



COINTER PDVAgro 2020

V CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Edição 100% virtual | 02 a 05 de dezembro

ISSN:2526-7701 | PREFIXO DOI:10.31692/2526-7701

TEMPERATURAS SUPRA-ÓTIMAS EM GENÓTIPOS DE MAMOEIRO: UM ESTUDO RELACIONADO À CINÉTICA RÁPIDA DA FLUORESCENCIA (MODELOS PIPELINE, JIP_{test})

SUPRA-OPTIMAL TEMPERATURES IN PAPAYA GENOTYPES: A STUDY RELATED TO FAST KINETICS OF CHLOROPHYLL FLUORESCENCE (PIPELINE MODELS, JIP_{test})

TEMPERATURAS SUPRAÓPTIMAS EN GENOTIPOS DE PAPAYA: UN ESTUDIO RELACIONADO CON LA CINÉTICA RÁPIDA DE LA FLUORESCENCIA DE CLOROFILA (MODELOS DE TUBERÍAS, JIP_{test})

Apresentação: Pôster

Diesily de Andrade Neves¹; Guilherme Augusto Rodrigues²; Rosana Maria dos Santos Nani de Miranda³; Claudio Martins de Almeida⁴; Eliemar Campostrini⁵

INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica Papaya* L.) é uma espécie que possui elevada sensibilidade aos efeitos supra e infra-ótimos dos fatores ambientais de cultivo, como exemplo a radiação solar, a disponibilidade hídrica, a concentração de gás carbônico (CO₂), e a umidade relativa e a temperatura do ar (CAMPOSTRINI *et al.* 2018). Assim, as estratégias de manejo que possam otimizar estes fatores tem como consequência uma elevação na capacidade fotossintética, o que pode resultar em um maior crescimento e produtividade da cultura (CAMPOSTRINI *et al.* 2018). Contudo, de acordo com as projeções do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), nos próximos 100 anos, haverá um incremento da temperatura média global entre 1,8°C e 4,0°C (IPCC, 2019), o que pode acarretar mudanças das condições climáticas, com possíveis alterações na distribuição pluviométrica. As alterações nos padrões da temperatura do ar poderão afetar negativamente as regiões produtoras de mamão. Os

¹ Agronomia, Universidade Estadual do Norte Fluminense, diesily@pq.uenf.br

² Mestrando em Prod. Vegetal, Universidade Estadual do Norte Fluminense, guilherme.rodrigues@edu.uniube.br

³ Agronomia, Universidade Estadual do Norte Fluminense, nani@pq.uenf.br

⁴ Agronomia, Universidade Estadual do Norte Fluminense, claudio@pq.uenf.br

⁵ Orientador, Universidade Estadual do Norte Fluminense, campostenator@gmail.com

CARACTERIZAÇÃO DO ESTRESSE TÉRMICO

plantios de mamoeiro em cultivos protegidos estão avançando em zonas, como exemplo o sul da Espanha, o Japão, Israel, China, Turquia e Austrália (GALAN SAUCO E PASTOR, 2007). Nestes locais e no verão, já é observado o estresse supraótimo de temperatura. No Brasil, estresse supra-ótimo associado a este fator ambiental está sendo observado em regiões produtoras de mamão no Espírito Santo, no Norte de Minas Gerais e na região semiárida do Brasil, como nos estados do Ceará e Rio Grande do Norte. Desta maneira, conhecer os efeitos da temperatura do ar em níveis supra-ótimos sobre o metabolismo fotossintético é de extrema importância. Sendo assim, aprofundar o conhecimento sobre os efeitos da temperatura supra-ótima sobre a eficiência fotoquímica em mamoeiro é de grande interesse econômico, pois pode tornar mais eficiente o manejo da cultura, elevar a qualidade e produtividade do produto final em regiões que estão sujeitas a temperatura do ar elevada. A fase fotoquímica da fotossíntese é um processo de grande dependência da estruturação de membranas (PINHO *et al.*, 2010). Uma vez que a temperatura supra-ótima pode comprometer as membranas dos tilacóides, este fator do ambiente pode causar significativos efeitos negativos sobre a eficiência fotoquímica do PSII e PSI. Sendo assim, em virtude do aumento da temperatura média global do ar causada pelas alterações climáticas previstas (IPCC, 2019), e por se tratar de uma espécie de grande interesse agrônomo para o Brasil e demais países produtores, torna-se de extrema importância o conhecimento dos efeitos da exposição de folhas do mamoeiro a temperaturas supra-ótimas, e dos possíveis comprometimentos que este fator ambiental em excesso pode causar no aparato fotoquímico desta espécie. Desta maneira, o objetivo do presente trabalho foi avaliar os possíveis danos na maquinaria fotoquímica, quando folhas de dois genótipos de mamoeiro foram expostas a temperaturas supra-ótimas.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Em mamoeiro, a assimilação fotossintética do carbono está fortemente relacionada com a temperatura do ar. Em nível supraótimo, esse fator ambiental pode causar redução na taxa fotossintética líquida, por meio dos efeitos estomáticos e não estomáticos (CAMPOSTRINI *et al.* 2018). Os efeitos estomáticos acontecem, quando a elevação da temperatura do ar causa elevação no déficit de pressão de vapor do ar (DPV_{ar}) e do déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar ($DPV_{folha-ar}$), uma vez que o ar, com elevada demanda hídrica, bem como o aquecimento da folha, reduz em grande intensidade a condutância estomática. O segundo efeito considerado não-estomático acontece, quando a elevada temperatura do ar causa uma desorganização das estruturas de membrana dos tilacóides, e assim ocorre uma diminuição das atividades dos fotossistemas I e II (PSI e PSII), da atividade da ATPase, bem como um

comprometimento na cadeia de transporte de elétrons. Ainda, outros efeitos negativos e não associados aos estômatos, como a diminuição da atividade de várias enzimas associadas à fase bioquímica (Ciclo de Calvin-Benson), pode também ser observada na condição de temperaturas foliares supra-ótimas (CAMPOSTRINI *et al.*, 2018).

METODOLOGIA

O experimento foi realizado em casa de vegetação na Unidade de Apoio à Pesquisa, na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, Campos dos Goytacazes (21°44'47”S e 41°18'24”W, a 10 m altitude). Para tanto, foram utilizados dois genótipos de *Carica papaya L* (Golden THB e UENF/Caliman 01) cultivados neste ambiente protegido. Os genótipos foram propagados por meio de sementes fornecidas pela empresa Caliman Agrícola, SA., germinadas em tubetes de 280cm³. Aos 90 dias após a emergência (DAE) as mudas foram transplantadas para vasos de 40 litros contendo latossolo vermelho amarelo (Oxisol) (corrigido e enriquecido com matéria orgânica) e Osmocote® (4-5 meses). Após 100 dias depois do transplântio, e por meio do medidor portátil de clorofilas SPAD, foram escolhidas folhas completamente expandidas com valores SPAD ≥ 45 . Ao escolher as folhas, discos foliares (2,3 cm²) foram retirados destas folhas, e colocados em placas de petri contendo no fundo papel toalha umidecido e as placas foram cobertas por um plástico escuro. Em seguida, foram levadas ao laboratório. No laboratório, os discos foram colocados em pequenos recipientes escuros e perfurados (permitir o contato com a água e evitar a mistura de discos entre tratamentos e repetições), e foram imersos em banhos-maria com diferentes temperaturas (25, 35, 45 e 55°C). Em cada temperatura, os discos foram mantidos durante 60 minutos. Cerca de 30 minutos antes de completar os 60 minutos, os discos foliares foram retirados de cada recipiente e foram realizadas as análises da emissão da fluorescência da clorofila *a*. No experimento, foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com arranjo fatorial 4 x 2, sendo quatro temperaturas (25, 35, 45 e 55°C) e dois genótipos (THB e Calimosa). Assim, foram cultivadas seis plantas por genótipo, das quais retirou-se uma folha por planta para as análises. Em cada folha, foi retirado um disco para cada tratamento, sendo que, cada repetição, ficou representada por um disco foliar, totalizando 48 unidades experimentais básicas. As variáveis da fluorescência da clorofila *a* (obtidas por meio do JIP_{test}) foram obtidas por meio do fluorímetro Pocket-PEA (*Plant Efficiency Analyser - Hansatech, Norfolk, UK*) e os transientes de fluorescência da curva OJIP foram analisados usando o JIP_{test} (STIRBET E GOVINDJEE, 2011). Este JIP_{test} calcula os fluxos de energia máxima relacionados à utilização da energia dos fótons para os eventos de Absorção (ABS), Captura (TR_O), Transporte (ET_O), Dissipação (DI_O) por centros de reação ativos (RC) e por seção transversal da folha excitada (CS) (CHEN *et al.*, 2016). Os dados foram

CARACTERIZAÇÃO DO ESTRESSE TÉRMICO

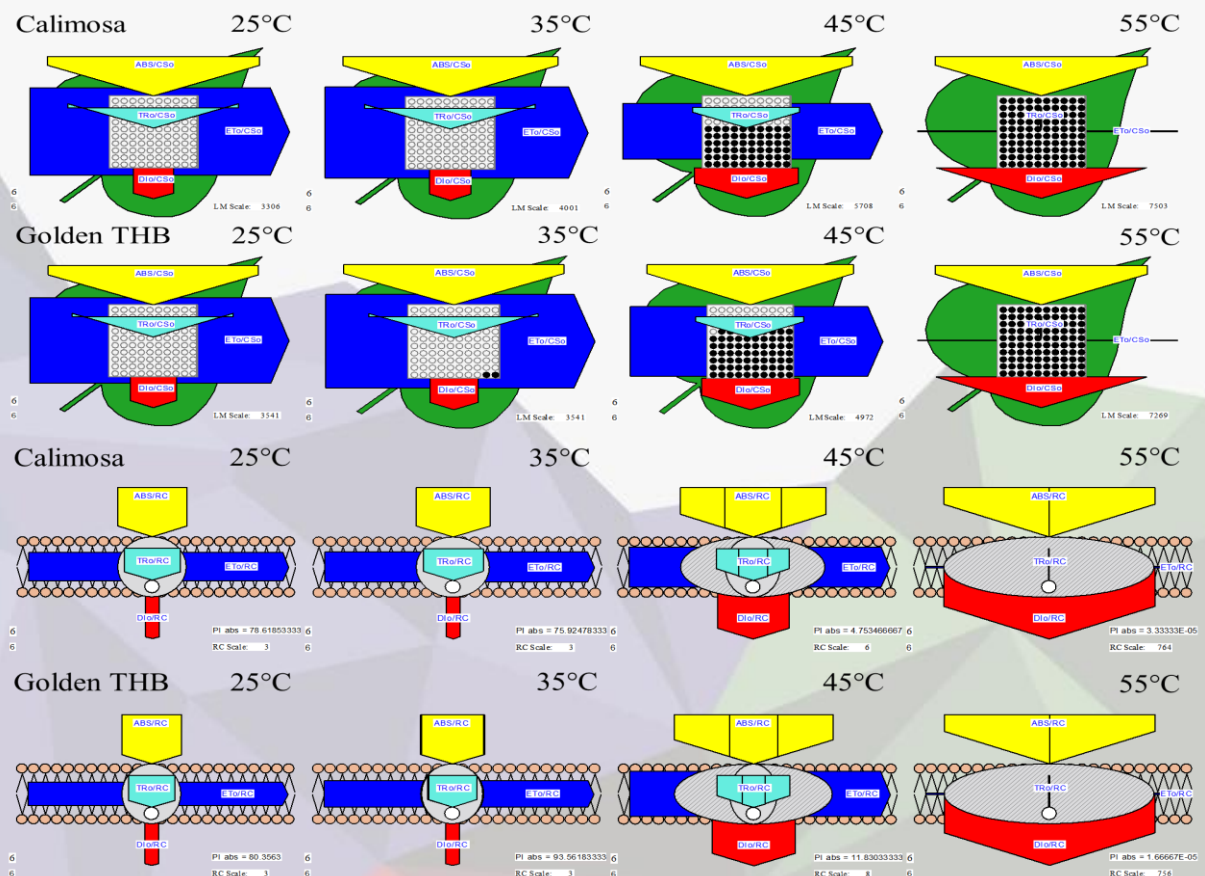
apresentados de maneira gráfica por meio do software *Biolzyer* (Fluoromatics Software®). A representação dos gráficos relacionados ao fluxo fenomenológico foi do tipo “*modelo de folha*”, o qual é formulado em uma seção transversal por unidade do material analisado. Ainda, a representação dos gráficos foi relacionada ao fluxo específico, considerada do tipo “*modelo membrana*”. Este modelo mostra os fluxos de energia em um único centro de reação no PSII. As variáveis analisadas foram submetidas à análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Para as análises estatísticas, foi utilizado o SISVAR versão 5.6O software.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No “*modelo membrana*”, e em relação as variáveis ABS/RC, TR_O/RC, DI_O/RC, não foram verificadas diferenças significativas entre os genótipos [Golden THB’ e UENF/Caliman 01 (Calimosa)] nas temperaturas dos discos foliares entre 25, 35 e 45°C (Figura 1). Ambos os genótipos tiveram respostas semelhantes quando a temperatura incrementou de 25 até 45°C (Figura 1). Contudo, quando a temperatura dos discos foliares atingiu 55°C, houve um significativo dano no complexo proteínas/pigmentos do PSII, evidenciado pela redução na largura das setas representadas pelas variáveis ETo/RC (Figura 1) Neste caso, a taxa de transporte de elétrons comprometida em 55°C pode evidenciar que ocorreu a degradação dos complexos, ou das subunidades de proteína associadas ao PSII (NELLAEPALLI *et al.*, 2014) Neste *modelo membrana* e nas temperaturas de 25 até 45°C, foi observado um aumento no valor da variável ABS/RC (representada pela largura da seta). Nesta faixa de temperatura (25 até 45°C), e em ambos os genótipos, o incremento da temperatura elevou a capacidade de absorção dos fótons pelo sistema antena do PSII (ABS). Com relação a TR_O/RC, os valores desta variável foram significativamente maiores nos tratamentos 45, 35 e 25°C, quando comparados com o tratamento 55°C, e não houve diferença significativa entre os genótipos. O equilíbrio redox das quinonas são essenciais para aceitação e transferência de elétrons para a cadeia transportadora. Caso ocorra um desbalanço no processo de oxi-redução das quinonas, por meio do estresse supra-ótimo de temperatura como exemplo, se pode ter a supressão do fluxo de elétrons entre os fotossistemas. Desse modo, nesta condição, a captura e o transporte de energia de excitação são reduzidos, o que pode promover maior dissipação dessa energia na forma de calor (caracterizada por DI), devido à inativação dos centros de reação do PSII (MATHUR *et al.*, 2014). Essa maior dissipação na forma de calor (> DI_O/RC) foi observada nos dois genótipos e na temperatura de 55°C (evidenciada pela maior largura da seta em vermelho)(Figura 1). Neste caso, na temperatura de 55°C, os discos foliares de ambos os genótipos foram incapazes de

capturar toda a energia do fóton, devido à inativação de grande parte dos centros de reação (RCs) (maior numero de círculos escuros, no *modelo folha*) (Figura 1) e não-conexão dos complexos coletores de luz (LHC) do PSII, o que ocasionou um aumento considerável na dissipação de energia absorvida pelo complexo antena ($>DI_0/RC$). Ao se analisar o fluxo fenomenológico (*modelo folha*), todas as variáveis estudadas (ABS/CS_0 , TR_0/CS_0 , ET_0/CS_0 e DI_0/CS_0) apresentaram diferença significativa para o fator temperatura. Na temperatura de 55°C, verificou-se uma redução no valor de ET/CS_0 (menor largura das setas), uma elevação nos valores de DI_0/CS_0 , e no número de centros de reação inativos (os círculos escuros mostram a quantidade RCs inativos). Nesta temperatura, a variável ABS/CS_0 se manteve igual aos demais tratamentos 25, 35, 45°C.

Figura 01: Modelos de fluxo de energia para a amostra foliar em diferentes temperaturas. O valor relacionado a cada variável é equivalente à largura das setas. O modelo de membrana (desenho das membranas) representa a atividade específica em uma base por cada RC ativo. O tamanho médio da antena é representado pelo parâmetro ABS/RC . No modelo de folha (desenho da folha), as variáveis fenomenológicas são normalizadas por seção transversal unitária (CS) de uma área foliar amostrada. Os centros de reação sem capacidade de redução de quinona A (Q_A) são mostrados em círculos pretos (RC inativos); os RCs ativos possuem capacidade de reduzir a Q_A e são caracterizados com círculos brancos. A intensidade da cor verde das folhas no painel II é referente a concentração de clorofila por unidade de área amostral. Os fluxos apresentados no esquema são normalizados para o nível máximo de fluorescência (m).



CARACTERIZAÇÃO DO ESTRESSE TÉRMICO

CONCLUSÕES

Em ambos os genótipos de *Carica papaya* L., e em condições hídricas não limitantes, foi verificado que a temperatura de 45°C pode ser considerada uma temperatura limite para que não se tenha comprometimento em grande intensidade da maquinaria fotoquímica, quando a eficiência desta maquinaria é analisada por meio do JIP_{test}.

REFERÊNCIAS

CAMPOSTRINI, E; SCHAFFER, B; RAMALHO, JD; GONZÁLEZ, JC; RODRIGUES, WP; DA SILVA, JR; LIMA, RS. Environmental factors controlling carbon assimilation, growth, and yield of papaya (*Carica papaya* L.) under water scarcity scenarios. In: **Tejero IFG, Zuazo VHD (eds) Water scarcity and sustainable agriculture in semiarid environment**. Academic Press, London, UK. 24, 2018.

CHEN, S.; YANG, J.; ZHANG, M.; STRASSER, R. J.; & QIANG, S. Classification and characteristics of heat tolerance in *Ageratina adenophora* populations using fast chlorophyll a fluorescence rise OJIP. **Environmental and experimental botany**, 122, 126-140, 2016.

IPCC. **Intergovernmental Panel on Climate Change**. IPCC, 2019. Página about. Disponível em < <https://www.ipcc.ch/about/>>. Acesso em: 05 de Out. de 2020.

GALÁN SAÚCO, V.; PASTOR, M. A. C R.. Greenhouse cultivation of papaya. **Acta Hort.**, v. 740, p. 191-195, 2007.

MATHUR, S. *et al.* Photosynthesis: Response to high temperature stress. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, 2014.

PINHO, L. D. R.; CAMPOSTRINI, E.; MONNERAT, P. H.; NETTO, A. T.; PIRES, A. A.; MARCIANO, C. R.; SOARES, Y. J. B. Boron deficiency affects gas exchange and photochemical efficiency (jpi test parameters) in green dwarf coconut. **Journal Plant Nutrition**. 33: 439-451, 2010.

STIRBET, A.; GOVINDJEE. On the relation between the Kautsky effect (chlorophyll a fluorescence induction) and Photosystem II: Basics and applications of the OJIP fluorescence transient. **J. Photochem. Photobiol. B: Biol.** 104, 236-257, 2011.

NELLAEPALLI, S.; ZSIROS, O.; TÓTH, T.; YADAVALLI, V.; GARAB, G.; SUBRAMANYAM, R.; KOVÁCS, L. Heat- and light-induced detachment of the light harvesting complex from isolated photosystem I supercomplexes, **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2014.04.026>, 2014.