

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA QUÂNTICA DE FOLHAS DE LARANJEIRA 'VALÊNCIA' PELA FLUORESCÊNCIA DA CLOROFILA¹

Rafael Vasconcelos Ribeiro², Eduardo Caruso Machado², Mauro Guida dos Santos³,
Ricardo Ferraz de Oliveira⁴

ABSTRACT – This study had as objective to evaluate the quantum efficiency in leaves of 'Valência' sweet orange plants under field condition by using the chlorophyll fluorescence. Potential (Fv/Fm) and effective ($\Delta F/Fm'$) quantum efficiencies of photosystem II were evaluated during days with different energetic availabilities in leaves positioned in both East (sunrise) and West (sunset) positions of plant canopy. Significant reductions of Fv/Fm were verified only in the day with higher air temperature and photosynthetic active radiation, suggesting the occurrence of photoinhibition. This can be considered as dynamic or photoprotective since Fv/Fm recovered to the initial values. This aspect in addition to the significant decreases in $\Delta F/Fm'$ under high irradiance indicates a regulatory photosynthetic mechanism that allows the reduction of excitation pressure on photochemical apparatus and prevents the consequent occurrence of chronic photoinhibition and/or photooxidation. It is important to note that similar responses were observed when comparing the positions East and West of plant canopy, however, with sudden changes during morning in the East position and during afternoon in the West one.

INTRODUÇÃO

A energia luminosa utilizada no processo fotossintético, i.e. radiação fotossinteticamente ativa (RFA), é um recurso natural que dependendo do estado fisiológico das plantas pode ser utilizado na incorporação de carbono atmosférico ou causar dano ao aparato fotoquímico quando em excesso, ocasionando fotoinibição (Osmond et al., 1997). Tal mecanismo pode apresentar caráter fotoprotetor ou indicar dano propriamente dito quando as plantas apresentam redução na capacidade fotossintética. Sob excesso de RFA as plantas tendem a diminuir a absorção de energia radiante, procurando dessa forma evitar a redução excessiva dos componentes dos fotossistemas o que poderia levar a fotoinibição e consequente fotooxidação se a condição perdurar. O presente trabalho teve como objetivo investigar as variações diurnas das eficiências quânticas potencial e efetiva de folhas de laranja situadas em posições opostas da copa, sendo abordados aspectos ligados à fotoinibição e regulação diurna da absorção de energia.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em pomar de laranjeiras plantadas em espaçamento 8x5 m no sentido Norte-Sul, no Centro APTA Citros 'Sylvio Moreira', Instituto Agrônomo, Cordeirópolis, SP, Brasil (22°32'S; 47°27'W; alt. 639 m). Foram consideradas nesse estudo folhas dispostas nas porções Leste (nascente) e Oeste (poente) de copas de plantas adultas (15 anos)

de laranja 'Valência' [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] enxertada em tangerineira 'Cleópatra' (*Citrus blanco x reticulata*). Medidas (5 repetições) de eficiência quântica potencial (Fv/Fm) e efetiva ($\Delta F/Fm'$) do fotossistema II foram obtidas com fluorômetro modulado modelo PAM-2000 (Walz, Effeltrich, Alemanha) ao longo de dois [dias Julianos (DJ) 260 (16/09/04) e 349 (14/12/04)]. Os valores de Fv/Fm e $\Delta F/Fm'$ foram obtidos utilizando as relações entre os seguintes sinais de fluorescência: fluorescência máxima (Fm) e basal (Fo) em tecidos pré-adaptados ao escuro (30 min.); fluorescência máxima (Fm') e em estado de equilíbrio dinâmico (Fs) em tecidos iluminados, sendo a fluorescência variável no escuro e claro calculada como $Fv = Fm - Fo$ e $\Delta F = Fm' - Fs$ respectivamente. O excesso relativo de energia radiante (EE) foi quantificado pela diferença entre Fv/Fm e $\Delta F/Fm'$ normalizada por Fv/Fm (Bilger et al., 1995). A temperatura foliar (Tf) e RFA foram medidas no momento das medidas de $\Delta F/Fm'$, utilizando-se quantômetro e termopar (Ni-CrNi, $\phi = 0,1\text{mm}$) dispostos na haste de medida do fluorômetro. O monitoramento da temperatura do ar (Tar), e radiação solar global (Qg) foi realizado no interior do pomar nas posições Leste e Oeste da copa a uma altura de 2 m. Os valores médios de Tar e Qg foram registrados a cada 15 min em um sistema de aquisição de dados modelo CR7 (Campbell Scientific, Logan, EUA) instalado na área experimental.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As análises das eficiências quânticas foram realizadas em dias com características ambientais bem distintas (Figura 1), sendo observados valores máximos de Qg e Tar ao redor de 600 W.m⁻² e 27°C e superiores a 1000 W.m⁻² e 32°C nos dias 260 e 349 respectivamente. Diferenças significativas em relação a Tar e Qg entre as posições da copa foram verificadas apenas no DJ 349 (Figura 1B), sendo esse um dia sem nebulosidade e com alta demanda atmosférica. Maiores valores de Tar e Qg foram observados na posição leste durante a manhã e na posição oeste durante o período vespertino. A temperatura foliar acompanhou a temperatura do ar, no sentido de que maiores valores de Tf foram observados nos horários de maior Tar em ambos os lados da copa. Entretanto, maior diferença entre Tar e Tf foi registrada no período da tarde, sendo decorrente de menor transpiração ocasionada pelo fechamento parcial dos estômatos (dados não apresentados).

Em relação às eficiências quânticas, as plantas apresentaram redução significativa de Fv/Fm apenas no dia 349 (Figura 2B), indicando a ocorrência de fotoinibição na posição Leste (nascente). Entretanto, a rápida recuperação dos valores de Fv/Fm após o

¹ Trabalho financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP (02/08480-7 e 03/02281-5), Brasil.

² Pesquisador Científico, Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Ecofisiologia e Biofísica, Instituto Agrônomo – IAC, CP 28, 13001-970, Campinas, SP, Brasil. (rafael@iac.sp.gov.br; caruso@iac.sp.gov.br)

³ Professor Substituto, Departamento de Biologia Animal e Vegetal, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Londrina - UEL, CP 6001, 86051-990, Londrina, PR, Brasil. (guida@uel.br)

⁴ Professor Associado, Departamento de Ciências Biológicas, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo – ESALQ/USP. CP 09, 13418-900, Piracicaba, SP, Brasil. (rfolivei@esalq.usp.br)

decréscimo de RFA sugere fotoinibição dinâmica ou protetora. Tal tipo de fotoinibição ocasiona redução da eficiência quântica do aparato fotoquímico fazendo com menos energia seja dirigida para a formação de ATP e NADPH, moléculas essenciais para a atividade fotossintética, e diminuindo a possibilidade de geração de espécies tóxicas de oxigênio (Osmond et al., 1997).

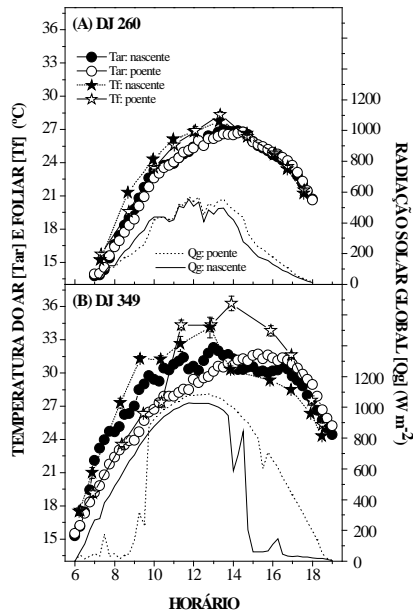


Figura 1. Variação diurna da temperatura foliar e do ar e radiação solar global nas posições Leste (nascente) e Oeste (poente) da copa de laranjeiras 'Valência' nos dias Julianos 260 (A) e 349 (B).

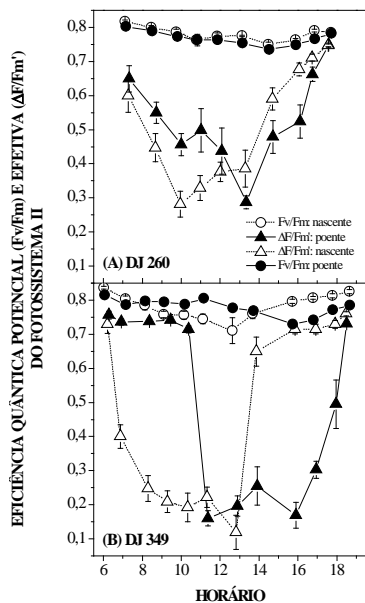


Figura 2. Variação diurna da eficiência quântica potencial e efetiva do FSII de folhas situadas nas posições Leste (nascente) e Oeste (poente) da copa de laranjeiras 'Valência' nos dias 260 (A) e 349 (B).

Nessa situação, a energia em excesso é dissipada pela geração de calor, sendo o processo denominado de extinção não-fotoquímica da fluorescência. Importante notar que reduções de $\Delta F/Fm'$ ocorreram imediatamente ao aumento de RFA, indicando a dinâmica regulatória do aparato fotoquímico frente a maior disponibilidade de energia radiante (Figura 2B).

Ainda, reduções acentuadas de $\Delta F/Fm'$ foram verificadas sob condição de maior disponibilidade energética e quando da ocorrência de fotoinibição (Figura 2).

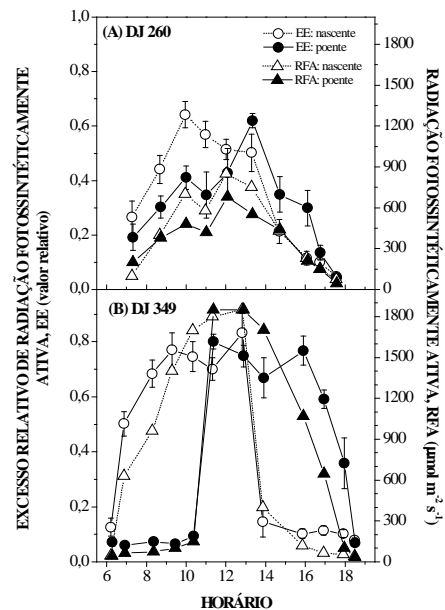


Figura 3. Variação diurna da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) e do excesso relativo de energia radiante (EE) em folhas situadas nas posições E (nascente) e W (poente) da copa de laranjeiras 'Valência' nos dias 260 (A) e 349 (B).

Quanto maior RFA, maior o excesso de energia radiante, sendo os maiores valores observados no DJ 349 (Figure 3). Mesmo em dia com baixa demanda atmosférica ou disponibilidade energética (DJ 260), os menores valores de Fv/Fm e $\Delta F/Fm'$ indicam a regulação da absorção e uso da energia luminosa por laranjeiras. Sabe-se que o ponto de saturação luminosa da fotossíntese em citros ocorre ao redor de $1000 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (Machado et al., 2005) o que sugere que as plantas são frequentemente submetidas a excesso de energia. Ainda é importante considerar que dependendo do estado do aparato fotossintético, valores de RFA inferiores ao ponto de saturação luminosa podem ser considerados excessivos, como no caso de plantas sob estresse abiótico e biótico (Ribeiro et al., 2004).

REFERÊNCIAS

- Bilger, W.; Schreiber, U.; Bock, M. Determination of the quantum efficiency of photosystem II and non-photochemical quenching of chlorophyll fluorescence in the field. *Oecologia*. v.102, p.425-432, 1995.
- Machado, E.C.; Schmidt, P.T.; Medina, C.L.; Ribeiro, R.V. Respostas da fotossíntese de três espécies de citros aos fatores ambientais. *Pesq. Agropec. Bras.* 2005. (in press)
- Osmond, B.; Badger, M.; Maxwell, K.; Björkman, O.; Leegood, R. Too many photons: photorespiration, photoinhibition and photooxidation. *Trends Plant Sci.* v.2, p.119-121, 1997.
- Ribeiro, R.V.; Machado, E.C.; Oliveira, R.F. Growth and leaf-temperature effects on photosynthesis of sweet orange seedlings infected with *Xylella fastidiosa*. *Plant Pathol.* v.53, p.334-340, 2004.