

Crescimento vegetativo, resistência estomática, eficiência fotossintética e rendimento do fruto da melancia em diferentes níveis de água

Alberto Soares de Melo^{1*}, Janivan Fernandes Suassuna¹, Pedro Dantas Fernandes², Marcos Eric Barbosa Brito², Antonio Fernandes Suassuna¹ e Antenor de Oliveira Aguiar Netto³

¹Departamento de Ciências Agrárias, Centro de Ciências Humanas e Agrárias, Universidade Estadual da Paraíba, Zona Rural, 58884-000, Catolé do Rocha, Paraíba, Brasil. ²Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba, Brasil. ³Departamento de Engenharia Agrônômica, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, Sergipe, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: alberto@uepb.edu.br

RESUMO. Objetivou-se avaliar diferentes regimes hídricos sobre o comportamento morfofisiológico e o rendimento da melancia em condições de campo no semiárido paraibano. O experimento foi realizado no Setor Experimental da Universidade Estadual da Paraíba, localizado em Catolé do Rocha (PB). Utilizou-se a cultivar Crimson Sweet espaçada de 2,2 m x 0,6 m, no delineamento em blocos ao acaso com quatro tratamentos [40, 70, 100 e 130% da evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹)] e oito repetições. As máximas expressões de crescimento foram verificadas na lâmina de água de 204 mm, com área foliar de 1,831 m², índice de área foliar de 1,35 m² m⁻² e taxa de crescimento de 0,04 m² dia⁻¹. A resistência estomática foi maior à tarde, independentemente da lâmina de água. As fluorescências inicial, máxima e variável e a eficiência quântica do fotossistema II reduziram abruptamente no maior nível de irrigação. O máximo rendimento de fruto (52.400 kg ha⁻¹) foi obtido na lâmina de 266 mm ciclo⁻¹, com eficiência no uso da água de 19,69 kg m⁻³. Nas condições estudadas, durante o manejo da irrigação da melancia, pode-se adotar entre 70-100% da ETo como estimativa para o cálculo da lâmina de irrigação.

Palavras-chave: *Citrullus lanatus* Thumb. Mansf., transpiração, irrigação, fotossistema II.

ABSTRACT. Vegetative growth, stomatal resistance, photosynthetic efficiency and yield of watermelon plants under different water levels. It was proposed to evaluate various hydric schemes on the morphophysiological behavior and performance of watermelon plants at field conditions in the semiarid region of Paraíba state (Brazil). The experiment was carried in the State University of Paraíba. The cultivar Crimson Sweet was used, and plants were spaced 2.2 m x 0.6 m; the experiment was designed in randomized blocks with four treatments [40, 70, 100 and 130% of the reference evapotranspiration value (mm day⁻¹)] and eight replications. The maximum expressions of growth were verified for the irrigation level of 204 mm, with leaf area of 1.831 m², leaf area index of 1.35 m² m⁻² and growth rate of 0.04 m² day⁻¹. The stomatal resistance was greater during the afternoon, regardless of irrigation level. The initial, maximum and changing fluorescences and the quantum efficiency of photosystem II reduced abruptly for the highest level of irrigation. The maximum fruit yield (52,400 kg ha⁻¹) was obtained for the irrigation level of 266 mm⁻¹ cycle⁻¹; the water use efficiency verified was 19.69 kg m⁻³. During the irrigation management for the watermelon plant, it is possible to adopt values between 70-100% for estimating the ETo due to calculate the culture irrigation level.

Key words: *Citrullus lanatus* Thumb. Mansf., transpiration, irrigation, photosystem II.

Introdução

A melancia (*Citrulus lanatus* Thumb. Mansf.) é uma olerícola exigente em solo, água e nutrientes, sendo considerada uma das mais importantes produzidas e comercializadas no Brasil. O solo adequado para a melancia deve ser rico em matéria orgânica, ter boa drenagem e bom nível de fertilidade (AZEVEDO et al., 2005). Como forma de aumentar

a expressão produtiva e atender às exigências hídricas da melancia, tem-se utilizado quase sempre a irrigação localizada por gotejamento, caracterizada pela aplicação de água em apenas uma parte do solo, correspondente à zona explorada pelo sistema radicular, viabilizando a prática da fertirrigação (AZEVEDO et al., 2005). Saliente-se que o manejo irracional da água no solo implicará perdas de

nutrientes por lixiviação, causando menor expressão no crescimento do vegetal.

A irrigação tem-se firmado como técnica importante e necessária para obter maiores rendimentos agrícolas, especialmente, nas condições da Região Nordeste, pela nova perspectiva de demanda de produtos hortícolas de qualidade para consumo interno e externo (SOARES et al., 2002; AZEVEDO et al., 2005). Diante dessa realidade, está ocorrendo grande expansão das áreas irrigadas, explorando-se diversas culturas em condições edafoclimáticas distintas. Entretanto, no Nordeste brasileiro, o recurso água é limitado e a distribuição das chuvas, na maioria dos Estados, não supre adequadamente às necessidades hídricas das culturas durante todo o ano, interferindo no crescimento e desenvolvimento da planta (MIRANDA et al., 2004; AZEVEDO et al., 2005).

Os recursos hídricos escassos limitam, de modo geral, a prática da irrigação na agricultura. Todavia, para que haja a geração de conhecimentos que tenham validade e comprovação local, faz-se necessária a realização de pesquisas visando obter melhorias tecnológicas para cada situação de cultivo. A análise quantitativa do crescimento é o primeiro passo na análise de produção vegetal e requer informações que podem ser obtidas sem a necessidade de equipamentos modernos. Tais informações são: a quantidade de material contido na planta inteira e em suas partes e o tamanho do aparelho fotossintetizante (FLOSS, 2004). Salienta-se que a análise de crescimento pode ser muito útil no estudo do comportamento vegetal, em diferentes condições ambientais, podendo quantificar, por exemplo, o consumo de água que promova o máximo de rendimento do vegetal.

O estudo de parâmetros fisiológicos como resistência estomática e fluorescência da clorofila *a* são importantes no esclarecimento de efeitos das condições osmóticas e hídricas sobre a eficiência fotossintética nas plantas. Acrescente-se que a diminuição da eficiência fotossintética, causada por fatores estomáticos ou não-estomáticos, provoca redução no potencial de crescimento dos vegetais (LINDON et al., 1999; PEREIRA et al., 2000; AKAIA; TAKENAKA, 2001; PEIXOTO et al., 2002). Em relação aos efeitos da água sobre os fatores estomáticos, Castro Neto (2003) relata que a resistência estomática é refletida pela disponibilidade de água para as plantas, sendo o déficit hídrico um dos fatores que limitam a abertura dos estômatos, provocando, conseqüentemente, maior taxa de transpiração. Para esse autor, o processo

transpiratório e a resistência estomática refletem as condições hídricas das plantas. Amaral et al. (2006) acrescentam que, como os estômatos constituem as principais vias de trocas gasosas entre as folhas e o meio externo, o aumento na resistência difusiva estomática pode ocasionar redução na fotossíntese líquida.

O principal parâmetro utilizado na avaliação dos danos ao sistema fotossintético é a razão F_v/F_m , a qual indica a eficiência fotoquímica do fotossistema II (PSII). Vários autores (BAKER, 1991; KRAUSE; WEIS, 1991; KRAUSE; WINTER, 1996) relatam que a razão entre as fluorescências expressa a eficiência de captura da energia de excitação pelos centros de reação abertos do PSII. Para Krause e Winter (1996), quando ocorre excesso de energia, essa pode ser dissipada na forma de fluorescência. Neste sentido, Maxwell e Johnson (2000) citam que o monitoramento de alterações na transferência de elétrons entre os fotossistemas do vegetal em estresse pode ser avaliado em folhas intactas por meio da fluorescência da clorofila *a*. Deve-se acrescentar que os fotoassimilados produzidos na fotossíntese são utilizados no crescimento da planta, e a sua partição é um fator determinante na produtividade, principalmente dos órgãos reprodutivos.

Apesar de existirem publicações sobre manejo de irrigação na cultura da melancia (ANDRADE JÚNIOR et al., 1997; SOARES et al., 2002; MIRANDA et al., 2004; TEODORO et al., 2004; AZEVEDO et al., 2005), as informações disponíveis baseadas em dados experimentais sobre o efeito desta técnica não relatam sobre a eficiência fotossintética da melancia, notadamente em cultivo irrigado nas condições do semiárido nordestino. Assim, objetivou-se avaliar o crescimento de planta, a fisiologia por meio da resistência estomática e da fluorescência da clorofila *a*, bem como o rendimento de frutos da melancia em diferentes regimes hídricos, nas condições edafoclimáticas do semiárido paraibano.

Material e métodos

O trabalho foi realizado no Setor de Fruticultura do *Campus IV* da Universidade Estadual da Paraíba, localizado no município de Catolé do Rocha, Estado da Paraíba. A cidade está situada a 6° 21' de latitude S e 37° 48' de longitude O, com altitude de 250 m. A região apresenta clima, segundo classificação de Köppen, do tipo BSw'h', semiárido, com precipitação média anual de 870 mm, temperatura média de 27°C e período chuvoso concentrado entre os meses de fevereiro e abril.

O solo local é classificado como Neossolo Flúvico eutrófico com textura arenosa (EMBRAPA, 1999), apresentando as seguintes características: pH (H₂O) = 7,52; cálcio (cmol_c dm⁻³) = 5,51; magnésio (cmol_c dm⁻³) = 2,50; sódio (cmol_c dm⁻³) = 0,16; potássio (cmol_c dm⁻³) = 0,89; H + Al = 0,0; carbono orgânico (dag kg⁻¹) = 1,04; matéria orgânica (dag kg⁻¹) = 1,79; fósforo assimilável (mg 100 g⁻¹) = 12,61; condutividade elétrica (mmhos cm⁻¹) = 0,35.

A variedade utilizada foi a Crimson Sweet, com plantas espaçadas de 2,2 m x 0,6 m, cultivada entre setembro e dezembro de 2006. Foram utilizados quatro tratamentos: 40; 70; 100; e 130% da ETo (mm dia⁻¹), que corresponderam às lâminas: 82; 143,33; 204,67 e 266 mm ciclo⁻¹, respectivamente, via gotejamento, no delineamento em blocos ao acaso com oito repetições e parcela experimental constituída por dez plantas úteis. Os cálculos das lâminas de irrigação foram realizados diariamente, baseando-se na evaporação do Tanque Classe A (TEODORO et al., 2004; AZEVEDO et al., 2005) instalado próximo à área experimental.

A adubação de fundação foi realizada no sulco de plantio, aplicando-se 10 L de esterco bovino e 200 g de superfosfato simples por metro linear. As fertilizações de cobertura (AZEVEDO et al., 2005) foram realizadas via fertirrigação, com frequência diária, por meio de gotejamento com vazão de 2,2 L h⁻¹, de modo a distribuir os nutrientes ao longo do ciclo da cultura. Para tanto, utilizou-se, para injeção das soluções, o injetor tipo Venturi calibrado para trabalhar na vazão de 70 L h⁻¹.

Na quantificação das variáveis morfofisiológicas, foi determinada a área foliar final (AFF) (m²) e o índice de área foliar (IAF) (m² m⁻²), no momento da colheita dos frutos, ao passo que a taxa de crescimento absoluto do ramo (TCAR) (m dia⁻¹) e a taxa de crescimento absoluto da área foliar (TCAAF) (m dia⁻¹) (FLOSS, 2004) foram determinadas por meio de leituras semanais, a partir do décimo dia após emergência das plântulas no campo.

Quanto à variável fisiológica resistência estomática (Rs) (s cm⁻¹), as medidas foram realizadas nos turnos da manhã (9h) e da tarde (14h), em três folhas intermediárias do ramo principal situadas próximas ao fruto, por meio de porômetro portátil (LI-1600, USA). Nas mesmas folhas, foram colocadas pinças foliares e, após um período de 30 min. de adaptação ao escuro (KONRAD et al., 2005), foram determinadas: fluorescência inicial (Fo), fluorescência máxima (Fm), fluorescência variável (Fm-Fo) e eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm) (MAXWELL; JOHNSON, 2000).

O rendimento de frutos (RF) (kg ha⁻¹) foi estimado por meio da coleta em dez plantas úteis por parcela experimental. Com os dados de rendimento e volume de água aplicado durante o ciclo, determinou-se a eficiência do uso da água (EUA) (kg m⁻³), com a adoção do máximo rendimento de frutos estimado por meio do modelo polinomial $Y = \beta_0 + \beta_1 L - \beta_2 L^2 + e_{ij}$.

Os dados das variáveis respostas foram submetidos à análise de variância pelo teste F, até 5% de significância, e os respectivos modelos de regressão foram ajustados de acordo com o coeficiente de determinação, até 5% de significância, utilizando-se os programas SAEG 9.0 e Table Curve 2D.

Resultados e discussão

Na Figura 1A, observa-se que a máxima AFF estimada – de 1,831 m² – foi obtida no volume de água de 197,2 mm ciclo⁻¹, evidenciando ganhos de 124,11% em relação às parcelas que receberam 82 mm ciclo⁻¹. Já na Figura 1B, constata-se que a TCAAF foi extremamente expressiva até o volume de água de 204,67 mm ciclo⁻¹, em que alcançou valor estimado de 0,04 m² dia⁻¹ (r²=0,9956**). Morais et al. (2008) mencionam que a taxa de expansão foliar e sua contribuição fotossintética estão associadas à velocidade de crescimento vegetativo, e uma maior área foliar implica melhorias na produção de fotoassimilados necessários para a produção de frutos de qualidade. Neste sentido, considerando-se a AFF como índice de eficiência funcional das partes produtivas de um vegetal, pode-se inferir que o estresse hídrico afetou significativamente esta eficiência na cultura da melancia. Andrade Júnior et al. (1997) também verificaram redução no crescimento da área foliar da melancia, principalmente, com aplicação de 20% da evaporação do Tanque Classe A, concluindo que o crescimento foi sensivelmente afetado em condições de déficit hídrico no solo, notadamente nas fases de pré-floração, floração e desenvolvimento de frutos.

Vê-se, na Figura 1C, que o modelo que melhor se ajustou para IAF foi o quadrático (r²=0,9344**). O máximo estimado de 1,35 m² m⁻² foi verificado na lâmina de 199 mm ciclo⁻¹, com ganho médio de 53,33% em relação à lâmina correspondente a 40% da ETo. No presente estudo, no volume de água de 100% da ETo, observou-se que as plantas não manifestaram nenhum tipo de estresse, ao contrário da menor parcela, em que as plantas emitiram folhas pequenas e em menor intensidade. Salienta-se que plantas em condições adversas tendem a diminuir o tamanho da folha, evitando maior perda de água por meio da transpiração (FLOSS, 2004). No trabalho

com feijoeiro caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), Bastos et al. (2002) constataram que plantas submetidas ao estresse hídrico tiveram o IAF reduzido, implicando a diminuição da capacidade da planta em maximizar a interceptação da radiação fotossinteticamente ativa.

Quanto à TCAR, notou-se ganho rápido ($0,132 \text{ m dia}^{-1}$) até a lâmina de 70% da ET_0 (Figura 1D), com tendência a comportamento constante nas demais lâminas. Pode-se verificar o incremento de $0,017 \text{ m dia}^{-1}$ numa variação de água aplicada de $61,33 \text{ mm ciclo}^{-1}$. No presente trabalho, nas plantas que expressaram maiores taxas de crescimento de ramos, o florescimento foi mais precoce e abundante. Acrescente-se que o alongamento dos ramos implicou aumento da área foliar, melhorando a capacidade fotossintética da planta, e tal crescimento foi influenciado pela quantidade de água disponível no solo. Yordanov et al. (2000) descrevem que os vegetais submetidos à seca alteram suas características morfológicas e fenológicas, modificando a relação de seu dossel com o ambiente. Isso ocorre pela diminuição do crescimento, que é

associado à mudança no metabolismo de carbono e de nitrogênio.

O comportamento da resistência estomática (R_s) no período da manhã (Figura 2A) apresentou depleção de 49,65% (de $2,84$ para $1,43 \text{ s cm}^{-1}$), quando foram comparadas as parcelas sobre déficit hídrico (82 mm ciclo^{-1}) com aquelas que receberam $266 \text{ mm ciclo}^{-1}$. Durante o período da tarde (Figura 2B), a redução foi da ordem de 52,13% (de $5,42$ para $2,59 \text{ s cm}^{-1}$). Comparando-se os turnos na lâmina de 40% da ET_0 , nota-se aumento na R_s de 90,49% (de $2,84$ para $5,41 \text{ s cm}^{-1}$), evidenciando alto fechamento dos estômatos de modo a evitar severos danos no sistema de condução de água pela planta, nesse período crítico de estresse hídrico.

Ressalte-se que as reduções constatadas na resistência estomática com o aumento da irrigação, notadamente no período da manhã, possibilitaram maior condutância estomática (gs). Sabendo-se que os estômatos regulam as trocas gasosas, aumentos no gs implicam influxos de CO_2 no mesófilo foliar, possibilitando maiores taxas de assimilação de dióxido de carbono (SHIMAZAKI et al., 2007).

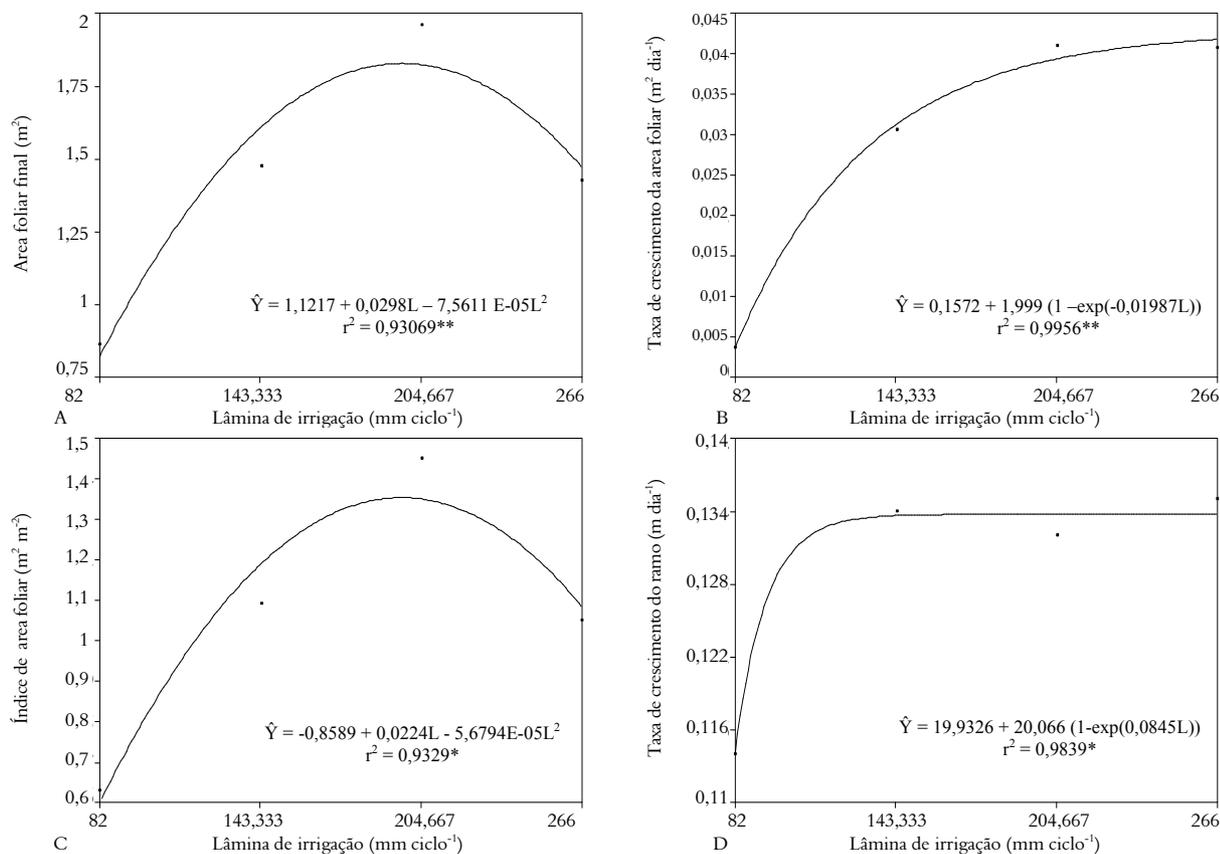


Figura 1. Comportamento morfofisiológico da melancia: área foliar (A); taxa de crescimento absoluto da área foliar (B); índice de área foliar (C) e taxa de crescimento absoluto do ramo (D), em diferentes lâminas de irrigação.

Apesar da interação de vários fatores atuarem sobre os estômatos e, conseqüentemente, sobre a R_s , Castro Neto (2003) acrescenta que esse parâmetro é refletido pela disponibilidade de água às plantas, sendo o déficit hídrico um dos fatores que limita a abertura dos estômatos, afetando o processo fotossintético.

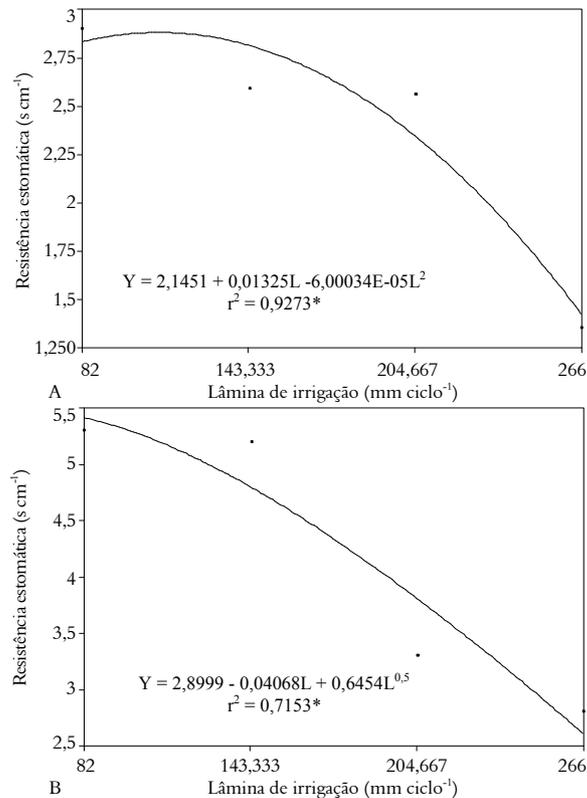


Figura 2. Comportamento fisiológico da melanciaira: resistência estomática - manhã (A) e tarde (B), em diferentes lâminas de irrigação.

O máximo de F_o (411,59 elétrons $quantum^{-1}$) (Figura 3A) foi verificado no valor estimado de 125 $mm\ ciclo^{-1}$ (61% da ETo), ocorrendo depleção a partir dessa lâmina de irrigação. Baker e Rosenqvst (2004) mencionam que F_o evidencia a fluorescência quando a quinona receptora primária de elétrons (Q_A) do fotossistema II (PSII) está totalmente oxidada e o centro de reação (P_{680}) está aberto, indicando iminência à ativação das reações fotoquímicas. Os autores acrescentam que o aumento em F_o revelaria destruição do centro de reação do PSII (P_{680}) ou diminuição na capacidade de transferência da energia de excitação da antena ao PSII. Esse fato foi registrado, especialmente nas parcelas em déficit de água no solo, revelando que o estresse hídrico ocasiona danos irreversíveis aos vegetais, o que pode ser corroborado pelos indicadores morfofisiológicos estudados no presente trabalho.

Para Baker e Rosenqvst (2004), a intensidade máxima de fluorescência (F_m) denota o estado em que os centros de reações do PSII são incapazes de aumentar as reações fotoquímicas e a fluorescência atingiu sua capacidade máxima, evidenciando a condição reduzida de toda quinona (Q_A) pelos elétrons transferidos a partir do P_{680} . Neste sentido, vê-se na Figura 3B que o máximo estimado de F_m (1792,23 elétrons $quantum^{-1}$) foi obtido na lâmina de água de 143,33 $mm\ ciclo^{-1}$ (70% da ETo), com decréscimos de 13,60% em relação ao nível de 130% da ETo.

Em relação à F_m - F_o (Figura 3C), a qual representa a variação da fluorescência da clorofila *a*, observou-se o máximo de 1.427,04 elétrons $quantum^{-1}$ após o nível de 70% da ETo. Quanto à eficiência quântica máxima do fotossistema II (F_v/F_m) (Figura 3D), o valor máximo estimado (0,7923 elétron $quantum^{-1}$) foi alcançado próximo ao nível de 100% da ETo, sofrendo redução de 5,36% e de 8,81% em relação às lâminas de 40% e 130% da ETo, respectivamente. Baker e Rosenqvst (2004) e Maxwell e Johnson (2000) citam que F_v/F_m tem sido utilizada para detectar perturbações no sistema fotossintético causadas por estresses ambientais e bióticos. Ressalte-se que sua diminuição indica inibição da atividade fotoquímica (PEREIRA et al., 2000), fato observado tanto no menor nível (40% da ETo) quanto no maior nível de reposição de água (130% da ETo). Isso pode ser relacionado às condições de déficit hídrico ou de hipoxia causada, notadamente, pelo maior regime hídrico. Ressalte-se que o valor de F_v/F_m (0,7281) constatado no volume de água 266 $mm\ ciclo^{-1}$ ficou abaixo do índice 0,75, considerado como limite para provocar dano no PSII (BOLHÀR-NORDENKAMPF et al., 1989). Romero et al. (2003) verificaram que a cultura do milho BRS-4154 teve F_v/F_m de 0,72 quando submetida ao alagamento do solo. Essa condição de estresse leva à utilização de vias alternativas da respiração anaeróbica, com produção deficiente de energia.

O rendimento de fruto (Figura 4) teve o máximo estimado de 52.400 $kg\ ha^{-1}$ na lâmina de 266 $mm\ ciclo^{-1}$, onde se observou eficiência no uso da água de 19,6 $kg\ m^{-3}$. Apesar de esse nível ter promovido acréscimos na produtividade de 9,8% em relação ao nível de 100% da ETo, constatou-se redução de 15,72% na eficiência do uso da água, de 23,2 para 19,6 $kg\ m^{-3}$. Teodoro et al. (2004) e Azevedo et al. (2005), avaliando lâminas de irrigação na melanciaira cv. Crimson Sweet, obtiveram produtividades de 44.960 e de 25.330 $kg\ ha^{-1}$, nos níveis de 120 e 100% da evaporação do Tanque Classe A, respectivamente.

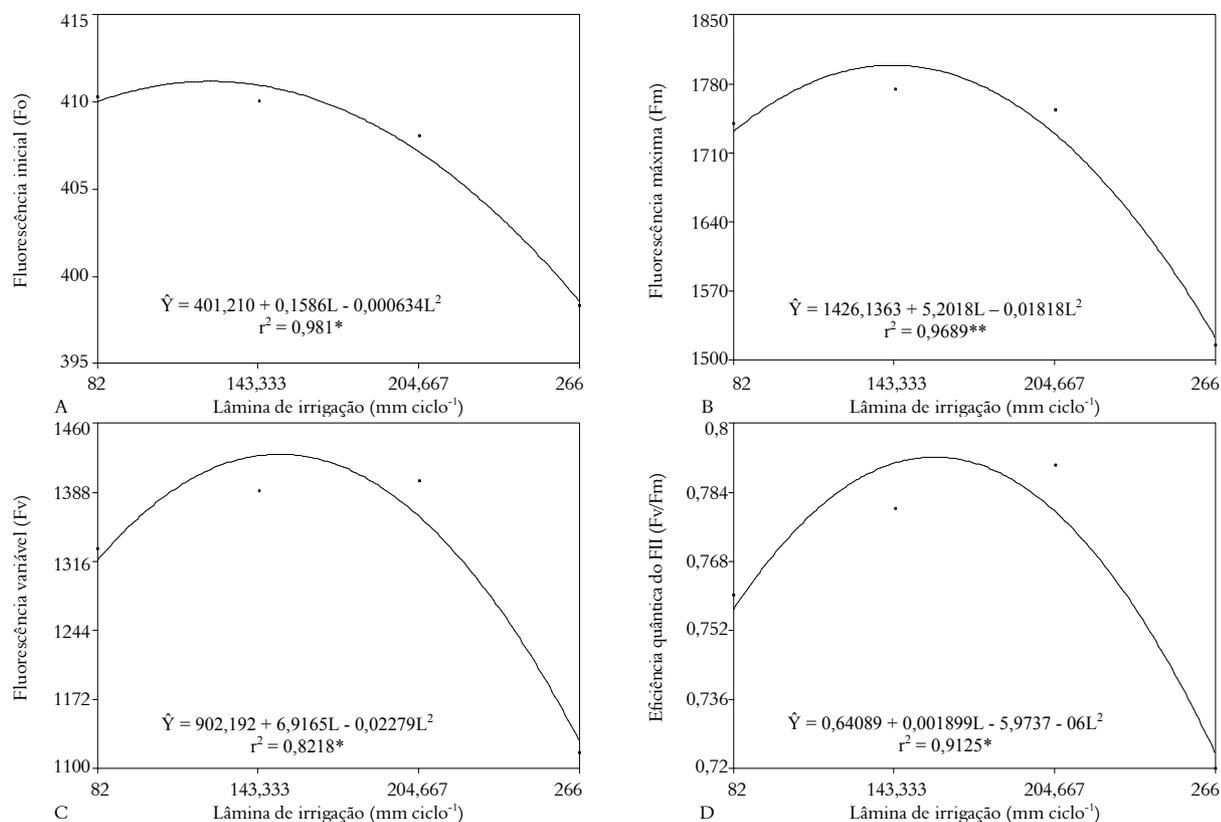


Figura 3. Comportamento fisiológico da melanciaira: fluorescência inicial (A); fluorescência máxima (B); fluorescência variável (C) e eficiência quântica do fotossistema II (D), em diferentes lâminas de irrigação.

Teodoro et al. (2004) ressaltaram que essa produtividade foi resultado do teor de água no solo mais adequado para as plantas, permitindo melhor disponibilidade de nutrientes e, conseqüentemente, aumento de área foliar. Isso possibilitou acréscimo na produção de fotoassimilados, aumentando o rendimento da planta.

Por outro lado, Azevedo et al. (2005) atribuíram a baixa produtividade à alta incidência de ataque de oídio (*Oidium* sp.) nas plantas submetidas ao maior nível de irrigação.

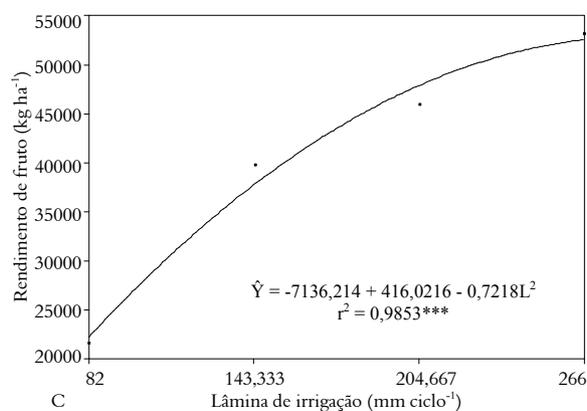


Figura 4. Rendimento de fruto da melanciaira em diferentes lâminas de irrigação.

Conclusão

Maior crescimento e índices fisiológicos são obtidos com lâminas de reposição entre 70 e 100% da ETo para a melanciaira.

Parâmetros de emissão de fluorescências podem ser usados no monitoramento do déficit hídrico em melanciaira irrigada.

Pode-se indicar a lâmina entre 130% da ETo, devido ao maior rendimento, obtendo-se eficiência no uso de água de 19,6 kg m⁻³.

Agradecimentos

À Empresa NAANDAN, pela doação do sistema de irrigação. Ao Programa de Iniciação Científica da UEPB, pela concessão de bolsa de pesquisa.

Referências

- AKAIA, M.; TAKENAKA, C. Effects of illumination stress on photosynthesis of *Quercus glauca* Thunb. **Plant and Soil**, v. 237, n. 1, p. 137-146, 2001.
- AMARAL, J. A. T.; RENA, A. B.; AMARAL, J. F. T. Crescimento vegetativo sazonal do cafeeiro e suas relações com fotoperíodo, frutificação, resistência estomática e fotossíntese. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 3, p. 377-384, 2006.

- ANDRADE JUNIOR, A. S.; RODRIGUES, B. H. N.; MELO, F. B.; BASTOS, E. A.; CARDOSO, M. J.; RIBEIRO, V. Q. Produtividade e qualidade de frutos de melancia em função de diferentes níveis de irrigação. **Horticultura Brasileira**, v. 15, n. 1, p. 43-46, 1997.
- AZEVEDO, B. M.; BASTOS, F. G. C.; VIANA, T. V. A.; RÉGO, J. L.; D'ÁVILA, J. H. Efeitos de níveis de irrigação na cultura da melancia. **Revista Ciência Agronômica**, v. 36, n. 1, p. 9-15, 2005.
- BAKER, N. R. A possible role for photosystem II in environmental perturbations of photosynthesis. **Physiologia Plantarum**, v. 81, n. 4, p. 563-570, 1991.
- BAKER, N. R.; ROSENQVIST, E. Application of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, n. 403, p. 1607-1621, 2004.
- BASTOS, E. A.; RODRIGUES, B. H. N.; ANDRADE JÚNIOR, A. S.; CARDOSO, M. J. Parâmetros de crescimento do feijoeiro caupi sob diferentes regimes hídricos. **Revista de Engenharia Agrícola**, v. 22, n. 1, p. 43-50, 2002.
- BOLHAR-NORDENKAMPF, H. R.; LONG, S. P.; BAKER, N. R.; ÖQUIST, G.; SCHREIDER, U.; LECHNER, E. G. Chlorophyll fluorescence as a probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrumentation. **Functional Ecology**, v. 3, n. 4, p. 497-514, 1989.
- CASTRO NETO, M. T. Efeito do déficit hídrico na transpiração e resistência estomática da mangueira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 1, p. 23-95, 2003.
- EMBRAPA-Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999.
- FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas**. Passo Fundo: UPF, 2004.
- KONRAD, M. L. F.; SILVA, J. A. B.; FURLANI, P. R.; MACHADO, E. C. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em seis cultivares de cafeeiro sob estresse de alumínio. **Bragantia**, v. 64, n. 3, p. 339-347, 2005.
- KRAUSE, G. H.; WEIS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v. 42, n. 2, p. 313-349, 1991.
- KRAUSE, G. H.; WINTER, K. Photoinhibition of photosynthesis in plants growing in natural tropical forest gaps: a chlorophyll fluorescence study. **Botany Acta**, v. 109, n. 6, p. 456-462, 1996.
- LINDON, F. C.; RAMALHO, J. C.; BARREIRO, M. G.; LAURIANO, J. A. Modulation of photosystem 2 reactions mediated by aluminium toxicity in *Zea Mays*. **Photosynthetica**, v. 34, n. 1, p. 151-156, 1997.
- MAXWELL, K.; JOHNSON, G. N. Chlorophyll fluorescence: a practical guide. **Journal of Experimental Botany**, v. 51, n. 345, p. 659-668, 2000.
- MIRANDA, F. R.; OLIVEIRA, J. J.; SOUZA, F. Evapotranspiração máxima e coeficientes de cultivo para a cultura da melancia irrigada por gotejamento. **Revista Ciência Agronômica**, v. 35, n. 1, p. 36-43, 2004.
- MORAIS, E. R. G.; MAIA, C. E.; NEGREIROS, M. Z.; ARAÚJO JÚNIOR, B. B.; MEDEIROS, J. F. Crescimento e produtividade do melociro godelx influenciado pela cobertura do solo. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 2, p. 129-137, 2008.
- PEIXOTO, P. H. P.; DA MATTA, F. M.; CAMBRAIA, J. Responses of the photosynthetic apparatus to aluminium stress in two sorghum cultivars. **Journal of Plant Nutrition**, v. 25, n.4, p. 821-832, 2002.
- PEREIRA, W. E.; SIQUEIRA, D. L.; MARTINEZ, C.; PUIATTI, M. Gas exchange and chlorophyll fluorescence in four citrus rootstocks under aluminium stress. **Journal of Plant Physiology**, v. 157, n. 4, p. 513-520, 2000.
- ROMERO, J. L.; MAGALHÃES, P. C.; ALVES, J. D.; DURÃES, F. M.; VASCONCELLOS, C. A. Efeito do cálcio sobre algumas características biofísicas e morfológicas de plantas de milho BRS-4154 submetidas ao alagamento do solo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 2, n. 3, p. 21-33, 2003.
- SHIMAZAKI, K. I.; DOI, M.; ASMANN, S. M.; KINOSHITA, T. Light regulation of stomatal movement. **Annual Review of Plant Biology**, v. 58, n. 1, p. 219-247, 2007.
- SOARES, J. I.; COSTA, R. N. T.; SILVA, A. C.; GONDIM, R. S. Função de resposta da melancia aos níveis de água e adubação nitrogenada, no Vale do Curu, CE. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 219-224, 2002.
- TEODORO, R. E. F.; ALMEIDA, F. P.; QUEIROZ, J. M.; MELO, L. B. Diferentes lâminas de irrigação por gotejamento na cultura de melancia (*Citrullus lanatus*). **Bioscience Journal**, v. 20, n. 1, p. 29-32, 2004.
- YORDANOV, I.; VELIKOVA, V.; TSONEV, T. Plant response to drought, acclimation, and stress tolerance. **Photosynthetica**, v. 38, n. 2, p. 171-186, 2000.

Received on August 14, 2007.

Accepted on April 9, 2008.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited