

DESENVOLVIMENTO E EFICIÊNCIA FOTOQUÍMICA EM MUDAS DE HÍBRIDO DE MARACUJAZEIRO SOB LÂMINAS DE ÁGUA

GROWTH AND PHOTOCHEMICAL EFFICIENCY IN SEEDLINGS OF PASSION FRUIT HYBRID UNDER IRRIGATION LEVELS

Janivan Fernandes SUASSUNA¹; Alberto Soares de MELO²; Mônica Shirley da Silva SOUSA¹; Flávio da Silva COSTA³; Pedro Dantas FERNANDES⁴; Valquiria Martins PEREIRA³; Marcos Eric Barbosa BRITO⁵

1. Mestrando em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, PB, Brasil. Jf.su@hotmail.com; 2. Professor, Doutor, Departamento de Agrárias e Exatas, Universidade Estadual da Paraíba, Catolé da Rocha, PB, Brasil; 3. Mestrando em Ciências Agrárias, Departamento de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA; 4. Professor, Doutor, Instituto do Semi-Árido, Campina Grande, PB, Brasil; 5. Professor, M.Sc., Unidade Acadêmica de Agronomia e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, PB, Brasil.

RESUMO: Objetivando-se avaliar lâminas de água sobre o crescimento, a partição de fitomassa e eficiência do fotossistema II em mudas de maracujazeiro amarelo "IAC 273/277", foi conduzido experimento no Setor de Fruticultura da Universidade Estadual da Paraíba, Campus IV – Catolé do Rocha-PB, adotando-se o delineamento experimental inteiramente ao acaso com cinco tratamentos, quatro repetições e seis plantas úteis por unidade experimental. As lâminas de água estudadas foram L₁: 34 mm muda⁻¹fase⁻¹, L₂: 44 mm muda⁻¹fase⁻¹, L₃: 54 mm muda⁻¹fase⁻¹, L₄: 64 mm muda⁻¹fase⁻¹, e L₅: 82 mm muda⁻¹fase⁻¹, em aplicações durante a fase de mudas. As variáveis analisadas foram: taxa de crescimento da altura e da área foliar; área foliar específica; massa de matéria seca (folha+caule+raiz); a fluorescência da clorofila *a*: inicial (Fo), máxima (Fm), variável (Fv) e eficiência do FS II (Fv/Fm). Mudas de híbridos de maracujazeiro-amarelo expressam maior crescimento e acúmulo de massa quando são aplicados 82 mm muda⁻¹. A eficiência fotoquímica é reduzida com as menores lâminas de água.

PALAVRAS-CHAVE: *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg. Produção de mudas. Fotossistema II. Irrigação.

INTRODUÇÃO

Dentre as fruteiras, o maracujazeiro-amarelo (*Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg.) tem o Brasil como maior produtor mundial e um dos principais exportadores de seu suco, ao lado da Colômbia e do Equador (MARTINS et al., 2007). Como reflexo, observa-se o interesse dos produtores na expansão dos pomares, o que tem gerado intensa demanda por informações com relação à formação de mudas. Sabe-se que a deficiência de água é muitas vezes o fator mais limitante à obtenção de maiores produtividades ou produtos de boa qualidade; e esta quando em excesso é prejudicial à germinação e crescimento. Para Minami (1995) o maior problema está na forma como a água é aplicada, que na maioria das vezes é desuniforme, com isso o crescimento vai se tornando bastante irregular.

Nesse sentido, a produção de mudas de qualidade é uma das estratégias para o sucesso da fruticultura (MINAMI et al., 1994). Nessa fase, Carvalho; Nakagawa (1998) citam que a água é o fator que exerce maior influência sobre o processo germinativo, principalmente devido à reidratação dos tecidos, seguido da intensificação da respiração

e todas as outras atividades metabólicas, culminando com o fornecimento de energia e nutrientes necessários aos processos de crescimento e de desenvolvimento das plântulas.

Sabe-se que uma das formas de observar o estado morfológico das plantas é através da análise de crescimento. Deste modo, no acompanhamento do desenvolvimento de vegetais, Floss (2004) menciona que a análise de crescimento descreve as condições morfológicas da planta em diferentes intervalos de tempo, permitindo acompanhar a dinâmica da produtividade avaliada por meio dos índices fisiológicos e bioquímicos. Nesse sentido, a análise de crescimento baseia-se no fato de que, em média, 90% do material orgânico acumulado ao longo do crescimento da planta resultam da atividade fotossintética e o restante da absorção mineral do solo. Ressalte-se que para explicar o crescimento vegetal, também é necessário analisar o destino do carbono fixado e sua partição entre as partes aéreas e radiculares, afirmando-se assim, a necessidade de mensuração desses aspectos do vegetal para explicar a influência da disponibilidade de água sobre o processo fotossintético na planta.

Em outro aspecto, o estudo de parâmetro fisiológico como a fluorescência da clorofila *a* é importante no esclarecimento de efeitos das condições osmóticas e hídricas sobre a eficiência fotossintética nos vegetais. Para Krause e Winter (1996), quando ocorre excesso de energia, esta pode ser dissipada na forma de fluorescência. Nesse sentido, Maxwell e Johnson (2000) citam que o monitoramento das alterações na transferência de elétrons entre os fotossistemas do vegetal sob 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, sendo sua partição, fator determinante na produtividade. Ressalte-se que as informações disponíveis baseadas em dados experimentais não relatam sobre o uso da água e a eficiência fotossintética de híbrido de maracujazeiro amarelo, notadamente, nas condições do semiárido paraibano.

Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o desenvolvimento e a eficiência fotoquímica em mudas de híbrido de maracujazeiro-amarelo sob diferentes regimes hídricos.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido, em condições de viveiro telado, no Setor de Fruticultura da Universidade Estadual da Paraíba, localizada na cidade de Catolé do Rocha-PB, com uma latitude sul de 6,21°, longitude de 37,45° a oeste do meridiano de Greenwich, apresentando uma altitude de 210m.

Realizou-se o ensaio no período de agosto a outubro de 2007, utilizando-se sementes de híbrido de maracujazeiro-amarelo (IAC 273/277), adquiridas no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). O substrato utilizado foi esterco bovino curtido e terriço, na proporção de 1:1, colocados em sacos de polietileno com capacidade de 1 kg. A análise físico-química do substrato apresentou as seguintes características físico-químicas: pH em água = 8,6; P = 483 mg dm⁻³; K⁺ = 4,44 cmol_c dm⁻³; Na⁺ = 1,03 cmol_c dm⁻³; Ca⁺² = 4,1 cmol_c dm⁻³; Mg⁺² = 3,7 cmol_c dm⁻³; Al⁺³ = 0,0; SB = 13,3 cmol_c dm⁻³; CTC = 13,3 cmol_c dm⁻³; MO = 34,6 g kg⁻¹; PST (8%); areia = 717 g kg⁻¹; silte = 179 g kg⁻¹; argila = 104 g kg⁻¹; densidade aparente (1,2 g cm⁻³); densidade real (2,49 g cm⁻³); porosidade total (0,52 m³ m⁻³); umidade (0,1 atm - 0,33 atm - 15 atm; 157 g kg⁻¹ - 101 g kg⁻¹ - 65 g kg⁻¹); água disponível (92 g kg⁻¹); argila natural (52 g kg⁻¹); classe textural (franca arenosa).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, utilizando-se cinco lâminas de água L₁: 34 mm muda⁻¹ fase⁻¹, L₂: 44 mm muda⁻¹ fase⁻¹, L₃: 54 mm muda⁻¹ fase⁻¹, L₄: 64 mm muda⁻¹ fase⁻¹ e L₅: 82 mm muda⁻¹ fase⁻¹, com quatro repetições e seis úteis plantas por unidade experimental. As lâminas de água foram aplicadas após a emergência das plântulas até 60 dias após sementeira.

Avaliaram-se até 60 dias após a sementeira (DAS): a altura das mudas e a área foliar. Já aos 60 DAS foram determinadas a área foliar específica (cm² g⁻¹) e a partição de massa de matéria seca (folhas + caule + raiz) (g). Na determinação da altura das mudas, utilizou-se régua graduada em centímetro, tomando como referência, a distância do colo ao ápice do caule da muda. A área foliar foi determinada pela soma das medições da largura e comprimento das folhas de cada planta da parcela, correlacionando-se com a área e a massa dos discos (1cm de diâmetro) extraídos do limbo foliar. De posse desses dados, foi quantificada a área foliar específica (cm² g⁻¹) pela relação entre a área foliar e sua massa de matéria seca (BENINCASA, 2003; FLOSS, 2004).

Também foram avaliadas, no final da fase de mudas, as fluorescências da clorofila *a*: inicial (Fo), máxima (Fm), variável (Fv) e eficiência quântica do fotossistema II (Fv/Fm). As medidas foram determinadas na terceira folha, contada a partir do ápice, completamente expandida das mudas por meio de fluorômetro portátil (PEA - Plant Efficiency Analyser, Hansatech, King's Lynn, Norkofolk, UK), adotando-se o método do pulso de saturação (SCHREIBER et al., 1994), em folhas pré-adaptadas ao escuro após um período de 30 minutos, entre às 9h e 10h.

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e os modelos de regressão foram ajustados, utilizando o software SAEG 9.1.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se crescimento exponencial da altura das plantas em função do tempo, onde a maior altura foi observada na lâmina de 82 mm muda⁻¹ (Figura 1a). Constatou-se que a altura final das mudas teve comportamento linear crescente em função das lâminas de irrigação, evidenciando aumento de 35,6% da maior (82 mm muda⁻¹) em relação à menor lâmina (34 mm mudas⁻¹) (Figura 1b). Taiz e Zeiger (2004) explicam que o atraso no crescimento das plantas pode ser decorrente das alterações morfológicas ocasionadas pelo déficit hídrico e mudança no metabolismo de carbono.

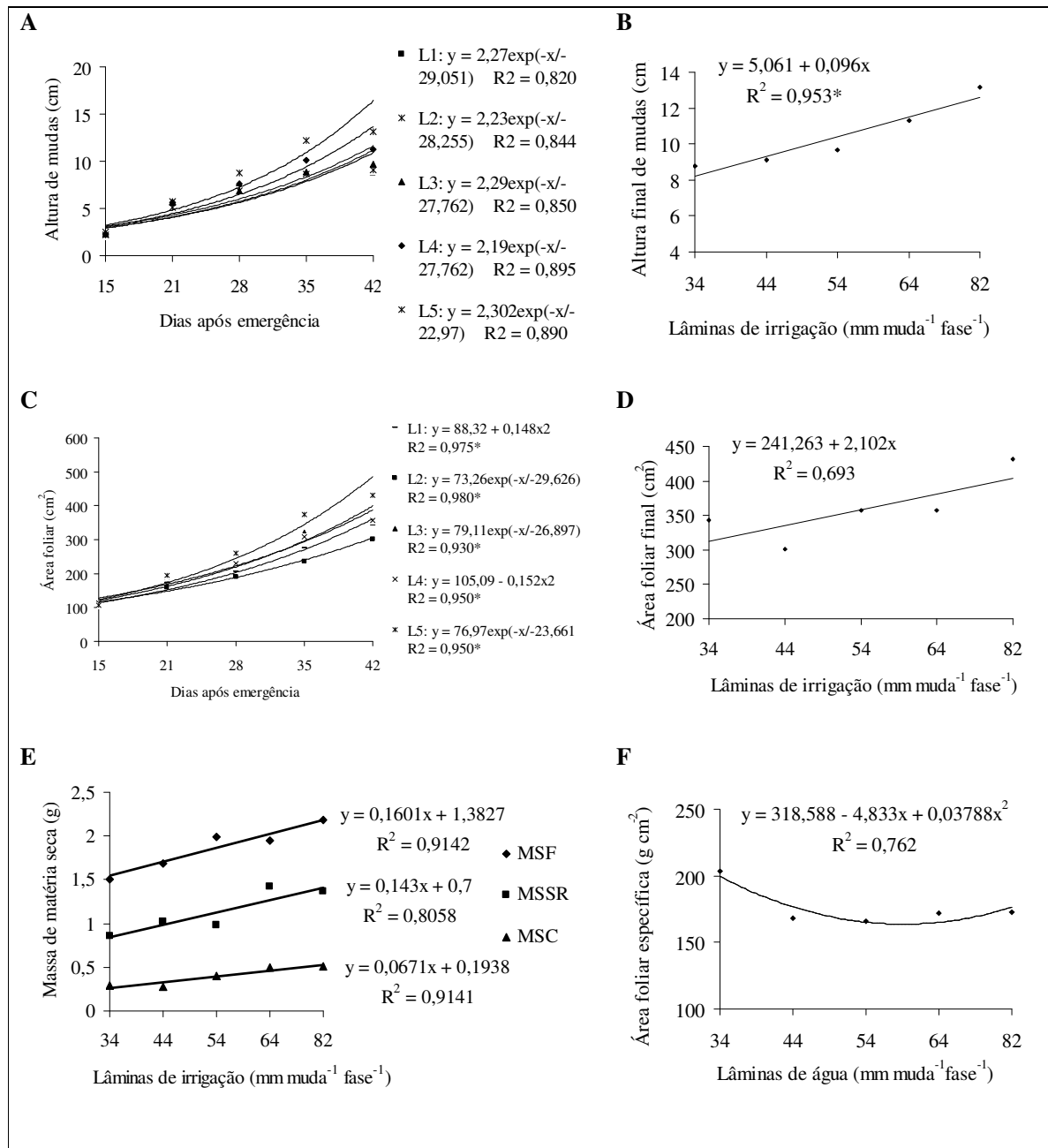


Figura 1. Altura de plantas em função do tempo (cm) (A), altura final (cm) (B), área foliar em função do tempo (cm^2) (C), área foliar final (cm^2) (D), partição de biomassa (MSSR: massa seca do sistema radicular – MSF: massa seca foliar – MSC: massa seca do caule) (g) (E), área foliar específica ($\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$) (F) de mudas de híbrido de maracujazeiro-amarelo sob diferentes lâminas de irrigação.

MSF: massa seca foliar

MSSR: massa seca do sistema radicular

MSC: massa seca do caule

A área foliar aumentou expressivamente a partir dos 28 DAE, destacando-se L₅ (82 mm muda^{-1}) (Figura 1c). Observou-se que a área foliar obteve ganho de 24,3% da lâmina inicial (34 mm muda^{-1}) para a maior lâmina (82 mm muda^{-1}) (Figura 1d). O

aumento na área foliar ocasionado pela maior disponibilidade hídrica contribui para a melhoria da absorção da radiação solar e a sua mensuração torna-se necessária como indicativo do rendimento dos vegetais (BENINCASA, 2003; FLOSS, 2004).

Nesse sentido, considerando-se a área foliar como índice de eficiência funcional das partes produtivas do vegetal, pode-se inferir que o estresse hídrico afetou significativamente esta eficiência em mudas de híbrido maracujazeiro-amarelo.

Analisando a partição de massa de matéria seca das mudas (Figura 1e), verificou-se que a massa de matéria seca foliar e massa de matéria seca do caule foram maiores com o aumento dos níveis de irrigação. Foram observados acréscimos de 30,87% na massa de matéria seca das folhas e 45,09% na dos caules, no intervalo compreendido entre os níveis de 34 e 82 mm muda⁻¹. A massa de matéria seca do sistema radicular foi linear crescente, com valor de 1,4 g na lâmina de 82 mm muda⁻¹, com acréscimos de 37,5% em relação ao menor volume de água aplicado.

Nas condições da menor disponibilidade hídrica, constatou-se que do total de massa de matéria seca acumulada, 57,82% foram destinados às folhas e 32,36% ao sistema radicular e apenas 10,64% destinado aos caules. Nota-se que alocação de biomassa no sistema radicular e nas folhas foi bem mais acentuada em função do aumento da água disponível. Durand et al. (1991) menciona que os vegetais submetidos à alguma condição limitante, por exemplo, insuficiência no suprimento de água, ocorre priorização no crescimento do sistema radicular em detrimento de outras partes da planta. No presente trabalho, tal fato somente se evidenciou com relação aos caules, pois sua alocação de matéria seca foi inferior à das raízes.

O maior valor (198,05 cm² g⁻¹) foi verificado na lâmina de 34 mm, atingindo a mínima (164,43 cm² g⁻¹) na lâmina estimada de 63,79 mm muda⁻¹ (Figura 1f). Isso indica aumento da espessura do mesófilo foliar, inferindo à capacidade do vegetal em regular a transpiração em virtude de maior número de estratos celulares ou aumento dos espaços intercelulares (TAIZ; ZEIGER, 2004). A área foliar específica (AFE) indica o inverso da espessura do mesófilo foliar (BENINCASA, 2003).

Em relação à fluorescência inicial (Fo), houve diminuição em 6,04% da lâmina de irrigação de 34 mm planta⁻¹ para o ponto de mínimo correspondente ao valor estimado de 53,29 mm muda⁻¹, com posterior aumento de 12,46% em comparação à lâmina de 82 mm muda⁻¹ fase⁻¹. Baker; Rosenqvst (2004) mencionam que a Fo evidencia a fluorescência quando a quinona receptora primária de elétrons (Q_A) do fotossistema II (PSII) está totalmente oxidada e o centro de reação (P₆₈₀) está “aberto”, indicando iminência à ativação das reações fotoquímicas. Acrescentam que o aumento

excessivo de Fo revela destruição do centro de reação do PSII (P₆₈₀) ou diminuição na capacidade de transferência da energia de excitação da antena ao PSII (Figura 1).

Notou-se, onde os dados estão representados por um modelo quadrático, que a intensidade máxima de fluorescência teve aumento expressivo até a lâmina máxima estimada na curva de 66,42 mm muda⁻¹, onde se verificou a maior intensidade máxima da fluorescência da clorofila de 1772,39 apresentando tendência de redução a partir deste nível (Figura 2b). Para Baker; 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 P₆₈₀.

Verificou-se variação da fluorescência variável (F_v) expressa pela relação F_m-F_o, evidenciando aumento de seus valores até a lâmina de 67,22 mm muda⁻¹, onde a variação máxima alcançou 1396,89 e passou a ser reduzida quando se aumentou a lâmina de irrigação (Figura 2c).

A eficiência quântica do fotossistema II (F_v/F_m) (Figura 2d), foi mínima (0,73), quando foram aplicados 34 mm muda⁻¹, notando-se maior eficiência (0,78), com a aplicação da lâmina máxima estimada de 66,45 mm muda⁻¹. A partir do volume de 66,45 mm muda⁻¹, houve decréscimo na eficiência do fotossistema II de apenas 1,28%, o que não comprometeu o processo fotoquímico e, conseqüentemente, o rendimento da massa de matéria seca das mudas. Isso decorreu possivelmente do excesso de umidade do substrato. Em folhas de sol, os valores típicos dessa relação estão em torno de 0,8 ou um pouco abaixo de 0,8. Em folhas de sombra, esses valores estão sempre entre 0,83 e 0,85, com uma diferença em torno de 4%. Valores abaixo de 0,725 indicam que as folhas certamente foram submetidas ao dano fotoinibitório (CRITCHLEY, 1998).

A eficiência quântica do fotossistema II é relacionada por Pereira et al. (2000) com indicativo de perturbações no sistema fotossintético causadas por estresses ambientais e bióticos, visto que a diminuição indica inibição da atividade fotoquímica, fato confirmado neste trabalho com a aplicação de lâminas inferiores a 66,45 mm muda⁻¹, corroborando com afirmação de Krause; Weis, (1991) que descrevem que essa razão decresce em plantas submetidas a algum tipo de estresse. No presente trabalho, infere-se que houve condição de estresse para a planta, uma vez que esta relação apresentou decréscimo de valores tanto na condição de menor

disponibilidade de água, quanto nos níveis mais elevados. Melo et al. (2007), estudando lâminas de água em maracujazeiro-amarelo, verificaram

redução de Fv/Fm em plantas sob hipoxia em condições de campo.

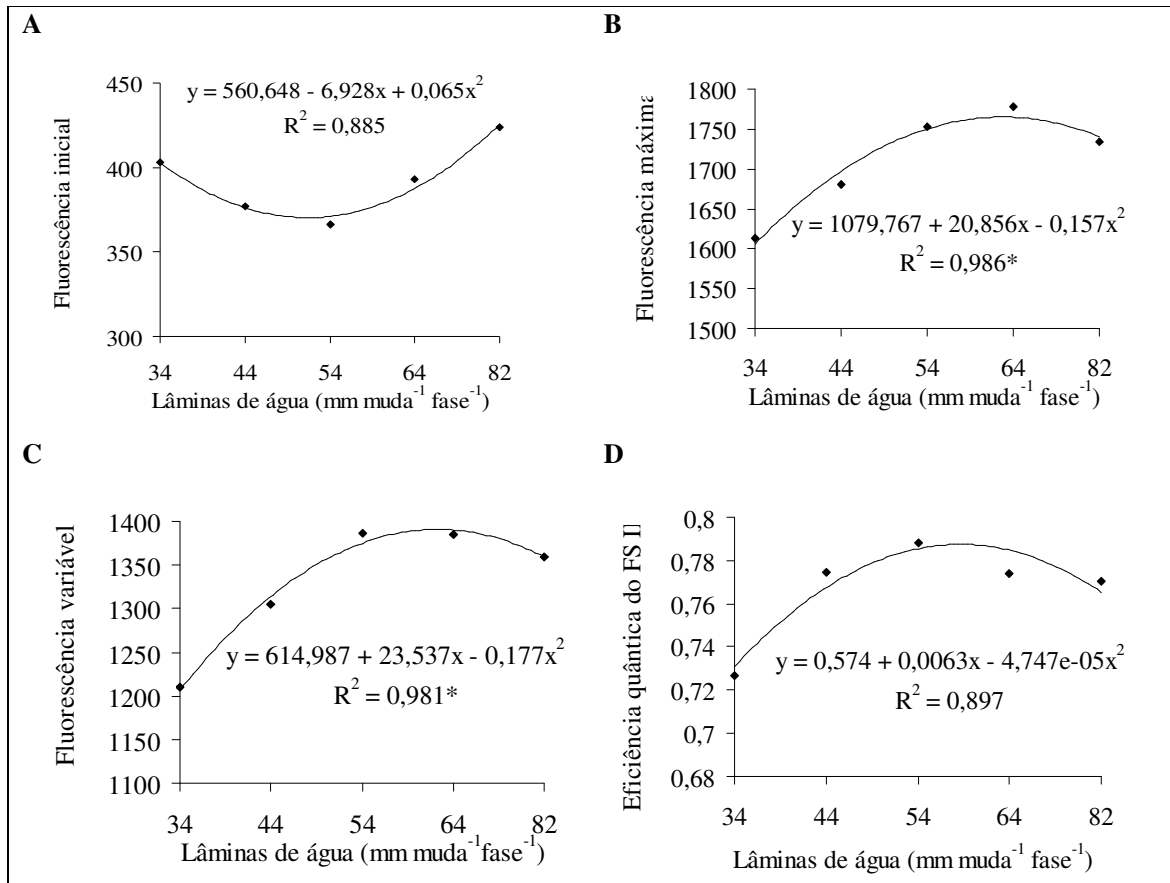


Figura 2. Fluorescência da clorofila inicial (Fo) (A), máxima (Fm) (B), variável (Fv) (C) e eficiência fotoquímica (Fv/Fm) (D) de híbrido de maracujazeiro-amarelo.

CONCLUSÃO

Mudas de híbridos de maracujazeiro-amarelo expressam maior taxa de crescimento e acúmulo de fitomassa quando são aplicados 82 mm muda⁻¹ e a eficiência fotoquímica é reduzida com as variações de umidade no substrato.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa Institucional de Iniciação Científica da UEPB/CNPq pela concessão de bolsa de pesquisa.

ABSTRACT: The objective was to evaluate the water levels on growth, partitioning of biomass and efficiency of photosystem II in seedlings of passion fruit "IAC 273/277". It was developed in the experiment of Fruit Industry of the State University of Paraíba, Campus IV – Catolé do Rocha, PB, adopting the completely random experimental design, with five treatments, four replicates and six plants per experimental unit. The water levels were L1: 34 mm seedling⁻¹phase⁻¹, L2: 44 mm seedling⁻¹phase⁻¹, L3: 54 mm seedling⁻¹phase⁻¹, L4: 64 mm seedling⁻¹phase⁻¹, L5: 82 mm seedling⁻¹phase⁻¹, in applications during seedlings growth. The variables analyzed were: growth rate of height and leaf area, specific leaf area, dry matter of the seedlings (leaf + stem + root), the fluorescence of chlorophyll a: initial (Fo), maximum (Fm), variable (Fv) and efficiency of the FS II (Fv / Fm). Seedlings of yellow passion hybrids accumulate express larger growth and dry matter when they are applied 82 mm seedling⁻¹. The photochemical efficiency is reduced with the smallest levels of water.

KEYWORDS: *Passiflora edulis* Sims f. *flavicarpa* Deg. Seedling production. Photosystem II. Irrigation.

REFERÊNCIAS

- BAKER, N. R.; ROSENQVST, E. Application of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 55, p. 1607-1621, 2004.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.
- CARVALHO, N. M.; NACAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 3.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1988. 429p.
- CRITCHLEY, C. Photoinhibition. In: RAGHAVENDRA, A.S. (Ed.). **Photosynthesis: a comprehensive treatise**. Cambridge: Cambridge University Press, 1998. p. 264-272.
- DURAND, J. L.; VARLET-RANCHER, C.; LEMAIRE, G.; GASTAL, F.; MOULIA, B. Carbon partitioning in forage crops. **Acta Biotheoretica**, Dordrecht, v. 39, p. 213-224, 1991.
- FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas**. Passo Fundo: Editora da UPF. 2004. 536p.
- KRAUSE, G. H.; WEIS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v. 42, p. 313-349, 1991.
- KRAUSE, G. H.; WINTER, K. Photoinhibition of photosynthesis implants growing in natural tropical forest gaps: a chlorophyll fluorescence study. **Botany Acta**, Oxford, v. 109, n. 6, p. 456-462, 1996.
- MARTINS, R. N.; DIAS, M. S. C.; RODRIGUES, M. G. V.; PACHECO, D. D.; CANUTO, R. S.; SILVA, J. C. Maracujá (*Passiflora* spp). In: PAULA JÚNIOR, J.; VENZOM, M. 101 culturas: Manual de Tecnologias Agrícolas. Belo Horizonte: EPAMIG, 2007. p. 503-507.
- MAXWELL, K.; JOHNSON, G.N. Chlorophyll fluorescence: a practical guide. **Journal Experimental Botany**, Oxford, v. 51, n. 345, p. 659-668, 2000.
- MELETTI, L. M. M.; FURLANI, P. R.; ÁLVARES, V.; SCOTT, M. D. S.; BERNACCI, L. C.; FILHO, J. A. A. Novas Tecnologias melhoram a produção de mudas de maracujá. **O Agrônomo**, Campinas, v. 54, n. 1, 2002.
- MELO, A. S.; LIMA, A. B.; BRITO, M. E. B.; FERNANDES, P. D.; FRANÇA, F. C. S.; SUASSUNA, J. F. Fisiologia do maracujazeiro sob diferentes lâminas de água. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NA IRRIGAÇÃO E CONFERÊNCIA SOBRE RECURSOS HÍDRICOS DO SEMI-ÁRIDO BRASILEIRO, 1, 2007, Sobral. **Anais...** Sobral: CENTEC, 2007. 1CD-ROM
- MINAMI, K.; TESSARIOLI NETO, J.; PENTEADO, S. R.; ESCARPARIFILHO, J. A. **Produção de mudas hortícolas de alta qualidade**. Piracicaba: ESALQ/SEBRAE, 1994. 155p.
- MINAMI, K. **Fisiologia da produção de mudas**. Produção de mudas de alta qualidade em horticultura. São Paulo: T, A Queiroz, 1995. p. 7 – 17.
- 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**, Oxford, v. 157, p. 513-520, 2000.
- SCHREIBER, V.; BILGER, W.; NEUBAUER, C. Chlorophyll fluorescence as a nonintrusive indicator for rapid assessment of in vivo photosynthesis. In: SHULZE, E.D.; CALDWELL, M.M. (Ed). **Ecophysiology of photosynthesis**. Berlin: Springer. 1994. p. 49-70. (Ecological studies, 100).
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed.. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.