

I. BIOTECNOLOGIA/FISIOLOGIA DE PLANTAS

TEOR DE ÁGUA NO SUBSTRATO DE CRESCIMENTO E FOTOSÍNTESE EM LARANJEIRA 'VALÊNCIA'⁽¹⁾

EDUARDO CARUSO MACHADO^(2,5), CAMILO LÁZARO MEDINA⁽³⁾
& MARA DE MENEZES DE ASSIS GOMES⁽⁴⁾

RESUMO

Analisou-se a resposta da fotossíntese (**A**), transpiração (**E**), condutância estomática (**g_s**), potencial da água na folha (**Ψ**), conteúdo relativo de água na folha (**RWC**), concentração interna de CO₂ (**Ci**) e eficiência do uso de água (**WUE**) em laranjeiras 'Valência', sobre duas espécies de porta-enxertos submetidas ao dessecamento do substrato de crescimento. As medidas foram feitas diariamente em laboratório (temperatura = 27 ± 1°C, déficit de pressão de vapor = 1,5 ± 0,3 kPa e 700 μmol.m⁻².s⁻¹ de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos), até que **A** atingisse valores próximos a zero, quando os vasos foram reirrigados. Em seguida, as mesmas variáveis foram medidas por mais quatro dias. Os valores de **A** e de **Ψ** praticamente não variaram com teores de água no substrato entre 24 e 15% e com **RWC** entre 90 e 80%. Todavia, **g_s** começou a decrescer desde o início da queda no **RWC** e abaixo de 18% no teor de água no substrato. Discute-se a possibilidade de a resposta do estômato estar diretamente relacionada à variação do teor de água no substrato, via comunicação raiz-parte aérea. A relação **A/E**, isto é, **WUE**, apresentou uma tendência discreta de diminuir com a queda de **g_s**, indicando que, sob estresse mais severo (**Ψ** < -2,7 MPa), **A** diminuiu relativamente mais que **E**. O aumento da concentração interna de CO₂ (**Ci**) em **Ψ** abaixo de -2,7 MPa sugeriu que sob estresse mais severo, além da queda da absorção de CO₂ devida ao fechamento dos estômatos, houve queda na atividade da fotossíntese em si. Depois da reirrigação, **Ψ** recuperou o valor inicial em 12 horas, enquanto **A** e **g_s** não se recuperaram totalmente após três dias.

Termos de indexação: *Citrus limonia* Osbeck, *Citrus sinensis* Osbeck, deficiência hídrica, eficiência do uso da água, *Poncirus trifoliata* Raf., trocas gasosas.

⁽¹⁾ Recebido para publicação em 3 de fevereiro e aceito em 12 de agosto de 1999. Projeto financiado pela FAPESP.

⁽²⁾ Centro de Ecofisiologia e Biofísica, Instituto Agrônomo (CEB-IAC), Caixa Postal 28, 13001-970 Campinas (SP).

⁽³⁾ Aluno de pós-graduação do Departamento de Fisiologia Vegetal da Unicamp. Bolsista da FAPESP, CEB-IAC.

⁽⁴⁾ Aluna de pós-graduação do Departamento de Fisiologia Vegetal da Unicamp. Bolsista da CAPES, CEB-IAC.

⁽⁵⁾ Com bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq.

ABSTRACT**SUBSTRATE WATER CONTENT AND PHOTOSYNTHESIS
IN 'VALENCIA' ORANGE TREES**

Photosynthesis (**A**), transpiration (**E**), stomatal conductance (g_s), leaf water potential (Ψ), leaf relative water content (**RWC**), internal CO₂ concentration (C_i) and water use efficiency (**WUE**) have been evaluated in 'Valencia' orange trees grafted on two rootstocks exposed to substrate desiccation. Daily measurements at the laboratory conditions (temperature = 27 ± 1°C, water vapor pressure = 1.5 ± 0.3 kPa, and photon flux density = 700 μmol.m⁻².s⁻¹) have been made until **A** reached values near zero. After rehydration, the same variables above have been evaluated for additional four days. **A** and Ψ values have not varied within 24% and 15% of substrate water content and for **RWC** ranging from 90 and 80%. However, there has been a decrease in g_s along with the decline on substrate water content and **RWC**. It is suggested that the stomatal response is directly related to the variation in substrate water content, by root-to-shoot communication. The ratio **A/E** (**WUE**) has shown a slight reduction trend as g_s declined, showing that under severe stress ($\Psi < -2.7$ MPa), **A** has reduced more than **E**. The increase of CO₂ internal concentration (C_i) in Ψ below -2.7 MPa has pointed out that, under severe stress, CO₂ assimilation has declined as a result of both stomatal closure and reduced photosynthesis activity. After a 12 hour-rewatering period Ψ had recovered the initial values while **A** and g_s had not yet reached the initial values, which have been obtained, though partially, only after a three day-rewatering period.

Index terms: *Citrus limonia* Osbeck, *Citrus sinensis* Osbeck, water deficit, water use efficiency, *Poncirus trifoliata* Raf., gas exchange.

1. INTRODUÇÃO

A redução na assimilação de CO₂, ocasionada pela deficiência hídrica, pode ser devida ao fechamento dos estômatos, restringindo o influxo de CO₂ nas células do mesófilo e/ou a efeitos do estresse diretamente sobre os mecanismos fotossintéticos (Kaiser, 1987; Chaves, 1991). Os estômatos podem responder rapidamente à variação da umidade do ar e/ou do solo e à interação entre esses dois fatores (Syvertsen, 1982; Turner et al., 1985; Syvertsen & Lloyd, 1994; Brakke & Allen Jr., 1995). Embora o fechamento dos estômatos durante o dessecamento do solo coincida, geralmente, com a queda no potencial da água na folha (Syvertsen, 1982), têm-se observado, em vários experimentos, decréscimos na

condutância estomática antes mesmo da ocorrência de queda no potencial da água na folha (Davies et al., 1986; Gollan et al., 1986a, b). Tal resposta sugere que, durante o dessecamento do solo, as raízes podem, por meio de um sinal químico, agir diretamente sobre o controle estomático (Davies et al., 1990).

Sob condições naturais, em citros, a queda da fotossíntese durante o desenvolvimento da deficiência hídrica no solo é mais acentuada nas horas de maior temperatura e de maior déficit de pressão de vapor (Syvertsen & Lloyd, 1994; Brakke & Allen Jr., 1995; Medina et al., 1998, 1999).

Este trabalho tem como objetivo medir, sob condições de laboratório, as trocas gasosas em laranja 'Valência' enxertadas sobre duas espécies de porta-enxerto e submetidas à variação do teor de água no substrato de crescimento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Laranjeiras ‘Valência’ (*Citrus sinensis* Osbeck), com dois anos de idade, enxertadas sobre limoeiro ‘Cravo’ (*Citrus limonia* Osbeck) e sobre Trifoliata (*Poncirus trifoliata* Raf.), foram cultivadas em casa de vegetação em vasos com 0,45 m de altura por 0,18 m de diâmetro, em substrato composto de três partes de terra e uma de areia sobre uma camada de 0,02 m de pedras britadas. Detalhes do cultivo, da condução das plantas e das medidas descritas a seguir encontram-se em Medina & Machado (1998). Os vasos foram dispostos distantes um dos outros 1,8 m entre linhas e 0,65 m entre plantas em quatro blocos. Cada bloco consistiu em dois vasos, um para cada porta-enxerto. As plantas foram submetidas à deficiência hídrica crescente, mediante a interrupção da irrigação, até que a taxa de fotossíntese atingisse valores próximos a zero, quando os vasos foram reirrigados até a capacidade de campo. Durante o período sem irrigação e após o reinício das irrigações, mediram-se, diariamente, as seguintes variáveis: taxa de fotossíntese (**A**), condutância estomática (g_s), taxa de transpiração (**E**), teor de umidade no substrato, conteúdo relativo de água nas folhas (**RWC**) e potencial da água na folha (**Ψ**). Efetuaram-se as medidas de **A**, g_s , **E** e do fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (FFFA) com um analisador portátil de fotossíntese (Li-6200, Licor Ltda., Lincoln-Nebraska), seguindo o método descrito por Vu et al. (1986). Para as medidas, utilizaram-se oito folhas por tratamento (duas por planta), selecionadas pela idade (cinco a sete meses), semelhança (tamanho e forma) e posição na planta.

Estimou-se o **Ψ** por uma câmara de pressão (PMS, mod. 1002), seguindo técnica de Kaufmann (1968), e o **RWC** pelo método descrito por Turner (1981), ambas as variáveis com quatro repetições. A eficiência do uso de água (**WUE**) foi calculada pela razão **A/E** (Berry & Downton, 1982).

A partir do início da suspensão da irrigação, diariamente, às 7 horas, quatro plantas de cada porta-enxerto foram transferidas para o laboratório, onde permaneceram por quatro horas, sob um sistema de iluminação, antes do início das medidas. Sob tal sis-

tema, a temperatura foi mantida em $27 \pm 1^\circ\text{C}$, o déficit de pressão de vapor em $1,5 \pm 0,3$ kPa e o FFFA em $700 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. Durante as medidas, captou-se ar externo ao laboratório (entre 350 e 360 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{mol}^{-1}$), o qual passava por uma coluna de 30 litros de água a temperatura constante. Após a refrigeração e a umidificação, o ar fluía para a câmara de fotossíntese a 28°C . Desse modo, o ar enviado a essa câmara apresentava umidade e temperatura constantes, durante as medidas.

A comparação de médias foi feita pelo teste t (pareado).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis medidas em relação ao teor de água no substrato e ao **RWC** durante a suspensão da irrigação apresentaram respostas semelhantes, independentemente do porta-enxerto e, portanto, os dados foram agrupados.

No período sem irrigação, o teor de água no substrato caiu de 24 até 12% (massa/massa). Em função do dessecação do solo **A**, g_s , **RWC** e **Ψ** foram afetados (Figura 1). Com a queda do teor de água de 24 a 15%, **Ψ** e **A** permaneceram praticamente constantes. Somente abaixo de cerca de 15% de umidade, os valores das duas variáveis decresceram significativamente (Figuras 1D e 1E). **RWC** também se manteve constante até ao redor de 15% de umidade, evidenciando, dessa forma, que as plantas apresentaram mecanismos que proporcionaram a manutenção de sua hidratação até esse limite (Figura 1E). Todavia, g_s mostrou tendência de cair com teores de água abaixo de 18% (Figura 1B). Portanto, sob deficiência hídrica moderada, as folhas se adaptaram e a taxa de fotossíntese em citros não foi significativamente afetada.

Com relação à variação de **RWC**, o potencial da água na folha e as taxas de fotossíntese e de transpiração mantiveram-se praticamente constantes até a 80%. Abaixo desse valor, tais variáveis apresentaram tendência linear de queda (Figura 2 A-D).

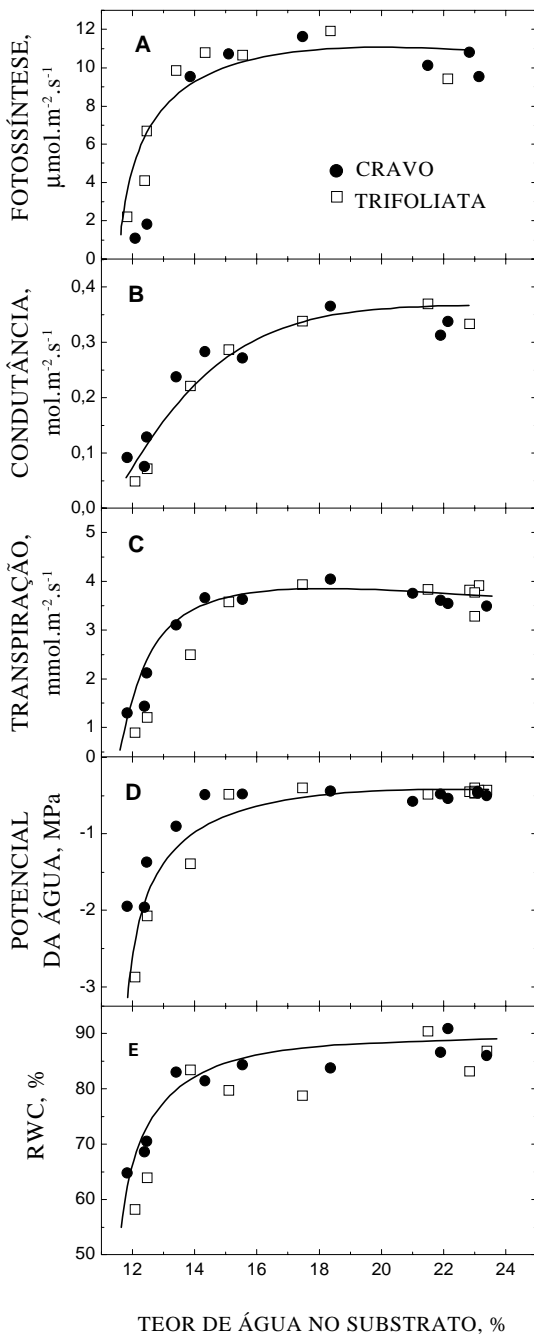


Figura 1. Respostas da taxa de fotossíntese (A), da condutância estomática (B), da taxa de transpiração (C), do potencial da água na folha (D) e do conteúdo relativo de água na folha-RWC (E) em laranjeira 'Valência' sobre duas espécies de porta-enxerto, em função da variação do teor de água no substrato. Cada ponto representa a média de oito repetições.

Ao longo de todo o intervalo de variação de **RWC**, isto é, entre 60 e 90%, g_s decresceu linearmente. **RWC** reflete a dinâmica do balanço de água da folha, isto é, o resultado entre a quantidade de água que entra na folha e a que sai por transpiração. Até valores ao redor de 15% de umidade do substrato, a quantidade de água que entrou e que saiu da folha deve ter sido aproximadamente igual, uma vez que o potencial da água na folha e o **RWC** mantiveram-se praticamente constantes. Com maior declínio do teor de água no substrato, a redução da entrada de água na folha deve ter sido proporcionalmente maior que a na transpiração, de modo a ocasionar uma queda no **RWC**. Tal queda deve ter afetado negativamente o potencial da água na folha e, conseqüentemente, a fotossíntese (Figuras 1 e 2). A condutância estomática das laranjeiras atingiu valores nulos em **RWC** ao redor de 60%, o que mostrou um dado baixo em comparação com os de Repellin et al. (1997) em palmeiras.

Observou-se, portanto, que, nos primeiros dias de estresse, g_s diminuiu antes de Ψ , tanto em relação à queda da umidade do substrato como do **RWC**. Nesses primeiros dias, o Ψ das folhas foi mantido constante, ou com pouca variação, apesar da queda do teor de umidade do substrato (Figura 1D). Em ervilhas crescidas em condição de campo, Bates & Hall (1981) observaram que g_s decresceu com a redução da umidade do solo, de maneira a controlar a perda de água pela copa.

A diminuição dos valores de g_s , a despeito da manutenção daqueles de Ψ , nos primeiros dias de estresse, evidenciou que não houve relação direta entre ambas as variáveis. Por outro lado, isso parece mostrar que a variação em g_s pode estar relacionada ao efeito direto da queda do teor de água no substrato sobre os estômatos. Em várias espécies, já se observou que um dos fatores que controlam a resposta do estômato, no início do dessecamento do solo, está relacionado com a comunicação raiz-parte aérea, a qual informa a respeito do estado da água na região das raízes, independentemente do seu estado na folha (Jones & Rawson, 1979; Turner et al., 1985; Gollan et al., 1986a, b; Liang et al., 1997; Repellin et al., 1997; Sasaki et al., 1997; Sasaki & Machado, 1999).

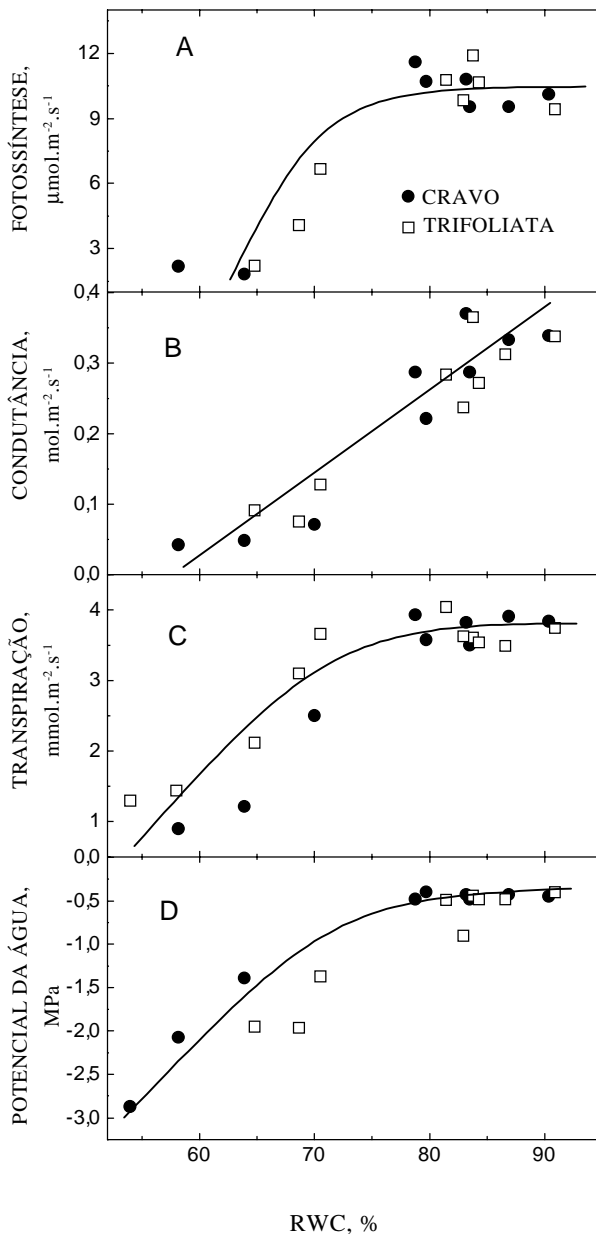


Figura 2. Respostas da taxa de fotossíntese (A), da condutância estomática (B), da taxa de transpiração (C) e do potencial da água na folha (D) em laranjeira 'Valência' sobre duas espécies de porta-enxerto, em função da variação do conteúdo relativo de água na folha (RWC). Cada ponto representa a média de quatro repetições.

Em condições de estresse hídrico, ocorre aumento da concentração de ácido abscísico, proveniente das raízes, nas células-guardas, provocando a redução na pressão de sua turgescência e o fechamento estomático (Liang et al., 1997).

Sob condições naturais, a transpiração máxima em laranjeira, na ausência de estresse hídrico, ocorre entre as 12 e as 14 horas (Medina et al., 1998, 1999), quando os estômatos estão parcialmente fechados e o potencial da água variando na faixa entre -1,2 e -1,5 MPa. Observou-se, aqui, que em valores equivalentes de Ψ , isto é, entre -1,2 e -1,5 MPa, a taxa de transpiração foi aproximadamente a metade em relação à apresentada em Ψ ao redor de -0,5 MPa e muito inferior àquela encontrada por Medina et al. (1998, 1999). Nos trabalhos de Medina et al. (1998, 1999), apesar de o Ψ ter atingido valores baixos, o solo foi mantido úmido e a água perdida pela transpiração era parcialmente repostada, mantendo a turgescência das folhas e os estômatos parcialmente abertos, permitindo a continuidade do fluxo de gases. A queda do Ψ em Medina et al. (1998, 1999) esteve relacionada à alta taxa de transpiração devida à alta demanda atmosférica entre as 12 e as 14 horas. No caso presente, a queda de Ψ está relacionada à queda do teor de água no substrato e não à demanda atmosférica, visto que esta permaneceu constante e baixa (1,5 kPa) no laboratório, onde se efetuaram as medidas. Assim, pequenas diferenças de Ψ podem ocorrer nas folhas de plantas estressadas ou bem hidratadas, mas com diferentes valores de transpiração e de fotossíntese. Syvertsen (1982) também observou variações em Ψ devidos à idade das folhas e às condições ambientes, como a demanda atmosférica.

A Figura 3 mostra a resposta de A e de E em função da variação de g_s pelo dessecamento do substrato. A forma como A e g_s se relacionam tem grande importância ecológica. Se A e g_s variam proporcionalmente numa relação linear que passa pela origem, a concentração interna de CO_2 (C_i) permanece constante. Nesse caso, se a temperatura foliar e a pressão de vapor no ar também não variam, a eficiência de uso da água (WUE) permanece constante (Schulze & Hall, 1982). A relação curvilínea entre A

e g_s , observada para a laranjeira, indica que g_s varia mais acentuadamente em resposta à queda da umidade do substrato ou em resposta à alteração de alguma condição interna da planta (Schulze & Hall, 1982). Nesse caso, como observado aqui, C_i tende a aumentar com a diminuição de A em função da desidratação da planta pela queda do teor de água no substrato (Figura 4). O aumento de C_i sob baixos valores de Ψ sugere queda de atividade nos mecanismos de assimilação de CO_2 , com decréscimo da eficiência de carboxilação (Farquhar & Sharkey, 1982).

Na Figura 5, encontra-se a resposta de WUE em função da variação de g_s e de Ψ . A diminuição de WUE em valores baixos de g_s e de Ψ indica que, nessa faixa de variação, a queda na taxa de fotossíntese foi mais acentuada que a de E . Para haver otimização do processo de assimilação de CO_2 , a condutância deve variar de forma a manter constante a relação A/E (Cowan, 1982), o que não ocorreu neste experimento.

A Figura 6 - respostas de A , g_s e Ψ nas plantas-controle e nas plantas estressadas após a reirrigação - mostra a recuperação dessas variáveis. O potencial da água das plantas sob estresse recuperou-se totalmente logo no dia seguinte à reirrigação, após o que A e g_s atingiram somente cerca de 70% dos valores do controle, apesar de o potencial da água na folha estressada ter-se recuperado totalmente. Em geral, sob deficiência, a queda da taxa de fotossíntese se deve ao fechamento dos estômatos. Dependendo da espécie e da natureza da desidratação, a taxa de fotossíntese pode atingir valores próximos a zero sem significativo declínio da capacidade fotossintética do mesofilo (Chaves, 1991). No caso presente, entretanto, a não-recuperação total da fotossíntese pode ter ocorrido tanto em função da recuperação apenas parcial da abertura estomática (Figura 6) como de algum dano causado aos processos bioquímicos e/ou fotoquímicos da fotossíntese.

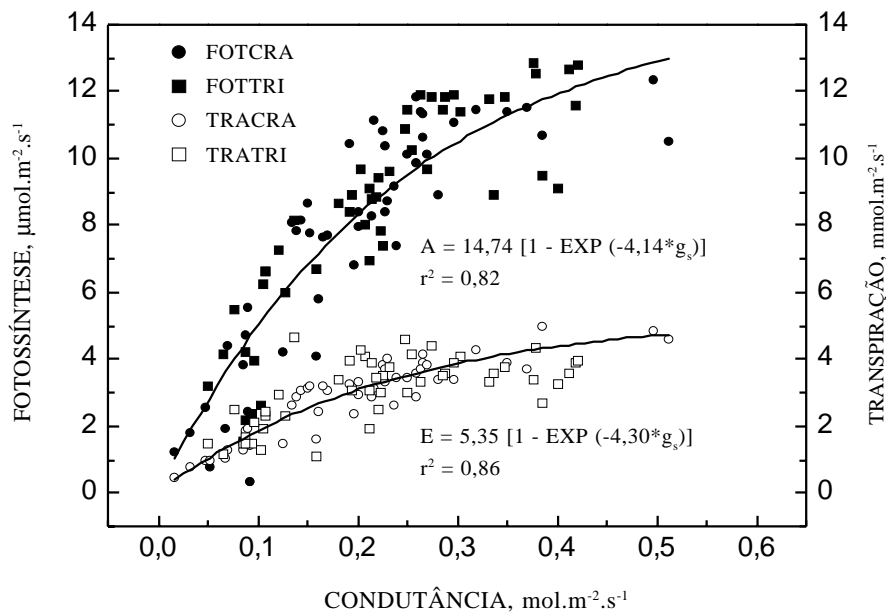


Figura 3. Resposta das taxas de fotossíntese e de transpiração em função da variação da condutância estomática em laranjeira 'Valência' sobre duas espécies de porta-enxerto, em vista do dessecamento do substrato. FOTCRA e FOTTRI indicam, respectivamente, fotossíntese em 'Cravo' e 'Trifoliata', TRACRA e TRATRI, transpiração.

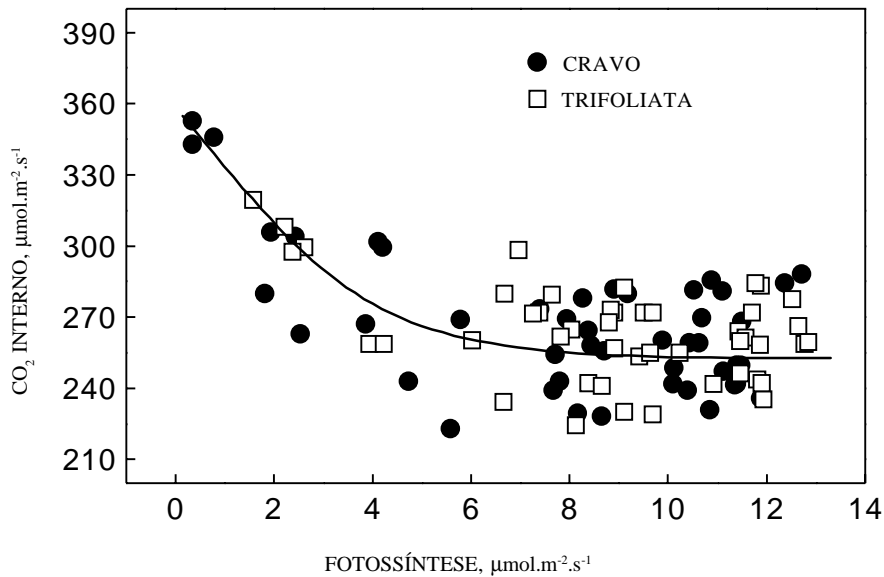


Figura 4. Relação entre a concentração interna de CO_2 e a taxa de fotossíntese em laranjeira ‘Valência’ sobre duas espécies de porta-enxerto.

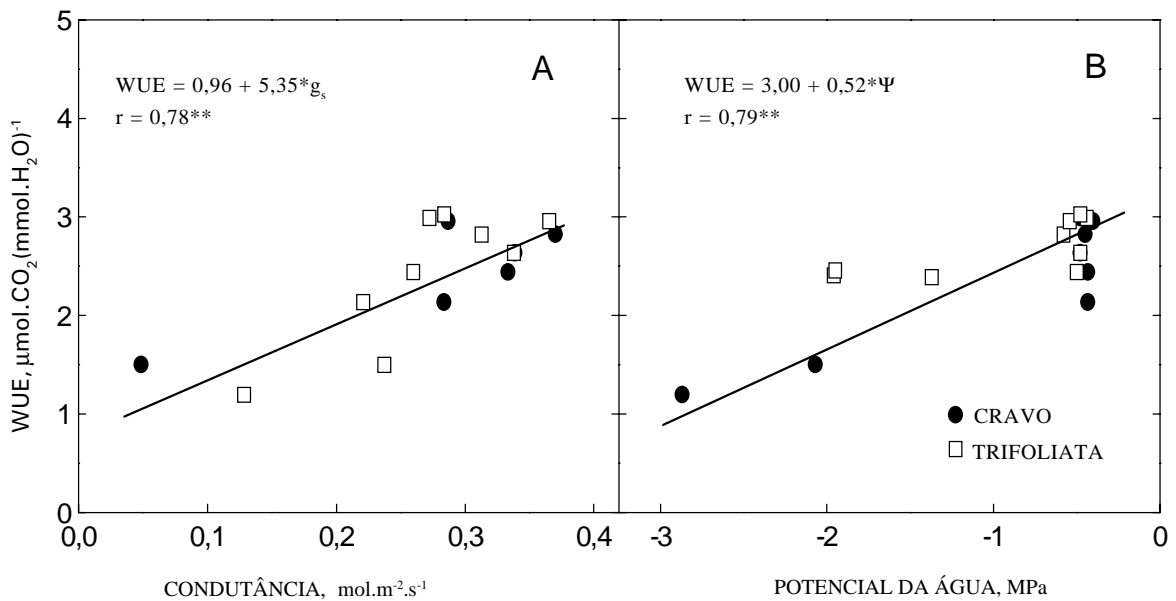


Figura 5. Eficiência do uso da água (WUE) em laranjeira ‘Valência’ sobre duas espécies de porta-enxerto em função da variação da condutância estomática (A) e do potencial da água na folha (B) devido ao dessecamento do substrato. Cada ponto representa a média de oito medidas. *: Significativo ao nível de 5%. **: Significativo ao nível de 1%.

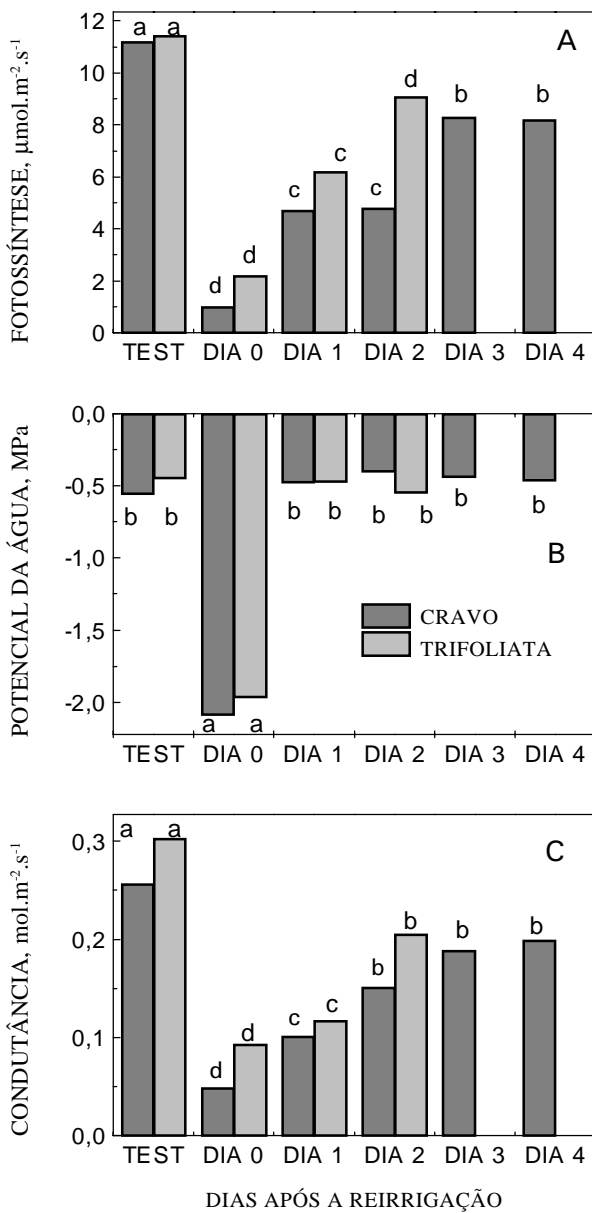


Figura 6. Recuperação da taxa de fotossíntese, da condutância estomática e do potencial da água na folha em laranjeira ‘Valência’ sobre duas espécies de porta-enxerto, após a reirrigação dos vasos. TEST = plantas sem estresse hídrico; DIA 0, 1, 2, 3 e 4 = dias após a reirrigação. Letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa ao nível de 1% pelo teste t.

Vu & Yelenosky (1988) observaram que a queda da fotossíntese em laranjeira ‘Valência’, sob deficiência hídrica, esteve relacionada à queda da ativação e da atividade da Rubisco, tendo ocorrido completa recuperação apenas após cinco dias da reirrigação. Por outro lado, a manutenção do fechamento parcial dos estômatos pode se dar pela permanência de altos teores de ABA, que é um dos fatores de pós-estresse que influenciam o mecanismo de abertura e fechamento de estômatos (Kriedmann et al., 1975; Liang et al., 1997; Gomes et al., 1997, 1999). Especificamente em citros, Gomes et al. (1999) observaram aumentos significativos na concentração de ABA em laranjeira ‘Pêra’ submetida à deficiência hídrica. Após a reirrigação das plantas, a concentração de ABA diminuiu vagarosamente, requerendo vários dias para atingir os valores observados antes do estresse.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATES, L.M. & HALL, A.E. Stomatal closure with soil water depletion not associated with changes in bulk leaf water status. *Oecologia*, Berlin, **50**: 62-65, 1981.
- BERRY, J.A. & DOWNTON, W.J.S. Environmental regulation of photosynthesis. In: GOVINDJEE, E. *Photosynthesis: development, carbon metabolism, and plant production*. New York, Academic Press, 1982. v.2, p.306-308.
- BRAKKE, M. & ALLEN JR., L.H. Gas exchange of Citrus seedlings at different temperatures, vapor-pressure deficits, and soil water content. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, New York, **120**: 497-504, 1995.
- CHAVES, M.M. Effects of water deficits on carbon assimilation. *Journal of Experimental Botany*, Oxford, **42**:1-16, 1991.
- COWAN, I.R. Regulation of water use in relation to carbon gain in higher plants. In: LANGE, O.L.; NOBEL, P.S.; OSMOND, C.B. & ZIEGLER, H., eds. *Physiological plant ecology*. II. Water relation and carbon assimilation. Berlin, Springer-Verlag, 1982. v. 12B, p. 589-613. (Encyclopedia of plant physiology)
- DAVIES, W.J.; MANSFIELD, T. A. & HETHERINGTON, A.M. Sensing of soil water status and regulation of plant growth and development. *Plant, Cell and Environment*, Oxford, **13**:709-719, 1990.

- DAVIES, W.J.; METCALFE, J.; LODGE, T.A. & da COSTA, A.R. Plant growth substances and the regulation of growth under drought. *Australian Journal of Plant Physiology*, Melbourne, **13**:105-125, 1986.
- FARQUHAR, G.D. & SHARKEY, T.D. Stomatal conductance and photosynthesis. *Annual Review of Plant Physiology*, Boca Raton, **33**:317-345, 1982.
- GOLLAN, T.; PASSIOURA, J.B. & MUNNS, R. Soil water status affects the stomatal conductance of fully wheat and sunflower leaves. *Australian Journal of Plant Physiology*, Melbourne, **13**:459-464, 1986a.
- GOLLAN, T.; TURNER, N.C. & SCHULZE, E.D. The responses of stomata and leaf gas exchange to vapor pressure deficits and soil water content. III. In the sclerophyllous woody species *Nerium oleander*. *Oecologia*, Berlin, **65**:356-362, 1986b.
- GOMES, M. M. A.; LAGÔA, A. M. M. A.; MACHADO, E. C. & FURLANI, P. R. Deficiência hídrica em duas cultivares de arroz de sequeiro: trocas gasosas e relações hormonais. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, Brasília, **9**:177-183, 1997.
- GOMES, M.M.A.; MEDINA, C.L.; MACHADO, E.C.; MACHADO, M.A. & LAGÔA, A.M.M.A. Potencial da água da folha e ácido abscísico em *Citrus sinensis* L. (Osb.) com CVC e submetido ao estresse hídrico. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, Brasília, **11**:25, 1999. (Suplemento)
- JONES, M.M. & RAWSON, H.M. Influence of rate of development of leaf water deficits upon photosynthesis, leaf conductance, water use efficiency, and osmotic potential in sorghum. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, **45**:103-111, 1979.
- KAISER, W.M. Effects of water deficit on photosynthetic capacity. *Physiologia Plantarum*, Copenhagen, **71**:142-149, 1987.
- KAUFMANN, M. Evaluation of the pressure chamber method for measurement of water stress in citrus. *Proceeding of the American Society for Horticultural Science*, New York, **93**:186-198, 1968.
- KRIEDMANN, P.E.; LOVEYS, B.R. & DOWNTON, J.S. Internal control of stomatal physiology and photosynthesis. II Photosynthetic responses to phaseic acid. *Australian Journal of Plant Physiology*, Melbourne, **2**:553-567, 1975.
- LIANG, J.; ZHANG, J. & WONG, M.H. Can stomatal closure caused by xilem ABA explain the inhibition of leaf photosynthesis under soil drying? *Photosynthesis Research*, The Hague, **51**:149-159, 1997.
- MEDINA, C.L. & MACHADO, E.C. Trocas gasosas e relações hídricas em laranjeira 'Valência' enxertada sobre limoeiro 'Cravo' e Trifoliata e submetida à deficiência hídrica. *Bragantia*, Campinas, **57**:15-22, 1998.
- MEDINA, C.L.; MACHADO, E.C. & GOMES, M.M.A. Condutância estomática, transpiração e fotossíntese em laranjeira 'Valência' sob deficiência hídrica. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, Brasília, **11**:29-34, 1999.
- MEDINA, C.L.; MACHADO, E.C. & PINTO, J.M. Fotossíntese de laranjeira 'Valência' enxertada sobre quatro porta-enxertos e submetida à deficiência hídrica. *Bragantia*, Campinas, **57**:1-14, 1998.
- REPELLIN, A.; LAFFRAY, C.D.; BRACONNIER, S. & ZUILY-FODIL, Y. Water relations and gas exchange in young coconut palm (*Cocos nucifera* L.) as influenced by water deficit. *Canadian Journal of Botany*, Ottawa, **75**:18-27, 1997.
- SASSAKI, R.M. & MACHADO, E.C. Trocas gasosas e condutância estomática em duas espécies de trigo em diferentes teores de água no solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, **34**(9):1571-1579, 1999.
- SASSAKI, R.M.; MACHADO, E.C.; LAGÔA, A.M.M.A. & FELIPPE, G.M. Effect of water deficiency on photosynthesis of *Dalbergia miscolobium* Benth., a cerrado tree species. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, Brasília, **9**:83-87, 1997.
- SCHULZE, E.-D. & HALL, A.E. Stomatal responses, water loss and CO₂ assimilation rates of plants in contrasting environments. In: LANGE, O.L.; NOBEL, P.S.; OSMOND, C.B. & ZIEGLER, H., eds. *Physiological Plant Ecology*. II. Water relations and carbon assimilation. Berlin, Springer-Verlag, 1982. p.181-229.
- SYVERTSEN, J.P. Minimum leaf water potential and stomatal closure in citrus leaves of different ages. *Annals of Botany*, London, **49**:827-834, 1982.
- SYVERTSEN, J.P. & LHOYD, J.J. Citrus. In: SCHAFFER, B. & ANDERSON, P.C., eds. *Handbook of environmental physiology of fruits crops*. Sub-tropical and tropical crops. Florida, CRC Press, 1994. v. II, p. 65-99.

- TURNER, N.C. Techniques and experimental approaches for measurement of plant water status. *Plant and Soil*, The Hague, **58**:339-366, 1981.
- TURNER, N.C.; SCHULZE E.-D. & GOLLAN, T. The response of stomata and leaf gas exchange to vapor pressure and soil water content. II. In the mesophytic herbaceous species *Helianthus annuus*. *Oecologia*, Berlin, **65**:348-355, 1985.
- VU, J.C.V. & YELENOSKY, G. Water deficit and associated changes in some photosynthetic parameters in leaves of 'Valencia' orange (*Citrus sinensis* Osbeck). *Plant Physiology*, Lancaster, **88**:375-378, 1988.
- VU, J.C.V.; YELENOSKY, G. & BAUSHER, M.G. CO₂ exchange rate, stomatal conductance, and transpiration in attached leaves of Valencia orange. *HortScience*, Alexandria, **21**:143-144, 1986.