



EXTRAVASAMENTO DE ELETRÓLITOS EM ALGODÃO HERBÁCEO SUBMETIDO A ALTA TEMPERATURA E ELEVADO NÍVEL DE CO₂

Fabiola Vanessa de França Silva¹; Maria do Socorro Rocha¹; José Félix de Brito Neto²; Valdinei Sofiatti²; Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão²

¹UFPB, favanessa@ig.com.br ; ²EMBRAPA Algodão

RESUMO – As mudanças climáticas em curso tem gerado preocupação também em nível de produção agrícola, setor dependente do clima para um bom rendimento. Assim, o estudo de variáveis fisiológicas importantes, como o extravasamento de eletrólitos, a fim de definir possíveis impactos no final do ciclo das culturas, é imprescindível. Objetivou-se avaliar a termoestabilidade da membrana celular do algodoeiro herbáceo, *G. hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch, cv. BRS 187 8H, em alta temperatura e elevado nível de CO₂. O experimento foi conduzido em Fitotron localizado na Embrapa Algodão, fornecendo uma combinação de duas temperaturas (30°C e 37°C) e dois níveis de CO₂, quatro repetições e cinco coletas (a cada vinte dias) em delineamento inteiramente casualizado, com esquema fatorial 2X2, resultando em quatro condições ambientais e 80 unidades amostrais. A unidade experimental constituiu-se de um vaso de polietileno de 20L contendo areia e turfa na proporção 1:1. O extravasamento de eletrólitos foi verificado obtendo-se cinco discos foliares de cada unidade amostral, deixados à priori em repouso em Placas de Petri contendo 20mL de água deionizada, por 90 min, a 25°C sendo, em seguida, medida a condutividade inicial (Xi) das amostras. Posteriormente as mesmas foram submetidas a 80°C, por 90min, em estufa de secagem e, após resfriamento, medida a condutividade final (Xf). A porcentagem de extravasamento de eletrólitos foi expressa pela fórmula: [(Xi/Xf) x 100]. O aumento da temperatura promoveu maior extravasamento aos 60 dias após o plantio (DAP), na ordem de 15%; o incremento de CO₂ promoveu um extravasamento de 50% a mais de eletrólitos nas fases iniciais do ciclo da cultura, até os 60 DAP. Houve interação significativa para os dois fatores.

Palavras-chave: *G. hirsutum*; alta temperatura; incremento de CO₂; termoestabilidade de membrana;

INTRODUÇÃO

A importância da interação clima-produção agrícola é milenar e, devido às mudanças climáticas atuais, tem gerado preocupação a nível mundial (BELTRÃO; OLIVEIRA, 2008; ORTOLANI; TARIFA, 1978).

Uma das causas para os cenários climáticos que estão se formando é atribuído ao incremento de CO₂ atmosférico, que teve início na metade do século XVIII, com o advento da Era Industrial. Desde então, a concentração do gás na atmosfera aumentou 27%, sendo metade deste número contabilizado nos últimos 30 anos (HALL, 1989; INTERGOVERNMENTAL..., 2007). O incremento de gases

atmosféricos exerce influência no clima (LARCHER, 2000) e está diretamente relacionado aos aumentos de médias de temperatura em diversas regiões da Terra (GITAY et al., 2002).

A variabilidade final da produção agrícola pode ser afetada em 60 a 70% pelas condições climáticas (BELTRÃO; OLIVEIRA, 2008; ORTOLANI; TARIFA, 1978). Considerando-se os prognósticos de aumento da temperatura, pode-se admitir que as regiões climaticamente limítrofes àquelas de delimitação de cultivo adequado de plantas agrícolas se tornarão desfavoráveis ao desenvolvimento vegetal.

A importância da interação clima-produção agrícola é milenar e, devido às mudanças climáticas atuais, tem gerado preocupação a nível mundial. Apesar dos avanços tecnológicos, ainda sofremos com seus impactos negativos sobre a produtividade, sendo bastante complexa a relação fatores climáticos e produção agrícola (ORTOLANI, TARIFA, 1978). Sendo a cultura do algodoeiro uma *commoditie* internacionalmente importante, é imprescindível o estudo dos efeitos fisiológicos que tais mudanças ambientais podem provocar na cultura.

A maioria dos trabalhos realizados para avaliar os efeitos prejudiciais da ocorrência de valores elevados de temperatura do ar sobre o algodoeiro foram conduzidos no campo. Nessa condição, não se tem controle da intensidade e da duração da temperatura do ar limitante. Por essa razão, os cultivos realizados em câmaras de crescimento (Fitotron) são mais apropriados para a avaliação dos danos causados em decorrência de altas temperaturas. O estudo de ruptura de membrana também tem sido utilizado como variável fisiológica importante para avaliação por estresse térmico (AZHAR et al., 2009; CAMPOS et al., 2003; HOSSAIN et al., 1995). Assim, objetivou-se avaliar a termoestabilidade da membrana celular do algodoeiro herbáceo, *G. hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch, cv. BRS 187 8H, em alta temperatura e elevado nível de CO₂, em Fitotron.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em duas câmaras controladas denominadas Fitotrons, instaladas no Laboratório de Fisiologia Vegetal do Centro Nacional de Pesquisa de Algodão (CNPQ/EMBRAPA), localizado na cidade de Campina Grande-PB.

Utilizou-se como fonte luminosa lâmpadas fluorescentes (40W) e incandescentes (100W) na proporção 4:1, fornecendo um total de 400,68 W m⁻². A temperatura do ar no interior da câmara foi controlada através de condicionador de ar de 10.000 BTUs e termohigrógrafo, instalados no interior da mesma. O ar no interior da câmara foi enriquecido com 400 e 800 mmol L⁻¹ de CO₂, combinados com

dois diferentes níveis de temperatura: 30° e 37°C, fatores monitorados automaticamente. As fontes de CO₂ utilizadas foram cilindros pressurizados com 99,8% de CO₂, 58,3 Kg F cm⁻².

A unidade experimental constituiu-se de uma planta/vaso de polietileno com capacidade para 20 litros, contendo substrato tipo turfa e areia na proporção 1:1. Todas as plantas receberam adubação mineral nitrogenada: 20% na fundação e 80% em cobertura, aos 15 dias após a emergência. As sementes de (*G. hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch), cv. BRS 187 8H, foram adquiridas no Banco Ativo de Germoplasma do CNPA e semeadas cinco unidades por vaso, permanecendo uma planta por vaso após o desbaste. A irrigação foi realizada a cada três dias, na fase vegetativa, e a cada dois dias na fase reprodutiva, mantendo o potencial hídrico próximo da capacidade de campo. Após o desbaste foram colocados sacos plásticos nas unidades experimentais a fim de impedir a perda de água do substrato para o ambiente.

Para a análise do extravasamento de eletrólitos utilizou-se um perfurador de cobre a fim de se obter, por unidade experimental, cinco discos foliares de área 113mm² cada, os quais foram lavados e acondicionados em placas de Petri contendo 20 mL de água deionizada. Após fechadas, as placas foram acondicionadas à temperatura de 25°, por 90 minutos sendo, em seguida, aferida a condutividade inicial do meio (Xi) usando condutímetro de bancada (MB11, MS Techonopon®). Posteriormente as placas foram submetidas à temperatura de 80°C, pr 90 minutos, em estufa de secagem (SL100/336, SOLAB®) e, após resfriamento do conteúdo das mesmas, aferiu-se a condutividade final (Xf). O extravasamento de eletrólitos foi expresso como a porcentagem de condutividade em relação à condutividade total após o tratamento por 90 minutos a 80° C: [(Xi/Xf) x 100] (SCOTTI CAMPOS; THU PHAM THI, 1997).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, consistindo numa combinação fatorial de duas temperaturas (30°C e 37°C) e dois níveis de CO₂ (400 e 800 mmol L⁻¹), com quatro repetições, obtidas em cinco coletas ao longo do ciclo, sendo vinte vasos distribuídos em cada uma das condições ambientais descritas, totalizando 80 unidades amostrais. Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo testados os efeitos simples e interações, comparando as médias pelo Teste de Tukey (P ≤ 0,05), procedendo-se à análise de regressão para o período de coleta.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foram verificados danos estatisticamente significativos na membrana celular do algodoeiro, sob o ponto de vista de extravasamento de eletrólitos, quando a cultura foi submetida à alta

temperatura exceto aos 60 DAP, onde houve um aumento de aproximadamente 15% no extravasamento em ambiente com alta temperatura. (Tabela 1). Segundo Hall (2001), membranas mais estáveis apresentam vazamento de eletrólitos mais lento, entretanto Creissen et al. (1994) constaram que o aumento de temperatura pode desnaturar proteínas de membrana, afetando a atividade de enzimas importantes na preservação da integridade da mesma, como as antioxidantes peroxidase, catalase e superóxido dismutase. Segundo Mishra e Singhal (1992) e Upadhyaya et al. (1991), o mesmo fator pode provocar peroxidação dos lipídios de membrana. A combinação de tais eventos leva à ruptura da membrana e perda do conteúdo celular (ABROL; INGRAM, 1996; CHAISOMPONGPAN et al., 1990; HALL, 1993).

Com o aumento da concentração de CO₂, verificou-se efeito significativo desde a primeira avaliação até os 60 dias após a emergência, sendo o mesmo da ordem de 59,8%, 46,58% e 15%, aos 20 DAP, 40 DAP e 60 DAP, respectivamente (Tabela 2). Observa-se que ao aproximar-se do final do ciclo, os danos, em ambas as concentrações de CO₂, demonstraram comportamento semelhante, não diferindo estatisticamente. É sabido que a estrutura de membranas e organelas celulares é alterada com o aumento da disponibilidade de CO₂, levando a mudanças morfológicas e fenológicas na planta (LARCHER, 2000; TAIZ; ZEIGER, 2009).

Hossain et al. (1995) selecionaram variedade de couve e Azhar et al. (2009) de algodão utilizando o extravasamento de eletrólitos. Em nosso estudo foi possível selecionar genótipos que expressaram tolerância ao calor a fim de serem utilizados nos programas de melhoramento da cultura.

CONCLUSÃO

O algodoeiro, cv. BRS 187 8H é afetado pelo aumento da temperatura e alta disponibilidade de CO₂ a nível de estrutura de membranas, fatores cuja interação provoca a desestruturação das mesmas e conseqüente extravasamento de conteúdo eletrolítico celular, levando inevitavelmente à morte celular.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABROL, Y. P.; INGRAM, K. I. **Global climate change and agricultural production**. Direct and indirect effects of changing hydrological, pedological and plant physiological processes. 1996. Disponível em: <www.fao.org/docrep/w5183e/w5183e08.htm>. Acesso em: 10 mar. 2011.

AZHAR, F. M.; AKHTAR, M. M.; KHAN, A. A.; TRETOWAN, R. Genetic variability of heat tolerance, and its effect on yield and fibre quality traits in upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **Plant Breeding**, v. 129, n. 4, p. 356-362, Aug. 2009.

BELTRÃO, N. E. de M.; OLIVEIRA, M. I. P. de. **Efeitos do clima no metabolismo vegetal**: mamona. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2008. 23 p. (Embrapa Algodão. Documentos, 210).

CAMPOS, P. S.; QUARTIN, V.; RAMALHO, J. C.; NUNES, M. A. Electrolyte leakage and lipid degradation account for cold sensitivity in leaves of Coffea sp. plants. **Journal Plant Physiology**, v. 160, n. 3, p. 283-292, Mar. 2003.

CHAISSOMPONGPAN, N.; LI, P. H.; DAVIS, D. W.; MACKHART, A. H. Photosynthetic responses to heat stress in common bean genotypes differing in heat acclimation potential. **Crop Science**, v. 30, p. 100-104, 1990.

CREISSEN, G. P.; BROADBENT, P.; KULAR, B.; REYNOLDS, H.; WELLBURN, A.R.; MULLINEAUX, P. M. Manipulation of glutathione-reductase in transgenic plants—implications for plants responses to environmental-stress. **Proceedings of the Royal Society of Edinburgh. Section B – Biological Science**, v. 102, p. 167-175, 1994.

GITAY, H.; SUÁREZ, A.; WATSON, R. T.; DOKKEN, D. J. Climate change and biodiversity. In: INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATIC CHANGE (IPPC). Technical paper V. United Nations Environment Programme/World Meteorological Organization, Geneva, 2002.

HALL, A. E. Breeding For Heat Tolerance. **Plant Breed Res**, v. 10, p. 129-168, 1993.

HALL, A. E. **Heat Stress and its Impact**. 2001. Disponível em: <http://www.plantstress.com/Articles/heat_i/heat_i.htm>. Acesso em: 10 mar. 2011.

HALL, D. O. Carbon flows in the biosphere: present and future. **Journal of the Geological Society**, Alexandria, p. 175-181. v.146. Feb., 1989.

HOSSAIN, M. M.; TAKEDA, H.; SENBOKU, T. Improved method of determination of membrane thermostability for screening heat-tolerant and sensitive varieties in Brassica. **Journal for Scientific Papers**, n.2, p. 19-27, 1995.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATIC CHANGE. Climate change impacts, adaptation and vulnerability - working group II. In: CLIMATE CHANGE 2007, **Valencia, AR4**: Summary for Policymakers. Valencia, 2007. Disponível em: <<http://www.Intergovernmental Panel on Climatic Changegcip.iges.or.jp/public/2007gl/index.htm>>. Acesso em: 21 abr. 2008.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos, SP: RiMa, 2000. p.108-111, 140-142, 301-303, 365, 414, 437-439,

MISHRA, R. K.; SINGHAL, G. S. Function of photosynthetic apparatus of intact wheat leaves under

high light and heat stress and its relationship with thylakoid lipids. **Plant Physiol.**, v. 98, p. 1-6, 1992.

ORTOLANI, A. A. TARIFA, J. R. **Recursos hídricos e agricultura no Brasil**. São Paulo: EDISER, 1978, p.75-83 (Projetos 3). Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.

SCOTTI CAMPOS, P.; THU PHAN THI, A. Effect of abscisic acid pretreatment on membrane leakage and lipid composition of *Vigna unguiculata* leaf discs subject to ormotic stress. **Plant Science**, v. 130, p. 11-18, 1997

TAIZ, L. ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

UPADHYAYA, A.; DAVIS, T. D.; SANKHLA, M. Heat shock tolerance and anti-oxidant activity in moth bean seedlings treated with tetayclasis. **Plant Growth Regulation**, v. 10, p. 215-222, 1991.

Tabela 1. Médias para a extravasamento de eletrólitos em folhas de algodoeiro (*G. hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch), cv. BRS 187 8H, em função da temperatura.

Temperatura	Dias Após o Plantio (DAP)				
	20	40	60	80	100
37° C	274,15 a	376,16 a	637,12 a	600,45 a	643,08 a
30° C	305,89 a	338,05 a	553,33 b	625,91 a	595,58 a

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey, 5% de probabilidade ($P \leq 0,05$). DMS = 54.2876.

Tabela 2. Médias para a extravasamento de eletrólitos em folhas de algodoeiro *G. hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch), cv. BRS 187 8H, em função da concentração de CO₂.

CO ₂	Dias Após o Plantio (DAP)				
	20	40	60	80	100
800 mmol L ⁻¹	413,87 a	487,25 a	546,66 b	590,62 a	607,37 a
400 mmol L ⁻¹	166,17 b	226,96 b	643,79 a	635,75 a	631,29 a

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey, 5% de probabilidade ($P \leq 0,05$). DMS = 54.2876.