

FLUXO DE SEIVA, FOTOSSÍNTESE E CONDUTÂNCIA ESTOMÁTICA EM LARANJEIRA 'NATAL' COM CLOROSE VARIEGADA DOS CITROS¹

Eduardo C. Machado⁽²⁾, Ricardo F. de Oliveira⁽³⁾, Rafael V. Ribeiro⁽²⁾, Camilo L. Medina⁽⁴⁾, Eduardo S. Stuchi⁽⁵⁾, Fábio R. Marin⁽⁶⁾, José A. B. da Silva⁽²⁾, Simone R. Silva⁽⁷⁾

ABSTRACT - Diurnal courses of sap flow (F), leaf CO₂ assimilation rate (A), leaf transpiration (E), stomatal conductance (gs) and leaf water potential (Ψ) were evaluated in 'Natal' sweet orange plants with citrus variegated chlorosis (CVC) under field condition. Healthy plants showed F values around 1.9 times higher than diseased ones during ten consecutive days. In addition, diseased plants exhibited reductions of 43, 28 and 33% in A, gs and E, respectively. Besides gs influence in A, the higher sensitivity of A when compared to E suggests that other factors are determining reduced photosynthesis of CVC-affected plants. Low leaf transpiration and low sap flow of CVC-affected plants were caused by low gs, which may be associated with the blockage of xylem vessels due to *Xylella fastidiosa* colonization, increasing the resistance to water movement towards leaves.

INTRODUÇÃO

A clorose variegada dos citros (CVC) é uma das mais importantes doenças afetando as laranjeiras doces no Brasil. Ela é causada pela bactéria *Xylella fastidiosa* (X.f.), cujo habitat exclusivo é o xilema. Alves et al. (2004) observaram obstruções de 8 a 11,8% dos vasos do xilema em laranjeiras com sintomas leves e severos de CVC, respectivamente. Machado et al. (1994) observaram menores taxas de assimilação de CO₂ (A) e de transpiração (E) e de condutância estomática (gs) em laranjeiras com CVC, possivelmente devido às obstruções no xilema. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da X.f. sobre o fluxo de seiva e nas trocas gasosas em laranjeiras 'Natal' com e sem CVC.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em um laranjal irrigado, plantado em fevereiro de 1998 no espaçamento de 6 x 4 m, na Estação Experimental de Citricultura de Bebedouro (SP). Dez meses após o plantio metade das plantas foram infectadas com X.f. por meio de enxertia de xilema contra xilema. As medidas de fluxo foram efetuadas entre 2 e 12 de maio de 2001, pelo método do balanço de calor conforme descrito em Trejo-Chandia et al. (1977). Os sensores (Dynamax Inc.) foram instalados em troncos, entre 60 e 90 cm acima do solo, e os sinais registrados por "datalogger" Campbell CR10X. A área foliar dos ramos cujo fluxo foi medido foi obtida com um integrador de área foliar (Li-3100, Licor Inc.). A, gs e E, a densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA) e a temperatura foliar foram medidos com um aparelho portátil de fotossíntese (Li-6400, Licor Inc.), em intervalos de aproximadamente 2 horas entre as 7:00 e 17:00h em folhas de aproximadamente seis meses (Machado et al., 1994). Mediu-se o potencial da água

no xilema (Ψ) com uma câmara de pressão, com técnica descrita em Kaufmann (1968). As medidas de fluxo de seiva, trocas gasosas e Ψ foram efetuadas com cinco repetições. As diferenças estatísticas foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As plantas inoculadas com X.f. apresentaram sintomas discretos de CVC por ocasião das medidas de fluxo. Laranjeiras com sintomas leves de CVC já apresentam ao redor de 8% dos vasos obstruídos (Alves et al., 2004). O padrão diurno de fluxo de seiva nos 10 dias de medida foi semelhante, desta forma optou-se por apresentar os valores médios em laranjeiras sadias e com CVC (Figura 1). A variação de F acompanhou, aproximadamente, a variação da demanda atmosférica no curso de um dia, sendo semelhante nos dois tratamentos. F das plantas sadias foi 1,9 vezes maior que F das plantas com CVC, demonstrando o efeito da colonização dos vasos do xilema pela X.f.

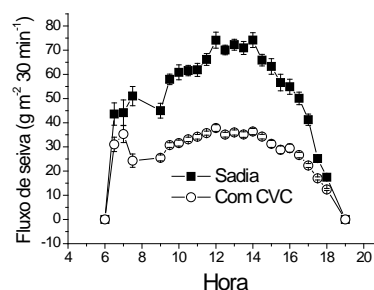


Figura 1. Fluxo médio de seiva entre 2 e 12 de maio de 2001. Cada ponto indica a média de 10 dias de medidas, com cinco repetições por dia. Barras indicam o erro padrão da média de dez dias.

A umidade do solo foi mantida próxima da capacidade de campo nos dois tratamentos, mas as folhas das plantas com CVC apresentaram sintomas de deficiência hídrica, principalmente nas horas com temperatura e DPV mais elevados. Também o Ψ das plantas com CVC foi menor que o das plantas sadias, ocorrendo assim uma relação entre sintomas de deficiência, queda em F e menor Ψ (Tabela 1).

As respostas de A, gs e E em laranjeiras sadias e com CVC apresentaram um padrão semelhante em relação ao curso de um dia (Figura 2), porém com valores significativamente menores nas plantas com CVC. Nas laranjeiras infectadas pela X. f. ocorreram quedas de 43, 28 e 33% em A, gs e E respectivamente.

¹Trabalho parcialmente financiado pela FAPESP; ²Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Ecofisiologia e Biofísica – Instituto Agrônomo, CP28, 13001-970, Campinas-SP. Com bolsa de produtividade científica do CNPq (caruso@iac.sp.gov.br); ³ Depto. de Ciências Biológicas, E.S.A. "Luiz de Queiroz", Univ. de São Paulo, CP09, 13418-900, Piracicaba-SP. ⁴Grupo de Consultores em Citros, CP39, 13490-070, Cordeirópolis-SP; ⁵Embrapa Mandioca e Fruticultura; ⁶Embrapa Informática Agropecuária, CP6041, 13083-886, Campinas-SP.

Tabela 1. Potencial da água na folha em laranjeiras 'Natal' com e sem CVC. Bebedouro, 2001

Tratamento	Potencial da água na folha (MPa)	
	6:00h	14:00h
Sadia	-0,13aA	-0,76bA
Com CVC	-0,37aB	-1,60bB

Letras minúsculas diferentes na linha e maiúsculas na coluna indicam diferenças significativas ao nível de 5% pelo teste Tukey.

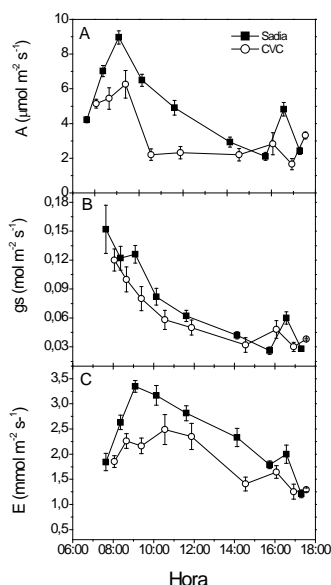


Figura 2. (A) Taxa de assimilação líquida de CO₂, (B) condutância estomática e (C) taxa de transpiração em folhas de laranjeira 'Natal' sadia e com clorose variegada dos citros (CVC) em função da hora do dia (cada ponto representa a média de cinco repetições e barras indicam o respectivo erro padrão). Bebedouro, 2001.

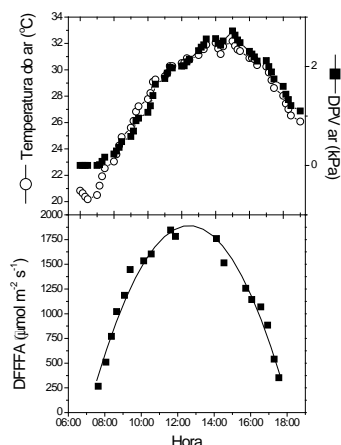


Figura 3. (A) Temperatura do ar e déficit de pressão de vapor (DPV) e densidade de fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA) durante o dia de medidas de trocas gasosas em laranjeira 'Natal' com e sem clorose variegada dos citros (CVC). Bebedouro, 2001.

Em geral, uma mesma redução de gs causa maior redução em E do que em A devido às resistências envolvidas (Nobel, 1999; Ribeiro et al., 2003). Assim, 1968.

como o decréscimo de A nas plantas com CVC foi maior do que o decréscimo em E, somente a redução de gs não explicaria totalmente o decréscimo em A das plantas infectadas. De fato, Ribeiro et al. (2003) observaram que além da queda de gs, fatores relacionados com reações bioquímicas e fotoquímicas também afetam A em laranjeiras infectadas.

Em função do menor valor de E em laranjeiras com CVC e, conseqüentemente, menor taxa de resfriamento, a temperatura da folha (T_{folha}) foi maior em relação à das folhas das plantas sadias, sendo tal relação dada por $T_{folha-CVC} = 4,36 + 0,94 * T_{folha-sadia}$ ($p < 0,0001$), o que pode afetar a eficiência fotossintética.

Em geral, Ψ medido antes do nascer do Sol dá uma indicação do potencial da água no solo, uma vez que uma noite é suficiente para que o Ψ da folha e do solo entrem em equilíbrio (Nobel, 1999). Nas laranjeiras com CVC o Ψ das 6:00h não atingiu valores semelhantes aos das plantas sadias (Tabela 1) sugerindo que a presença das bactérias afetou a recuperação do conteúdo de água.

Os valores máximos de E nas laranjeiras sadias e com CVC foram 3,2 e 2,5 mmol m⁻² s⁻¹, respectivamente, enquanto que os valores médios dos fluxos de seiva calculados em unidades equivalentes foram de 1,16 e 0,56 mmol m⁻² s⁻¹, respectivamente. A diferença entre os valores de F e de E estão relacionados com o método de medida. Enquanto E foi medido em folhas expostas diretamente à radiação solar, F representa a média de todas as folhas da copa. As folhas diretamente expostas à radiação solar apresentam maior temperatura e maior DPV entre folha e ar proporcionando alto E nas primeiras horas da manhã. Posteriormente, nos horários mais quentes do dia tanto a temperatura quanto o DPV tornam-se muito elevados e causam queda em gs e em E (Figuras 2 e 3). Em função do auto sombreamento, o padrão de resposta de E e de F foram diferentes.

REFERÊNCIAS

- Alves, E.; Marucci, C.R.; Lopes, R.E.; Leite, B. Leaf symptoms on plum, coffee and citrus and the relationship with the extent of xylem vessels colonized by *Xylella fastidiosa*. J. Phytopathol., v.152, p.291–297, 2004.
- Machado, E.C.; Quaggio, J.A.; Lagôa, A.M.M.A.; Ticelli, M.; Furlani, P.R. Trocas gasosas e relações hídricas de laranjeiras com clorose variegada dos citros. Rev. Bras. Fisiol. Veg., v.6, p.53–57, 1994.
- Nobel, P.S. Physicochemical and environmental plant physiology. San Diego: Academic Press. 1999.
- Ribeiro, R.V.; Machado, E.C.; Oliveira, R.F. Early photosynthetic responses of sweet orange plants infected with *Xylella fastidiosa*. Physiol. Mol. Plant Pathol., v.62, p.167-173, 2003.
- Trejo-Chandía, J.E.; Angelocci, L.R.; Oliveira, R.F. Aplicação do método de balanço de calor na determinação da transpiração de mudas de limoeiro. Sci. Agric., v.54, p.221-231, 1997.
- Kaufmann, M. Evaluation of the pressure chamber method for measurement of water stress in citrus. Proc. Am. Soc. Hortic. Sci., v.93, p.186-198,