



Microclima e taxas fotossintéticas e transpiratórias do tomateiro em diferentes ambientes de cultivo

Anderson Fernando Wamser¹, Euclides Schallenger² e
Luiz Carlos Argenta³

Resumo – O objetivo deste trabalho foi estimar as variáveis microclimáticas e as taxas fotossintéticas e transpiratórias do tomateiro cultivado em seis ambientes: a céu aberto (CA); em telado cercado por tela citros (RT); em abrigo do tipo pampeana com cobertura de polietileno sem tela antiinsetos nas laterais (ST) e com três tipos de telas laterais, antiafídica (AF), citros (CI) e clarite (CL), em Itajaí, SC, no ano agrícola de 2004. As avaliações foram feitas 35 e 75 dias após o plantio e em cinco horários do dia. As temperaturas do ar e da folha foram maiores nos ambientes protegidos e com telas antiinsetos de menor espessura. Aos 35 dias após o plantio as taxas fotossintéticas foram maiores nos ambientes protegidos, enquanto que as taxas transpiratórias foram maiores nos ambientes protegidos com tela antiafídica e citros na lateral.

Termos para indexação: *Lycopersicon esculentum* Mill, cultivo protegido, tela antiinsetos.

Microclimate and photosynthetic and transpiration rates of tomato plants in different growth environments

Abstract – The aim of this study was to estimate the microclimate and the photosynthetic and transpiration rates of tomato grown at open air plots (CA); in screenhouses with citrus insect-proof screen (RT); in plastic covered greenhouses without insect-proof screen (ST) and in plastic covered greenhouses with three types of insect-proof screen, anti-aphidian (AF), citrus (CI) and clarity (CL), in Itajaí, SC, in 2004. The protected cultivation with screens with smaller thickness provided greater leaves and air temperatures. Thirty-five days after planting photosynthetic rates were greater in protected cultivation while transpiration rates were greater in protected cultivation with anti-aphidian and citrus screens.

Index terms: *Lycopersicon esculentum* Mill, protected cultivation, insect-proof screen.

Introdução

O cultivo em ambiente protegido é uma estratégia utilizada pelos agricultores para estender a produção para épocas do ano e regiões com clima desfavorável às culturas, protegendo-as das adversidades climáticas, proporcionando aumento da produtividade e viabilizando o fornecimento de produtos no período da entressafra. A aclimação das plantas às

variações ambientais, como a proporcionada pelo ambiente protegido em relação ao ambiente a céu aberto, normalmente resulta em ajustes morfofisiológicos, incluindo alterações da fotossíntese e transpiração (Taiz & Zeiger, 2004). Segundo Loomis & Connor (1992), as alterações fisiológicas da cultura podem variar tanto espacialmente, em resposta aos fatores ambientais atuantes, como temporalmente, em resposta aos

efeitos das condições ambientais anteriores.

O uso de telas laterais antiinsetos no cultivo em ambiente protegido é efetivo na diminuição da incidência de alguns insetos-praga e insetos vetores de doenças (Vieira et al., 2004). Os efeitos dos diferentes tipos de telas antiinsetos, com diferentes tipos de malhas e transmissividade à radiação, sobre as alterações do ambiente e da morfofisiologia do tomateiro não

Aceito para publicação em 12/6/07.

¹Eng. agr., M.Sc., Epagri/Estação Experimental de Caçador, C.P. 591, 89500-000 Caçador, SC, fone: (49) 3561-2000, e-mail: afwamser@epagri.sc.gov.br.

²Eng. agr., Dr., Epagri/Estação Experimental de Itajaí, C.P. 277, 88301-970 Itajaí, SC, fone: (47) 3341-5244, e-mail: eshallen@epagri.sc.gov.br.

³Eng. agr., Dr., Epagri/Estação Experimental de Caçador, e-mail: argenta@epagri.sc.gov.br.

estão claramente estabelecidos. O conhecimento do efeito dos fatores ambientais sobre os aspectos fisiológicos das plantas pode auxiliar no entendimento das diferenças de produtividade encontradas entre os diferentes ambientes de cultivo do tomate, como observado por Schallenger (2005).

O objetivo do presente estudo foi estimar as variáveis climáticas e as taxas fotossintéticas e transpiratórias do tomateiro cultivado em diferentes ambientes.

Material e métodos

O estudo foi realizado em 2004, na Epagri/Estação Experimental de Itajaí – EEI –, localizada no município de Itajaí, SC, região fisiográfica do Baixo Vale do Itajaí. O clima da região é mesotérmico úmido, com verão quente, do tipo Cfa, conforme a classificação de Köppen (Pandolfo et al., 2002).

Os tratamentos consistiram em seis ambientes de cultivo: testemunha a céu aberto (CA), abrigo tipo pampeana sem proteção de tela nas laterais (ST), abrigo tipo pampeana com tela antiafídica nas laterais (AF), abrigo tipo pampeana com tela citros nas laterais (CI), abrigo tipo pampeana com tela clarite nas laterais (CL), e telado revestido por tela citros (RT). Cada tratamento foi composto por um ambiente, cuja área era de 70m² (10m x 7m).

Os abrigos do tipo pampeana foram cobertos com polietileno de baixa densidade (PEBD) com espessura de 100 µm. As telas antiafídica, citros e clarite apresentavam malha de 0,5 x 0,5mm, 1 x 1mm e 2,0 x 2mm ou 50, 25 e 12 mesh, respectivamente. Os ambientes formados por abrigos do tipo pampeana e o telado possuíam altura de pé direito de 2m e altura da cumeeira de 3,5m.

As mudas da cultivar de tomate Fortaleza, híbrido de crescimento indeterminado, foram transplantadas aos ambientes no dia 2/9/2004, 38 dias após a sementeira. O tomateiro foi cultivado em espaçamento de 1m entre linhas e 0,5m entre plantas. Foram conduzidas duas hastes por planta no sistema vertical com bambu com

retirada de brotos e realização de amarrio das plantas semanalmente. O sistema de irrigação foi o localizado com fitas de gotejamento, sendo utilizada a mesma frequência e lâmina d'água para todos os ambientes.

As taxas fotossintética (A) e transpiratória (E), a condutância estomática (g), a concentração interna de CO₂ (C_i), a temperatura da folha (T_{folha}) e do ar (T_{ar}) e o déficit de pressão de vapor (DPV) foram determinados utilizando um sistema portátil de análise de gases por infravermelho (Irga, Li-6400, Li-Cor, Lincoln, Nebrasca, EUA). As variáveis A, C_i, E, g, T_{folha} e DPV foram estimadas sob radiação fotossinteticamente ativa (RFA) saturante de 1.200µmol de fótons/m²/s e concentração constante de CO₂ de 360µmol de CO₂/mol de ar. As avaliações foram feitas aos 35 e 75 dias após o plantio (DAP) e em cinco horários: 8h57 (19min), 10h48 (19min), 13h11 (19min), 15h20 (19min) e 17h16 (15min), aos 35 DAP, e 7h56 (23min), 9h36 (20min), 13h00 (19min), 15h02 (20min) e 16h19 (16min), aos 75 DAP. Cada horário de avaliação foi considerado uma repetição. Foi realizada uma leitura em folhas do terço superior do dossel de cada plantas amostrando cinco plantas por ambiente, em cada horário. As plantas amostradas pertenciam à segunda linha de plantas de cada ambiente, sendo que cada linha possuía 20 plantas. Até os 75 DAP não foi realizada colheita de frutos. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos ao acaso. As variáveis estudadas foram submetidas à análise de variância pelo teste F. Havendo significância estatística (P < 0,05), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. As análises estatísticas foram realizadas através do pacote estatístico Sisvar versão 5.0 (Ferreira, 2000).

Resultados e discussão

A T_{ar} média de todos os ambientes analisados foi de 26,7 e 30,8°C, aos 35 e 75 DAP, respectivamente, correspondendo ao aumento histórico das temperaturas médias entre os meses de

outubro e novembro na região de Itajaí (Pandolfo et al., 2002). O ambiente CI apresentou a maior T_{ar} média durante o dia, não diferindo dos ambientes AF e RT, tanto aos 35 como aos 75 DAP (Tabela 1). As maiores temperaturas em ambientes com tela lateral, especialmente com malhas mais adensadas (antiafídica e citros), possivelmente resultam da menor ventilação e difusão do ar aquecido para fora do ambiente (Galvani & Escobedo, 2001). O ambiente ST apresentou menor T_{ar} que o ambiente CA na primeira época analisada, e não se diferiram na segunda época. Contrário a este resultado, Caliman et al. (2005), trabalhando com abrigos de 400m², observaram menores temperaturas do ar no ambiente a céu aberto.

Em geral, os efeitos dos ambientes sobre a T_{folha} foram semelhantes àqueles sobre a T_{ar}, onde as maiores T_{folha} foram observadas nos ambientes protegidos com tela nas laterais, seguidos pelos ambientes CA e ST (Tabela 1). A T_{folha} média foi 1,7% (26,3°C) e 3,7% (29,7°C) menor que a T_{ar} aos 35 e 75 DAP, respectivamente. A maior redução da T_{folha} em relação à T_{ar} na segunda época de avaliação possivelmente se deve à maior taxa transpiratória observada em relação à primeira época (Tabela 1). A transpiração é um processo que envolve a evaporação da água da superfície das células do mesófilo para os espaços intercelulares das folhas e a difusão do vapor de água das folhas para o meio (Taiz & Zeiger, 2004). A evaporação da água implica em absorção de calor latente e resfriamento dos tecidos das folhas (Taiz & Zeiger, 2004). Quando as folhas transpiram a evaporação da água retira o calor da folha e a refresca. Neste sentido, Nogueira et al. (2001) encontraram T_{folha} superior a T_{ar} quando a taxa transpiratória era baixa.

O DPV médio de todos os ambientes analisados foi de 2,8kPa aos 35 DAP e de 2,1kPa aos 75 DAP. Aos 35 DAP, o DPV foi maior nos ambientes CL, RT e CA, não se diferindo do ambiente CI, e menor no ambiente AF, não se diferindo do ambiente ST (Tabela 1). Possivelmente no ambiente AF, com T_{ar} e T_{folha} elevadas, o menor

Tabela 1. Temperatura do ar (T_{ar}), temperatura da folha (T_{folha}), déficit de pressão de vapor (DPV), fotossíntese (A), condutância estomática (g), concentração interna de CO_2 (Ci) e transpiração (E) do tomate durante o dia, em seis ambientes de cultivo, aos 35 e 75 DAP em Itajaí, SC, 2004⁽¹⁾

Ambiente	T_{ar}	T_{folha}	DPV	A	g	Ci	E
°C.....		kPa	... $\mu\text{mol } CO_2/m^2/s...$	$\mu\text{mol } CO_2/mol$	$\mu\text{mol } CO_2/mol$	$\mu\text{mol } H_2O/m^2/s$
Primeira época (35 DAP)							
CA	25,9 c	25,8 b	2,89 a	15,8 b	0,12 c	86,1 b	3,07 b
ST	25,0 d	24,8 c	2,68 bc	19,1 a	0,13 bc	78,8 b	3,38 b
AF	27,3 ab	26,6 a	2,66 c	19,4 a	0,19 a	131,4 a	4,65 a
CI	27,9 a	27,1 a	2,84 ab	19,4 a	0,16 ab	103,0 b	4,21 a
CL	26,9 b	26,5 a	2,92 a	16,8 ab	0,13 c	86,5 b	3,36 b
RT	27,3 ab	26,8 a	2,96 a	14,1 b	0,12 c	130,6 a	3,44 b
Média	26,7	26,3	2,83	17,4	0,14	102,7	3,68
CV (%)	3,5	3,0	7,5	21,6	29,6	30,8	24,4
Segunda época (75 DAP)							
CA	30,4 bc	28,8 c	1,71 c	21,4 a	1,12 a	229,2 ns	8,27 a
ST	29,9 c	29,3 bc	2,42 a	12,5 c	0,39 c	223,4	5,83 d
AF	31,4 a	30,3 a	2,15 b	13,7 bc	0,65 bc	247,2	7,36 b
CI	31,5 a	30,3 a	2,21 ab	14,6 bc	0,60 bc	233,1	6,83 bc
CL	30,6 bc	29,7 ab	2,18 ab	12,7c	0,51 bc	232,9	6,14 cd
RT	30,9 ab	29,7 ab	2,02 b	15,5 b	0,70 b	231,2	7,15 b
Média	30,8	29,7	2,12	15,1	0,66	232,8	6,93
CV (%)	3,2	2,9	14,9	22,3	50,6	11,8	16,0

⁽¹⁾Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. **Notas:** CA = céu aberto; ST = abrigo tipo pampeana sem proteção de tela nas laterais; AF = abrigo tipo pampeana com tela antiafídica nas laterais; CI = abrigo tipo pampeana com tela citros nas laterais; CL = abrigo tipo pampeana com tela clarite nas laterais; RT = telado revestido por tela citros; C.V. = coeficiente de variação.

DPV pode estar relacionado à maior UR deste ambiente. O reduzido diâmetro dos orifícios da tela antiafídica dificulta a saída do vapor d'água pela ação do vento (Tanny et al., 2003), e a UR do ambiente tende a aumentar (Fatnassi et al., 2003) com a contínua evapotranspiração. Nos ambientes com maior espessura da malha (CI, CL e RT), a ventilação do ambiente tende a aumentar, diminuindo a UR e, conseqüentemente, aumentando o DPV. No ambiente ST, com maior ventilação, o menor DPV está relacionado às menores T_{ar} e T_{folha} , enquanto que no ambiente CA a maior remoção do vapor d'água pela ação do vento favorece a menor UR do ambiente e o aumento do DPV. Aos 75 DAP, o ambiente CA

apresentou o menor DPV, favorecido pela ocorrência de chuvas neste período e umidade do ar mais elevada.

A condutância estomática média de todos os ambientes foi 0,143 e 0,662 $\mu\text{mol}/m^2/s$ aos 35 e 75 DAP, respectivamente, estando relacionadas com as diferenças de DPV médio nestas mesmas épocas. Da mesma forma, a condutância estomática de cada ambiente esteve relacionada com o DPV, pois ambientes com maior DPV apresentaram menor condutância estomática (Tabela 1). Já a taxa transpiratória média de todos os ambientes foi 3,7 e 6,9 $\mu\text{mol}/m^2/s$ aos 35 e 75 DAP, respectivamente. A maior taxa transpiratória média na última época está correla-

cionada à maior condutância estomática média observada nesta época. De forma geral a variação da taxa transpiratória esteve sempre relacionada com a variação da condutância estomática (Tabela 1) para todos os ambientes e épocas de avaliação. Desta forma, maiores taxas transpiratórias foram observadas nos ambientes AF e CI aos 35 DAP. Mesmo com T_{ar} elevada, houve menor fechamento estomático nestes ambientes devido ao menor DPV, favorecendo estas maiores taxas transpiratórias.

A taxa fotossintética foi medida por unidade de área sob luz saturante. Entretanto, Schallenger (2005) observou neste mesmo experimento diferenças de

luminosidade entre os ambientes, onde o ambiente CA apresentou maior luminosidade seguido pelos ambientes ST, CL, CI, AF e, por último, o ambiente RT. Assim, as variações da taxa fotossintética estão mais fortemente relacionadas ao efeito das condições ambientais atuantes e dos efeitos acumulados de todas as condições ambientais passadas sobre os processos morfofisiológicos das plantas. A taxa fotossintética média de todos os ambientes foi maior aos 35 DAP em relação aos 75 DAP, correspondendo a 17,4 e 15,1 μmol de $\text{CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$, respectivamente. A menor taxa fotossintética média observada aos 75 DAP se deve, em parte, à queda de suas taxas por volta das 12h na maioria dos ambientes, o que foi observado aos 35 DAP somente no final do dia.

Os ambientes protegidos com cobertura de PEBD proporcionaram as maiores taxas fotossintéticas das plantas aos 35 DAP (Tabela 1). As maiores taxas fotossintéticas explicam o maior acúmulo de massa aérea seca pelas plantas cultivadas nestes ambientes, conforme observado por Schallenberger (2005). Nos ambientes CA e RT, onde as taxas fotossintéticas foram menores, o acúmulo de massa seca também foi menor (Schallenberger, 2005). Entretanto, aos 75 DAP as menores taxas fotossintéticas foram observadas nos ambientes com cobertura de PEBD, refletindo o estágio de desenvolvimento das folhas do terço superior do dossel da cultura. Nesta época, as plantas cultivadas nos ambientes protegidos se apresentavam em estágio de desenvolvimento mais avançado que as plantas cultivadas nos ambientes CA e RT (Schallenberger, 2005), refletindo as maiores taxas fotossintéticas no início do ciclo, já tendo sido realizada a despona. Conseqüentemente, as folhas do terço superior das plantas cultivadas nos ambientes protegidos estavam com idade fisiológica mais avançada que a dos ambientes CA e RT e, conseqüentemente, com menor potencial fotossintético (McAvoy & Janes, 1989).

A C_i média entre os ambientes foi de 102,7 e 232,8 μmol de CO_2/mol

aos 35 e 75 DAP, respectivamente. A menor C_i aos 35 DAP reflete a maior taxa fotossintética nesta época e a menor condutância estomática. As maiores C_i de CO_2 aos 35 DAP foram observadas nos ambientes AF e RT (Tabela 1). Estes resultados mostram que a menor taxa fotossintética no ambiente RT não foi limitada pelo CO_2 . A redução da taxa fotossintética neste ambiente pode estar ligada mais aos fatores fotoquímicos e bioquímicos, em resposta à aclimação, à menor quantidade de radiação solar ou à maior ocorrência de doenças observadas por Schallenberger (2005) neste ambiente. Aos 75 DAP não houve diferenças significativas entre ambientes para a C_i .

Conclusões

Ambientes com telas antiinsetos com menor espessura de malha proporcionam maiores temperaturas do ar e de folhas.

Os ambientes protegidos com cobertura de polietileno de baixa densidade proporcionam maiores taxas fotossintéticas nas folhas do terço superior do dossel das plantas no início do ciclo.

Os ambientes protegidos e com tela antiinsetos de menor espessura de malha na lateral proporcionam maiores taxas transpiratórias nas folhas do terço superior do dossel das plantas no início do ciclo.

Literatura citada

- CALIMAN, F.R.B.; SILVA, D.J.H.; FONTES, P.C.R. et al. Avaliação de genótipos de tomateiro cultivados em ambiente protegido e em campo nas condições edafoclimáticas de Viçosa. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.23, n.2, p.255-259, 2005.
- FATNASSI, H.; BOULARD, T.; BOUIRDEN, L. Simulation of climatic conditions in full-scale greenhouse fitted with insect-proof screens. *Agricultural and Forest Meteorology*, v.118, n.1-2, p.97-11, 2003.
- FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE

INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos, S.P. *Anais...* São Carlos, SP: UFSCar, 2000. p.255-258.

- GALVANI, E.; ESCOBEDO, J.F. Balanço de energia na cultura de pepineiro em ambiente natural e protegido. *Bragantia*, Campinas, v.60, n.2, p.127-137, 2001.
- LOOMIS, R.S.; CONNOR, D.J. *Crop ecology: productivity and management in agricultural system*. Cambridge: University Press, 1992. 528p.
- MCAVOY, R.J.; JANES, H.W. Tomato plant photosynthetic activity as related to canopy age and tomato development. *Journal of American Society of Horticultural Science*, v.114, n.3, p.478-482, 1989.
- NOGUEIRA, R.J.M.C.; MORAES, J.A.P.V.; BURITY, H.A. et al. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas a déficit de água. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, Campinas, v.13, n.1, p.75-87, 2001.
- PANDOLFO, C. (Coord.); BRAGA, H.J.; SILVA JÚNIOR, V.P. et al. *Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina*. Florianópolis: Epagri, 2002. CD-ROM.
- SCHALLENBERGER, E. *Produção orgânica de tomate em diferentes ambientes de cultivo*. 2005. 128f. Tese (Doutorado), Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 2005.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.
- TANNY, J.; COHEN, S.; TEITEL, M. Screenhouse microclimate and ventilation: an experimental study. *Biosystems Engineering*, v.84, n.3, p.331-341, 2003.
- VIEIRA, M.R.; CORREA, L.S.; CASTRO, T.M.M.G. et al. Efeito do cultivo do mamoeiro (*Carica papaya* L.) em ambiente protegido sobre a ocorrência de ácaros fitófagos e moscas-brancas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.26, n.3, p.441-445, 2004. ■