4), pp. 1245-1255.
- SILVA, D. M.; SANTOS, K. T.; DUARTE, M. M. (2011). “*Eficiência fotoquímica em folhas do mamoeiro (carica papaya l.) cv. Golden durante o estágio reprodutivo e caracterização da ontogenia dos frutos*”. Revista Brasileira de Fruticultura, 33 (4), pp. 1066-1073.
- VIEIRA, D. A. P.; PORTES, T. A.; STACCIARINI-SERAPHIN, E.; TEIXEIRA, J. B. (2010). “*Fluorescência e teores de clorofilas em abacaxizeiro cv. Pérola submetido a diferentes concentrações de sulfato de amônio*”. Revista Brasileira de Fruticultura, 32 (2), pp. 360-368.