



FLUORESCÊNCIA TRANSIENTE DA CLOROFILA *a* EM PLANTAS DE *THEOBROMA CACAO* SUBMETIDAS A DIFERENTES PERÍODOS DE ALAGAMENTO

Rizia Joyce Costa¹, Thayanne Rangel Ferreira¹, Fernanda Rodrigues Nunes e Silva¹, Guilherme Augusto Rodrigues de Souza¹, Basílio Cerri Neto¹, Lucas de Almeida Leite², Conceição Aparecida Fernandes Santos¹, Danielle Calixto Oliveira¹, Lúcio de Oliveira Arantes¹, José Altino Machado Filho¹, Sara Dousseau Arantes¹, Carlos Alberto Spaggiari Souza³.

¹ INCAPER – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural/Laboratório de Fisiologia Vegetal e Pós-colheita, BR 101N, km 151- 29915-140-Linhares-ES, Brasil, r.joycecosta@gmail.com, thayanne.rangel@hotmail.com, fernandarns@hotmail.com, guilherme.rodrigues@edu.uniube.br, basiliocerri@yahoo.com.br, conceicaofernandes0676@gmail.com, danielle.oliveira@incaper.es.gov.br, lucio.arantes@incaper.es.gov.br, altino.incaper@gmail.com, saradousseau@gmail.com.

² Laboratório de Ecofisiologia Vegetal da Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus-ES, Brasil, bio.lucasdealmeidaleite@gmail.com.

³ CEPLAC – Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira, Gerência Regional da CEPLAC – Linhares-ES, Brasil, spaggiari.ceplac@gmail.com.

Resumo – O alagamento do solo promove uma condição de estresse para planta, podendo causar alterações morfológicas na mesma. Na região noroeste do estado do Espírito Santo existem áreas que estão sujeitas a inundação em determinadas épocas do ano. Diante disso objetivou-se com esse trabalho avaliar os efeitos do alagamento em mudas de cacau, para elucidar possíveis mecanismos de tolerância da planta exposta a essa condição. Mudas clonais de *Theobroma cacao*, foram submetidas ao alagamento, juntamente com o tratamento-controle (não alagado), por 8 dias, 4 dias, 2 dias e alagado no dia da avaliação. Foram analisadas a fluorescência da clorofila *a* das plantas cultivadas em casa de vegetação. Podemos concluir que os diferentes períodos de alagamento mostraram influência na fluorescência transiente da clorofila *a* em *Theobroma cacao*.

Palavras-chave: alagamento, tolerância, alteração, cacau.

Área do Conhecimento: Engenharia Agrônoma – Agronomia.

Introdução

Theobroma cacao L., é uma cultura perene, pertencente à família Malvaceae, gênero *Theobroma* (FLORA DO BRASIL, 2020). O cacauzeiro é uma planta originária da floresta tropical úmida americana. Embora sejam conhecidas 22 espécies pertencentes ao gênero *Theobroma*, algumas com potencial para fruta de mesa, como a *Theobroma cacao*, é quase a única economicamente explorada para produzir sementes que, após secas e beneficiadas, irão compor a base de chocolates e derivados (SODRÉ, 2007). O cacauzeiro é cultivado na região do baixo Rio Doce, no Estado do Espírito Santo, desde 1917, a partir de sementes procedentes do Estado da Bahia (DIAS et al., 2003). De acordo com o Incaper (2018) a cacaucultura ocupa uma área cultivada de 23.672 hectares no Espírito Santo, com uma produção de 5.467 toneladas de amêndoas, porém apresenta grandes desafios em toda a cadeia produtiva. Um desses desafios é o cultivo em áreas com possíveis alagamentos em determinados períodos do ano.

As plantas crescem e se reproduzem em ambientes adversos, que contêm uma multiplicidade de fatores abióticos. O excesso de umidade é um parâmetro ambiental abiótico primário que afeta o crescimento vegetal (TAIZ, 2017). A incapacidade das culturas resistirem a condições de baixo teor de oxigênio na zona das raízes resulta em perdas de rendimento substanciais (DENNIS et al., 2000).

A inundação resulta em estresse anaeróbico à raiz (TAIZ, 2017). Quando um campo é inundado, os níveis de O₂ na superfície da raiz decrescem drasticamente porque a maior parte do ar no solo é deslocada pela água, considerando que a concentração de oxigênio da água é expressivamente mais



baixa que a do ar: a atmosfera contém cerca de 20% de oxigênio ou 200.000 ppm, em comparação com menos de 10 ppm de oxigênio dissolvido no solo inundado (TAIZ, 2017). Nessas condições, a respiração nas raízes é suprimida, e a fermentação é aumentada (TAIZ, 2017). Essa mudança metabólica pode provocar esgotamento de energia, acidificação do citosol e toxicidade pela acumulação de etanol. Como consequência do esgotamento de energia, muitos processos podem ser suprimidos (TAIZ, 2017).

O processo fotossintético destaca-se nas plantas como força motriz para as reações que se processam em seu metabolismo, sendo a clorofila a unidade principal desse processo, responsável pela conversão de energia luminosa em química nas plantas (OLIOSI et al., 2017). A capacidade fotossintética é progressivamente reduzida em condições de estresse hídrico, como consequência, menores intensidades luminosas são aproveitadas no processo fotossintético (MARTINAZZO et al., 2013). Dessa forma, objetivou-se mensurar a fluorescência da clorofila *a* do *Theobroma cacao* em função do período de alagamento que a planta foi submetida.

Metodologia

O experimento foi realizado no município de Linhares, Espírito Santo, Brasil no mês de julho de 2018. Utilizaram-se 15 mudas de *T. cacao* (cacau) disponibilizadas pela Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira – CEPLAC, Linhares ES.

As mudas estavam em sacolas de polietileno e foram transferidas individualmente para baldes, que de acordo com os tratamentos tiveram seu volume preenchido por água, até na altura de aproximadamente 1 cm acima do coleto da planta. Montado em casa de vegetação, este experimento foi composto por quatro tratamentos, sendo eles: controle, alagado no dia, alagado 2 dias, alagado 4 dias e alagado 8 dias. A quantidade de dias do tratamento refere-se ao período em que a planta permaneceu alagada antes da mensuração da fluorescência da clorofila *a*. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), com três repetições, sendo cada uma constituída por uma planta. Foram utilizadas duas folhas por planta para realização da análise.

Previamente às leituras, as folhas foram adaptadas ao escuro utilizando-se clips foliares por 30 minutos, período para oxidação completa do sistema fotossintético. Em seguida foi emitido um flash de luz, proporcionando um pulso de irradiância saturante de $3000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de fótons nas folhas, com duração de 1 s. A intensidade da fluorescência foi medida em 50(FO), 100(FL), 300(FK) μs , 2(J)ms, 30ms (I) e a 1s (P). A partir da fluorescência transiente OJIP foram calculados os parâmetros estabelecidos pelo teste JIP. A interpretação e normalizações dos parâmetros medidos e calculados a partir deste teste foram de acordo com Strasser e Strasser (1995).

Os parâmetros da fluorescência da clorofila *a* avaliados foram: F_0 = Fluorescência inicial; F_m = Fluorescência máxima; F_v/F_m = Eficiência fotoquímica do fotossistema II; $PI(ABS)_{total}$ = Índice de desempenho total e os fluxos específicos de energia por centro de reação e F_v/F_0 = Razão da Fluorescência variável/inicial. Os resultados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro, com auxílio do programa estatístico Sisvar.

Resultados

As médias da fluorescência inicial (F_0), realizada na avaliação não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 1). Valores mais altos da fluorescência máxima (F_m) foram encontrados nas plantas do tratamento controle, alagado no dia e alagado 8 dias, entretanto, os tratamentos alagado 2 dias e alagado 4 dias não tiveram diferença estatística (Tabela 1). Os valores médios da eficiência fotoquímica máxima do fotossistema II (F_v/F_m) não diferiram em nenhum dos tratamentos analisados (Tabela 1). De modo similar a razão F_v/F_0 não apresentou diferenças significativas. Quanto ao índice de desempenho total, $PI(ABS)$, as médias dos tratamentos controle, alagado no dia e alagado 2 dias não tiveram diferença significativa entre si, semelhante ao resultado dos tratamentos alagado 4 dias e alagado 8. No entanto entre esses dois grupos de tratamentos diferiram entre si (Tabela 1).



Tabela 1: Resultado da ANOVA dos parâmetros: Fluorescência inicial (Fo), fluorescência máxima (Fm), eficiência fotoquímica máxima do fotossistema II (Fv/Fm), razão da fluorescência variável/inicial, = Índice de desempenho total e os fluxos específicos de energia por centro de reação (PI abs), para os efeitos do alagamento em plantas de *Theobroma cacao*.

Teste de Tukey 5%					
Tratamento	Fo	Fm	Fv/Fm	Fv/Fo	PI(abs)
Controle	700,67 a	3778,17 ab	0,77 a	3,44 a	15,31 a
Alagado no Dia	776,33 a	3904,17 ab	0,74 a	2,90 a	12,53 a
Alagado 2 dias	725,83 a	3477,67 a	0,75 a	3,01 a	11,79 ab
Alagado 4 dias	807,83 a	3593,33 a	0,67 a	2,95 a	4,42 b
Alagado 8 dias	787,5 a	4523,5 ab	0,73 a	2,68 a	3,79 b

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Discussão

Para o parâmetro que descreve a fluorescência inicial (Fo) da clorofila *a*, conclui-se que não foi influenciado pelo tempo de alagamento. De acordo com (MARTINAZO et al., 2013) a eficiência fotoquímica máxima (Fv/Fm) não é um índice eficiente para conjuntura de estresse causado por excesso de água, considerando que os valores ficaram praticamente estáveis em relação ao controle durante o período de alagamento.

O parâmetro PI(abs) mostrou-se o mecanismo mais adequado para analisar estresse em planta do que a razão Fv/Fm, uma vez que ele permite avaliar a eficiência do uso da energia mais claramente, pelo fato de relacionar a densidade dos centros de reações e a probabilidade da energia ir além da quinona A, circunstância que ocorre neste experimento para esse parâmetro na comparação dos tratamentos utilizados (GONÇALVES et al., 2012). Conforme o trabalho realizado por Martinazzo et al., (2013), tal parâmetro é considerado o mais sensível a diferentes estresses, pois incorporam vários mecanismos que são avaliados a partir de transientes da fluorescência OJIP.

Resultado semelhante obteve Maurenza et al., (2009), com valores elevados da assimilação fotossintética líquida e a eficiência do fotossistema II (FSII), demonstrando que o alagamento provocou uma redução do metabolismo da planta de *Theobroma cacao*. Ele explica que isso ocorre devido os espaços entre os sedimentos que compõe o solo estarem preenchidos com água, o que bloqueia as trocas gasosas na interação raiz e atmosfera. Fazendo assim com que o potencial redox do solo diminua e a capacidade de realizar trocas iônicas com as raízes torna – se insuficiente, interrompendo a oxigenação das raízes e de outros órgãos essencialmente aeróbicos.

O fato de a planta ter conseguido se manter em funcionamento durante todo o período mais extenso de alagamento, tratamento alagado 8 dias, pode ser um indicativo de plasticidade eco fisiológica dessa espécie (GONÇALVES et al., 2012).

Conclusão

Os diferentes períodos de alagamento mostraram influência na fluorescência transiente da clorofila *a* em *Theobroma cacao*, havendo uma redução significativa no Índice de desempenho total do FSII nas plantas alagadas por 4 e 8 dias, mostrando que o aparato fotossintético de *T. cacao* é influenciado pelo alagamento.



Referências

DENN IS, E.S.; DOL FERUS, R.; ELL IS, M.; RAHMAN, M.; WU, Y.; HO EREN, F.U.; GROVER, A.; ISMONMONMOND, K.P.; GOOOD, A.G.; PEACOCK, W.J. Molecular strategies for improving waterlogging tolerance in plants. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 51, p. 89-97, 2000. ACCIOLY, F.

DIAS, L. A. S.; SOUZA, C. A. S.; AUGUSTO, S. G.; SIQUEIRA, P. R.; MÜLLER, M. W. Período mínimo de colheita para avaliação de cultivares de cacau em Linhares-ES. **Revista Árvore**, Santa Maria, v.27, n.4, p.495-501, 2003.

GONÇALVES, J. F.C.; MELO, E. G. F.; SILVA, C. E. M.; FERREIRA, M. J.; JUSTINO, G. C. Estratégias no uso da energia luminosa por plantas jovens de *Genipa spruceana* Steyererm submetidas ao alagamento. **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 2, p.391-398, 2012.

Flora do Brasil 2020. *Theobroma* L. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB23617>> acesso em: 16 ago. 2018.

SODRÉ, G. A. A espécie *Theobroma cacao*: novas perspectivas para a multiplicação de cacauero. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 2, p. 204 - 413.

Polos de fruticultura-cacau. Disponível em: <<http://incaper.es.gov.br/fruticultura-cacau>> acesso em: 16 ago. 2018.

OLIOSI, G.; RODRIGUES, J. O.; FALQUETO, A. R.; PIRES, F. R.; MONTE, J. A.; PARTELLI, F.L. Fluorescência transiente da clorofila a e crescimento vegetativo em cafeeiro conilon sob diferentes fontes nitrogenadas. **Coffee Science**, v. 12, n. 2, p. 248 - 259, abr./jun. 2017.

MARTINAZZO, E. G.; PERBONI, A. T.; OLIVEIRA, P. V.; BIANCHI, V. J.; BARCARIN, M. A.; Atividade fotossintética em plantas de ameixeira submetidas ao déficit hídrico e ao alagamento, **Ciência Rural**, v.43, n.1, jan, 2013.

MAURENZA, D., MARENCO, R. A., PIEDADE, M. T. F. Efeito da inundação de longa duração sob o crescimento de *Pouteria glomerata* (Sapotaceae), uma arbórea da várzea da Amazônia Central, **Acta Amazônica**, v. 39, n. 3, p. 519 – 526, 2009.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal. 6ed. Porto Alegre: Editora Artmed, 2017, p.731 – 737.

STRASSER, B. J.; STRASSER, R. J. Measuring fast fluorescence transients to address environmental questions: the JIP-test. In: Mathis P, editor. Photosynthesis: from light to biosphere. Dordrecht: **Kluwer Academic Publishers**, p. 977–80, 1995.