

## ALTERAÇÕES FOTOSSINTÉTICAS E DE CRESCIMENTO EM PLANTAS DE MAMOEIRO EM RESPOSTA A DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS

*Photosynthesis and growth changes in papaya plants under different water supply conditions*

Renata Venturim Fontes; Mirella Pupo Santos<sup>2</sup>; Antelmo Ralph Falqueto<sup>3</sup>; Diolina Moura Silva<sup>4</sup> e Marcos Antonio Bacarin<sup>5</sup>

### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes regimes hídricos sobre a eficiência fotoquímica do fotossistema II (FS II), os teores de clorofilas a e b e de pigmentos carotenóides, o crescimento em altura e diâmetro do caule e a produção de massa seca em plantas de mamoeiro cv. Sunrise Solo. As plantas foram cultivadas em casa de vegetação dentro de vasos plásticos de 8 L, contendo terra vegetal como substrato. Após a emergência da 3ª folha, as plantas foram submetidas, durante 30 dias, aos seguintes tratamentos: 25%, 50% e 75% da capacidade de campo (cc). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com oito repetições por tratamento. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, sendo feito posteriormente o teste Turkey para comparação de médias e adotado o nível de significância de 5% de probabilidade. Apenas as plantas sob o tratamento de 25% da capacidade de campo apresentam uma

acentuada inibição na eficiência fotoquímica do FSII, evidenciada pelo decréscimo no valor de  $F_v/F_m$ , alterações nos teores de pigmentos nas folhas e redução nos valores de todas as características de crescimento avaliadas. Sugere-se, portanto, o uso de pelo menos 50% da capacidade de campo na aplicação de água para que a fotossíntese e o crescimento inicial de plantas de mamoeiro da cv. Sunrise Solo não sejam prejudicados.

**Palavras-chave:** eficiência fotoquímica, crescimento inicial, déficit hídrico.

### ABSTRACT

The aim of this work was to evaluate the effect of different water supply systems on the photochemical efficiency of photosystem II (PS II), amount of chlorophyll a, b and carotenoid pigments, stem height

<sup>1</sup> e <sup>2</sup>Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, UFES, Vitória – ES, Brasil, CEP 29075-910. E-mail: renatafontes@pop.com.br; mirellapupo@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Prof. Adjunto, DSc., Departamento de Ciências da Saúde, Biológicas e Agrárias, Centro Universitário Norte do Espírito Santo, UFES, São Mateus-ES, Brasil, CEP 29933-480. E-mail: antelmofalqueto@yahoo.com.br

<sup>4</sup> Prof. Adjunto, DSc., Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, UFES, Vitória – ES, Brasil, CEP 29075-910. E-mail: diu@terra.com.br

<sup>5</sup> Prof. Adjunto, DSc., Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, UFPel, Pelotas-RS. Brasil, CEP 96010-900.

(Recebido para publicação em 09/07/2007 aprovado em 29/09/2008)

and diameter and dry weight of papaya cv. Sunrise Solo plants. Papaya plants were grown into 8 L pots filled with vegetal substrate in the greenhouse. At the third-leaf stage, plants were treated during 30 days withholding the water to reach 25%, 50% and 75% of field capacity (fc). The comparative analyses of the means were accomplished through the Analysis of Variance for a complete randomized design using the test of Tukey with 95% of significance. Only the plants exposed to 25% of field capacity presented a significant inhibition of PS II, as shown by  $F_v/F_m$  decrease, leaf pigment modification and inhibition of all growth parameters evaluated. Therefore, it is recommended the use of at least 50% of field capacity to avoid damages on photosynthesis and initial development of papaya plants

**Key words:** quantum efficiency, initial growth, water deficit.

O Brasil é o maior produtor mundial de mamão, concentrando aproximadamente 30% da oferta mundial (SOUZA et al., 2007). A cultura do mamão é uma atividade agrícola de alta rentabilidade e de grande importância econômica, principalmente nas regiões do extremo Sul da Bahia e Norte do Espírito Santo, visto que estas são as principais áreas produtoras do país, concentrando 70% da produção nacional do fruto (LIMA et al., 2007).

Por ser uma cultura que necessita de renovação dos pomares de quatro em quatro anos, no máximo, e que produz o ano inteiro, a demanda por novas tecnologias e melhoria na qualidade das mudas aumenta, forçando o desenvolvimento de pesquisas na área (DANTAS et al., 2002).

Dentre os fatores que podem afetar a produção de mudas de boa qualidade, está a

disponibilidade de água. Segundo DAMATA (2006), o desenvolvimento inicial é considerado a fase mais crítica do vegetal, na qual a sobrevivência da planta depende da quantidade de água disponível no ambiente. A redução na disponibilidade de água é um dos fatores responsáveis por alterações na fotossíntese e no crescimento de plantas, contribuindo para enorme perda na produtividade.

O mamoeiro possui uma taxa de crescimento elevada em áreas de clima tropical, entretanto, é uma planta exigente em água (BERNARDO, 1996). De acordo com ALMEIDA et al. (2003), a restrição hídrica reduz o crescimento do mamoeiro, favorece a produção de flores masculinas e estéreis o que reduz, conseqüentemente, a produção de frutos.

A baixa disponibilidade de água vem sendo relacionada à alteração na relação  $F_v/F_m$ , que expressa o rendimento quântico dos processos fotoquímicos da fotossíntese, e à alteração nos teores de clorofila (CORNIC, 2000; DENG et al., 2003; DAMATTA et al., 2006). A razão entre a fluorescência variável e a máxima ( $F_v/F_m$ ) mede a eficiência dos centros de reação na utilização dos fótons capturados em reações fotoquímicas primárias do fotossistema II (FS II). A fluorescência da clorofila associada ao fotossistema pode ser aplicada, então, como uma ferramenta adequada e não destrutiva para monitorar danos fotooxidativos causados por estresses (PRAXEDES et al., 2006).

A análise de crescimento também pode ser utilizada na tentativa de explicar diferenças resultantes de modificações do ambiente, uma vez que o crescimento e o rendimento final de uma cultivar, incluindo o mamoeiro, é o resultado de suas interações com o meio (MONTEIRO et al., 2005; LIMA et al., 2007).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes regimes hídricos sobre a eficiência fotoquímica do fotossistema II, os teores de

clorofilas *a* e *b* e de pigmentos carotenóides, o crescimento em altura e diâmetro do caule e a produção de massa seca em plantas de mamoeiro cv. Sunrise Solo.

O experimento foi conduzido em casa de vegetação pertencente ao Setor de Botânica, Laboratório de Ecofisiologia Vegetal, da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES. As sementes de mamoeiro cv. Sunrise Solo foram adquiridas com produtores da região do norte do Espírito Santo. A germinação foi feita em vasos plásticos de 8L contendo terra vegetal como substrato. Após a germinação, foram mantidas quatro plantas por vaso. O desbaste foi realizado quando as mudas de mamoeiro alcançaram 6 cm de comprimento, permanecendo uma planta por vaso. Depois da emergência da 3ª folha, as plantas foram submetidas, durante 30 dias, aos seguintes tratamentos: 25%, 50% e 75% da capacidade de campo (cc). Diariamente, e sempre no mesmo horário, os vasos plásticos foram pesados com as respectivas plantas, em uma balança para verificação da quantidade de água consumida ou perdida por evaporação do substrato, e, posteriormente, adicionados os volumes necessários com a finalidade de manter a capacidade hídrica de cada tratamento, conforme feito no trabalho FIGUEIRÔA et al. (2004). A temperatura dentro da casa de vegetação durante o período do experimento variou entre 24 a 29°C e a umidade relativa do ar era de  $81,66 \pm 11,08\%$ .

Todas as características avaliadas no presente estudo foram realizadas no final do experimento. A eficiência fotoquímica do FSII ( $F_v/F_m$ ) foi obtida por meio de um fluorômetro portátil (Handy-PEA System, Hansatech Instruments, Norfolk, Inglaterra). Os teores de clorofila total, clorofila *a*, *b* e de pigmentos carotenóides foram determinados utilizando a metodologia proposta por ARNON (1949) e estimados usando-se a equação proposta por GRAAN & ORT

(1984). A altura da planta foi obtida medindo-se a distância da superfície do solo até o ápice da planta e o diâmetro do caule foi determinado a partir da circunferência do caule a aproximadamente 10 cm da superfície do solo. Ambos foram determinados em centímetros com auxílio de trena graduada. A determinação do peso da massa seca da parte aérea (folhas e caules) e das raízes foi feita mediante o uso de balança analítica de precisão, após secagem desse material vegetal em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura de 70°C, por 72 horas.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com oito repetições para cada tratamento. A escolha do número de repetições utilizadas foi baseada no trabalho de LIMA et al. (2007). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, sendo feito posteriormente o teste Turkey para comparação de médias, sendo adotado o nível de significância de 5% de probabilidade. Todos os resultados obtidos são apresentados na Tabela 01.

A eficiência fotoquímica do FSII foi comprometida no tratamento de 25% (cc), evidenciada pelo decréscimo no valor de  $F_v/F_m$  quando comparada ao regime de 75%. A eficiência fotoquímica do FS II, de várias espécies de plantas, é marcadamente reduzida quando estas estão submetidas a alguma situação de estresse (STANCATO et al., 2001; PUKACKI & KAMINSKA-ROZEK, 2005; OHASHI et al., 2006).

Observa-se uma redução da razão clorofila *a/b* apenas no tratamento de 25% da (cc), explicado pelo acréscimo da clorofila *b*. Em situações de estresse, verifica-se o aumento ou a manutenção do teor desse tipo de clorofila que possui papel importante na proteção do aparelho fotossintético, principalmente no fotossistema II onde é encontrada em maior proporção (HUDAK, 1997; LOGGINI et al, 1999). Além disso, a clorofila *b*, que transfere energia para a clorofila *a*, tem uma taxa de fotooxidação muito mais baixa do que a

clorofila *a*, provavelmente, porque sua forma de transferência de energia exerce maior efeito protetor (CARPENTIER, 1997).

O efeito protetor ao aparelho fotossintético também pode ser observado com o aumento na razão clorofila total/carotenóides no tratamento de 25% (cc). Segundo HENDRY & PRICE (1993), a clorofila *b* apresenta a função de proteger o aparelho fotossintético do dano fotoinibitório, por meio da dissipação da energia térmica e por meio da proteção contra o ataque do O<sub>2</sub> singlet ao centro de reação do FSII.

Verifica-se que houve acentuada inibição do crescimento em altura e em diâmetro do caule nas plantas que foram submetidas ao tratamento de 25%

da capacidade de campo. Tais resultados constataam que a redução na quantidade de água aplicada afeta o crescimento e desenvolvimento de plantas de mamoeiro. De acordo com SILVA et al. (2001) plantas de mamoeiro localizadas em áreas com menor irrigação apresentam menor vigor, redução em seu crescimento e produtividade.

A alocação de fitomassa na parte aérea (caule e folhas) e nas raízes foi menor no regime hídrico de 25% (cc), não havendo diferenças entre os regimes de 50% e 75% (cc). GOMES et al. (2000) observaram em genótipos de feijoeiro que em condições de déficit hídrico, a biomassa da parte aérea e de seus componentes (folhas, ramos e vagens), o índice de área foliar e a taxa de crescimento das plantas são reduzidos.

Tabela 01 - Eficiência fotoquímica do FSII ( $F_v/F_m$ ), relação clorofila *a/b*, relação entre os teores de clorofila total/carotenóides, altura das plantas, diâmetro do caule e matéria seca de folhas, caule e raízes em plantas de mamoeiro cv. Sunrise Solo submetidas a três regimes hídricos: T<sub>1</sub> = 75%; T<sub>2</sub> = 50% e T<sub>3</sub> = 25%.

Variáveis	TRATAMENTOS		
	T <sub>1</sub> (75% da capacidade de campo)	T <sub>2</sub> (50% da capacidade de campo)	T <sub>3</sub> (25% da capacidade de campo)
Eficiência fotoquímica do FSII ( $F_v/F_m$ )	0,72 a	0,68 ab	0,63 b
Relação clorofila <i>a/b</i>	1,70 a	1,60 b	1,50 c
Relação clorofila total/ carotenóides	6,3 b	6,0 b	7,2 a
Altura das plantas (cm)	53,0 a	50,0 a	35,0 b
Diâmetro do caule (cm)	5,2 a	5,0 a	4,0 b
Matéria seca folhas (g)	6,5 a	6,0 a	5,0 b
Matéria seca caule (g)	13,0 a	12,0 a	8,0 b
Matéria seca raízes (g)	18,0 a	18,2 a	15,0 b

Médias com letras diferentes indicam diferença significativa em nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A redução nos valores da eficiência fotoquímica do FS II das plantas submetidas ao tratamento de 25% (cc) pode ter sido causada pelas

alterações nos teores de clorofilas e de pigmentos carotenóides, uma vez que estes pigmentos participam direta e indiretamente da captura da energia luminosa

que é utilizada nas reações fotossintéticas. Conseqüentemente, essa redução na capacidade fotossintética, provavelmente, resultou na redução de crescimento. De acordo com LOGGINI et al, 1999 variações nos teores de pigmentos fotossintéticos implicam em alterações da atividade fotossintética e no comprometimento da eficiência do FS II.

Os resultados demonstram que o déficit hídrico no mamoeiro afeta o processo fotossintético que, conseqüentemente provoca uma redução do crescimento das plantas, com uma provável diminuição na produção de frutos. Segundo NOGUEIRA et al. (2001), entre os vários fatores limitantes da produção vegetal, o déficit hídrico ocupa posição de destaque, pois além de afetar as relações hídricas nas plantas, alterando-lhes o metabolismo.

Apenas as plantas submetidas ao tratamento de 25% (cc) apresentam redução em todas as variáveis analisadas, sugerindo que este regime hídrico representa um déficit hídrico para as plantas de mamoeiro da cv. Sunrise Solo. Sugere-se, portanto, o uso de pelo menos 50% da capacidade de campo na aplicação de água para que a fotossíntese e o crescimento inicial de plantas de mamoeiro da cv. Sunrise Solo não sejam prejudicados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F. T. de; MARINHO, C. S.; SOUZA, E. F. de; GRIPPA, S. Expressão sexual do mamoeiro sob diferentes lâminas de irrigação na região Norte Fluminense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 3, p. 383-385, 2003.
- ARNON, D. I. Cooper enzymes in isolated chloroplast: polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, Rockeville, v.24, n.1, p.1-15, 1949.
- BERNARDO, S. Irrigação do Mamoeiro. In: MENDES, L.G.; DANTAS, J.L.L.; MORALES, C.F.G. **Mamão no Brasil**. Cruz das Almas: EAUFBA, 1996. 90 p. (Boletim técnico, 90).
- CARPENTIER, R. Influence of high light intensity on photosynthesis: Photoinhibition and energy dissipation. In: PESSARAKLI, M. (Ed.) **Handbook of photosynthesis**. New York: Marcel Dekker, 1997. cap 4, p. 443-450.
- CORNIC, G. Drought stress inhibits photosynthesis by decreasing stomatal aperture – not by affecting ATP synthesis. **Trends in Plant Science**, Amsterdam, v. 5, n.2, p. 187-188, 2000.
- DAMATTA, F. M.; RAMALHO, J. D. C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v.18, n.1, p. 55-81, 2006.
- DANTAS, J. L. L.; DANTAS, A. C. V. L.; LIMA, J. F. de. Mamoeiro. In: BRUCKNER, C. H. **Melhoramento de fruteiras tropicais**. Viçosa: UFV, 2002. p. 309-349.
- DENG, X.; HU, Z. A.; WANG, H. X.; WEN, X. G.; KUANG, T. Y. A comparison of photosynthetic apparatus of the detached leaves of the resurrection plant *Boea hygrometrica* with its con-tolerant relative *Chirita hererotrichia* in response to dehydration and rehydration. **Plant Science**, Amsterdam, v. 165, p. 851-861, 2003.
- FIGUEIRÔA, J. M. de; BARBOSA, D. C. de A.; SIMABUKURO, E. A. Crescimento de plantas jovens de *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Anacardiaceae) sob diferentes regimes hídricos. **Acta Botânica Brasilica**, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 573-580, 2004.
- GRAAN, T.; ORT, D. R. Quantification of the rapid electron donors to p700, the function plastoquinone pool, and the ratio of the photosystems in spinach chloroplasts. **Journal of Biological Chemistry**, ASBMB, 9650 Rockville Pike Bethesda, MD 20814-3996, v. 259, p. 14003-14010, 1984.
- GOMES, A. A., ARAUJO, A. P.; ROSSIELLO, R. O. P.; PIMENTEL, C. Acumulação de fitomassa,

- FONTES et al. Alterações fotossintéticas e de crescimento em plantas de mamoeiro em resposta a diferentes regimes hídricos características fisiológicas e rendimento de grãos em cultivares de feijoeiro irrigado e sob sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n.10, p.1927-1937, 2000.
- HENDRY, G.A.F.; PRICE, A.H. Stress indicators: chlorophylls and carotenoids. In: HENDRY, G.A.F., GRIME, J.P. (Eds.). **Methods in Comparative Plant Ecology**. London: Chapman & Hall. 1993. cap. 3, p.123-127.
- HUDÁK, J. Photosynthetic apparatus. In: Pessaraki, M. (Ed.) **Handbook of photosynthesis**. New York: Marcel Dekker, 1997. cap.1, p.27-48.
- LIMA, J. F. de; PEIXOTO, C. P.; LEDO, C. A. da S. índices fisiológicos e crescimento inicial de mamoeiro (*Carica papaya* L.) em casa de vegetação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 5, p. 1358-1363, 2007.
- LIMA, J. F. de; PEIXOTO, C. P.; LEDO, C. A. da S.; FARIA, G. A. Tamanho ótimo de parcela para experimentos com plantas de mamoeiro em casa de vegetação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 5, p. 1411-1415, 2007.
- LONGGINI, B.; SCARTAZZA, A.; BRUGNOLI, E.; NAVARI-IZZO, F. Antioxidative Defense System, Pigment Composition, and Photosynthetic Efficiency in Two Wheat Cultivars. **Plant Physiology**, Rockeville, v.119, p.1091–1099, 1999.
- MONTEIRO, J. E. B. A.; SENTELHAS, P. C.; CHIAVEGATO, E. J.; GUISELINI, C.; SANTIAGO, A. V.; PRELA, A. Estimação da área foliar do algodoeiro por meio de dimensões e massa das folhas. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n.1, p.15-24, 2005.
- NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V. de; BURITY, H. A.; BEZERRA NETO, E. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas a déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, v.13, n. 1, p. 75-87, 2001.
- 1016, 2001.
- OHASHI, Y.; NAKAYAMA, N.; SANEOKA, H.; FUJITA, K. Effects of drought stress on photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence and stem diameter of soybean plants. **Biologia Plantarum**, Praga, v.50, p.138-141, 2006.
- PRAXEDES, S. C., DAMATTA, F. M., LOUREIRO, M. E., FERRÃO, M. A. G., CORDEIRO, A. T. Effects of long-term soil drought on photosynthesis and carbohydrate metabolism in mature robusta coffee (*Coffea canephora* Pierre var. *kouillou*) leaves. **Environmental and Experimental Botany**, v.56, p.263–273, 2006.
- PUKACKI, P.M.; KAMINSKA-ROZEK, E. Effect of drought stress on chlorophyll a fluorescence and electrical admittance of shoots in Norway spruce seedlings. **Trees - Structure and Function**, Heidelberg, v.19, p. 539-544, 2005.
- SILVA, J. G. F.; FERREIRA, P. A.; COSTA, L.C.; MELENDES, R. R. V.; CECOM P. R. Efeitos de diferentes lâminas e frequências de irrigação sobre a produtividade do mamoeiro (*Carica papaya* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 23, n.3, p.597-601, 2001.
- SOUZA, T. V.; PAZ, V. P. da S.; COELHO, E. F.; PEREIRA, F. A. de C.; LEDO, C. A. da S. Crescimento e produtividade do mamoeiro fertirrigado com diferentes combinações de fontes nitrogenadas. **Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 4, p. 563-574, 2007.
- STANCATO, G. C.; MAZAFERA, P.; BUCKERIDGE, M. S. Effect of a drought period on the mobilisation of non-structural carbohydrates, photosynthetic efficiency and water status in epiphytic orchid. **Plant Physiology Biochemistry**, v. 39, p.1009