

# Taxa fotossintética e transpiratória em diferentes estratos do dossel de 16 cultivares de tomate

Anderson Fernando Wamser<sup>1</sup>, Siegfried Mueller<sup>2</sup>,  
Luiz Carlos Argenta<sup>3</sup>

**Resumo** – O presente trabalho teve por objetivo avaliar as taxas fotossintéticas e transpiratórias em cultivares de tomate nos estratos superior, médio e inferior do dossel. As taxas fotossintéticas e transpiratórias, a condutância estomática, a concentração interna de CO<sub>2</sub>, a temperatura da folha, a temperatura do ar e a radiação fotossinteticamente ativa incidente foram avaliadas no início da colheita. Não houve diferenças expressivas entre as cultivares com relação às variáveis estudadas. As taxas fotossintéticas no início da colheita foram maiores nos estratos superiores do dossel. Todavia, em todos os estratos as taxas fotossintéticas estavam acima do ponto de compensação luminosa, contribuindo com fotoassimilados para o crescimento e desenvolvimento dos frutos. As taxas transpiratórias também foram maiores nos estratos superiores. Já a temperatura foliar foi maior nos estratos inferiores.

**Termos para indexação:** *Lycopersicon esculentum* Mill, fotossíntese e transpiração.

## Photosynthetic and transpiration rates in different canopy layers of 16 tomato cultivars

**Abstract** – The aim of this study was to evaluate the photosynthetic and transpiration rates in different layers of tomato cultivars. Photosynthetic rate, transpiration, stomata conductance, internal CO<sub>2</sub> concentration, leaf temperature, air temperature and photosynthetically active radiation were evaluated in the beginning of the harvest. There were no differences among cultivars for all parameters. Photosynthetic rates were higher in the upper layers. However, the photosynthetic rates in all layers were above the light compensation point, contributing with carbohydrates for the growth and development of the fruits. The transpiration rates were also higher in the upper layers. The leaf temperature was higher in the downer layers.

**Index terms:** *Lycopersicon esculentum* Mill, photosynthesis and transpiration.

## Introdução

A produção de frutos de tomate está distribuída no dossel das plantas. A importação de fotoassimilados pelos frutos ocorre preferencialmente a partir das folhas mais próximas (Hocking & Steer, 1994). Assim, a produtividade do tomateiro depende, em parte, das taxas de assimilação do gás carbônico CO<sub>2</sub> das folhas nos diferentes estratos da planta e não apenas da fotossíntese total do dossel.

No dossel das culturas existe

extinção gradativa da radiação fotossinteticamente ativa incidente (RFA<sub>i</sub>) em direção aos estratos inferiores (Wilson et al., 1992). As folhas superiores, expostas ao sol, geralmente operam em níveis saturantes de RFA<sub>i</sub>, enquanto que as folhas inferiores trabalham abaixo destes níveis. O processo de senescência das folhas também influencia a fotossíntese total do dossel. A senescência no tomateiro ocorre inicialmente nas folhas mais velhas localizadas nos estratos inferiores (McAvoy & Janes, 1989). A perda de CO<sub>2</sub> pela respiração em

folhas senescentes se aproxima, em estádios mais avançados, da fixação de CO<sub>2</sub> pela fotossíntese. Desta forma, a estrutura produtiva do dossel das plantas pode ser dividida em duas partes: a camada superior e produtiva na qual a fotossíntese excede a respiração e a camada inferior na qual a respiração excede a fotossíntese (Loomis & Connor, 1992). O ponto de divisão é a camada de folhas que se encontra no ponto de compensação luminosa, onde a taxa de fixação do CO<sub>2</sub> pela fotossíntese se iguala à taxa de consumo de CO<sub>2</sub> pela respiração.

Aceito para publicação em 8/11/05.

<sup>1</sup>Eng. agr., M.Sc., Epagri/Estação Experimental de Caçador, C.P. 591, 89500-000 Caçador, SC, fone: (49) 3561-2023, e-mail: afwamser@epagri.rct-sc.br.

<sup>2</sup>Eng. agr., Dr., Epagri/Estação Experimental de Caçador, fone: (049) 3561-2011, e-mail: simueller@epagri.rct-sc.br.

<sup>3</sup>Eng. agr., Dr., Epagri/Estação Experimental de Caçador, fone: (049) 3561-2028, e-mail: argenta@epagri.rct-sc.br.

Assim, cultivares que possuam maiores taxas fotossintéticas nos estratos inferiores, no início da maturação dos frutos, podem possuir maior potencial de produtividade de frutos.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar as taxas fotossintéticas e transpiratórias em diferentes estratos do dossel vegetativo de 16 cultivares comerciais de tomateiro.

## Material e métodos

O experimento foi realizado na safra de 2004/05, na Epagri/Estação Experimental de Caçador – EECd –, localizada no município de Caçador, SC, região fisiográfica do Vale do Rio do Peixe. O clima da região é temperado constante úmido, com verão ameno, do tipo Cfb, conforme a classificação de Köepen. A temperatura do ar, umidade relativa e a precipitação total anual, média dos últimos anos, é de 15,4°C, 80,5% e 1.800mm, respectivamente (Pandolfo et al., 2002).

Avaliou-se a assimilação de CO<sub>2</sub> e as relações hídricas em 16 cultivares de tomate: Alambra, Aplauso, Avansus, Cazador, Colibri, Débora PTO, Fanny, Kombat, Millennium, Netta, Netuno, Paron, Raiza N, Sebring, Sensação e Styllus e em três estratos do dossel: terço inferior, médio e superior.

As mudas preparadas no sistema “float” foram transplantadas no dia 12/11/2004 utilizando o sistema de plantio direto sobre palha de aveia. A adubação de base foi feita no sulco utilizando 60, 600 e 300kg/ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente, na fórmula 03-30-15, 10t/ha de esterco de frango, 2,75kg/ha de B como bórax e 40kg/ha de Zn como sulfato de zinco. As adubações de cobertura foram realizadas semanalmente a partir dos 30 dias após o plantio com 30kg/ha de N e de K<sub>2</sub>O, totalizando oito aplicações até o momento das avaliações. O espaçamento entre fileiras foi 1,75m e entre plantas foi 0,6m. Cada cultivar foi plantada em duas linhas de 15m cada uma, totalizando 50 plantas por cultivar. Foram conduzidas duas hastes por planta no sistema vertical com

bambu com a retirada de brotos laterais e realização de amarrão das plantas semanalmente. A irrigação por gotejamento foi realizada conforme necessidade da cultura.

As taxas fotossintéticas (A) e transpiratórias (E), a condutância estomática (g), a concentração interna de CO<sub>2</sub> (Ci), a temperatura da folha (T<sub>folha</sub>), a temperatura do ar (T<sub>ar</sub>) e a radiação fotossinteticamente ativa incidente (RFA<sub>i</sub>) foram determinadas com aparelho de análise de gases por infravermelho portátil (IRGA, Li-6400, Li-Cor). As nomenclaturas estão sistematizadas na Tabela 1. A, Ci, E, g e T<sub>ar</sub> foram estimadas sob RFA de 2.000, 1.000, 500, 100 e zero μmol de fótons/m<sup>2</sup>/s e concentração constante de 360μmol de CO<sub>2</sub>/mol. As variações de RFA foram obtidas através de uma fonte artificial de luz vermelha (LED) controlada por um sensor de quantum localizados dentro da câmara de trocas gasosas do IRGA. As avaliações foram feitas durante seis dias a partir dos 80 dias após o plantio (DAP) e entre as 13 e 17 horas. Foi realizada uma leitura por estrato por dia com intervalo de um dia para cada cultivar. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente ao acaso. Até esta época não havia sido realizada a colheita de frutos. A resposta da A em função da

variação da RFA foi ajustada de acordo com a seguinte equação:

$$A = A_{\max} [1 - e^{-k(RFA - Q_c)}],$$

onde A<sub>max</sub> é a máxima taxa fotossintética, k é a constante, RFA é a radiação fotossinteticamente ativa e Q<sub>c</sub> é o ponto de compensação luminosa.

A eficiência do uso da radiação (EUR) foi estimada a partir da seguinte equação:

$$EUR = k \cdot A_{\max} \cdot e^{(k \cdot Q_c)},$$

sendo k a constante, A<sub>max</sub> a máxima taxa fotossintética e Q<sub>c</sub> o ponto de compensação luminosa.

## Resultados e discussão

Não houve diferenças expressivas entre as cultivares para todas as variáveis analisadas. Desta forma, foram analisados somente os valores médios de A (Figura 1), Ci, g, E e T<sub>folha</sub> (Figura 2) das 16 cultivares, em função da variação da RFA e dos estratos do dossel das plantas.

A T<sub>ar</sub> média a partir dos 80 DAP durante os seis dias de avaliações e entre as 13 e 17 horas variaram pouco ao longo do dossel da cultura (Tabela 2). Já a avaliação da RFA<sub>i</sub> média para este mesmo período mostrou a sua extinção em direção aos estratos inferiores (Tabela 2). Os desvios-padrão foram altos para a RFA<sub>i</sub> em todos os estratos em

Tabela 1. Variáveis analisadas e respectivas nomenclaturas

Variável	Nomenclatura
A	Taxa fotossintética
A <sub>max</sub>	Taxa fotossintética máxima
Ci	Concentração interna de CO <sub>2</sub>
E	Transpiração
EUR	Eficiência do uso da radiação
g	Condutância estomática
k	Constante da equação
Q <sub>c</sub>	Ponto de compensação luminosa
R <sub>d</sub>	Respiração no escuro
RFA	Radiação fotossinteticamente ativa
RFA <sub>i</sub>	Radiação fotossinteticamente ativa incidente
T <sub>ar</sub>	Temperatura do ar
T <sub>folha</sub>	Temperatura da folha

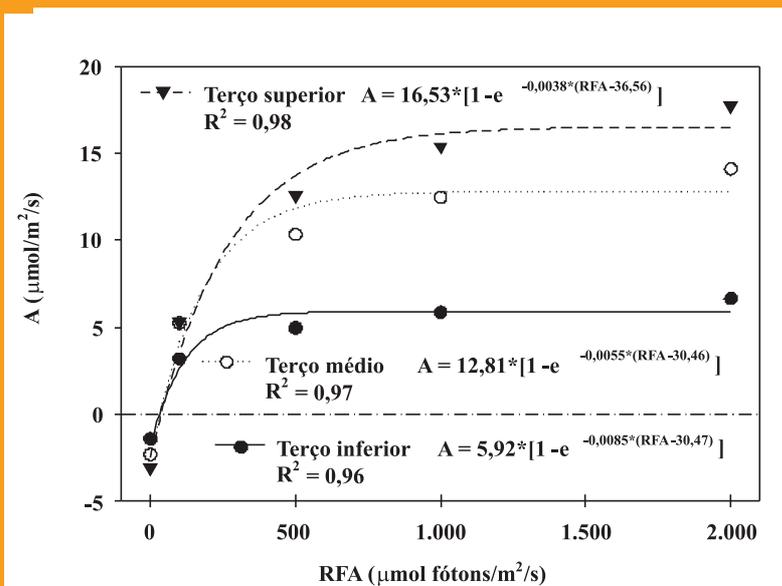


Figura 1. Taxa fotossintética (A) de diferentes estratos do dossel de plantas de tomate em resposta à radiação fotossinteticamente ativa (RFA) no início da maturação de frutos, média de 16 cultivares de tomate. Caçador, SC, 2004/05

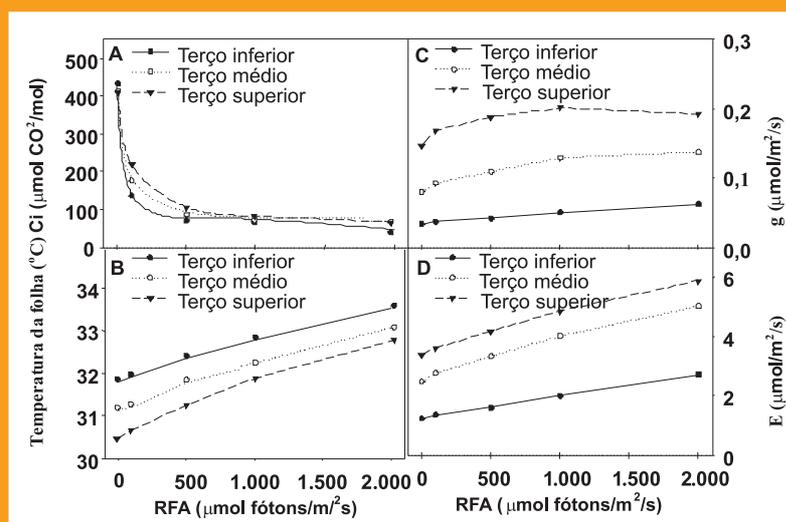


Figura 2. (A) Concentração interna de  $\text{CO}_2$   $C_i$ , (B) temperatura da folha, (C) condutância estomática (g) e (D) taxa transpiratória (E) de diferentes estratos do dossel de plantas de tomate em resposta à radiação fotossinteticamente ativa (RFA) no início da maturação de frutos, média de 16 cultivares de tomate. Caçador, SC, 2004/05

virtude da medição pelo IRGA ser pontual, coincidindo muitas vezes com pequenos picos de menor ou maior insolação.

A taxa de respiração no escuro, obtida quando a RFA é igual a zero, e o ponto de compensação luminosa, valor de RFA onde a taxa fotossintética se iguala à taxa respiratória, decresceram em direção ao estrato inferior das plantas (Tabela

2, Figura 1). Estes resultados são semelhantes aos encontrados por Acock et al. (1978). A menor respiração e o menor ponto de compensação luminosa são características de folhas de sombra (Taiz & Zeiger, 2004), permitindo que um pequeno aumento na taxa fotossintética seja suficiente para levar a zero as taxas líquidas de troca de  $\text{CO}_2$ . Desta forma, as folhas

conseguem prolongar sua sobrevivência em um ambiente com limitação por luz (Loomis & Connor, 1992). Acima do ponto de compensação luminosa há aumento linear na A, correspondendo à fase de máxima eficiência do uso da radiação (EUR), até o ponto de saturação luminosa, onde não ocorrem mais aumentos em A com o aumento da RFA. No entanto, o ponto de saturação luminosa variou entre os estratos das plantas, sendo aproximadamente 1.000, 750 e 500  $\mu\text{mol}$  de fótons/ $\text{m}^2/\text{s}$  para os estratos superior, médio e inferior, respectivamente (Figura 1). Da mesma forma, a  $A_{\text{max}}$  também variou entre os estratos das plantas, decrescendo em direção ao estrato inferior do dossel (Tabela 2, Figura 1). Resultados semelhantes também foram observados por Acock et al. (1978). A variação do ponto de saturação luminosa e da  $A_{\text{max}}$  em função do estrato da planta também reflete um processo de aclimação das folhas. Nota-se que a RFA de saturação no estrato inferior foi semelhante à  $RFA_i$  nesta época. Embora folhas de sombra possuam um sistema mais eficiente na absorção de radiação, elas apresentam, por unidade de área foliar, menor aparato fotossintético para captação de energia e redução do  $\text{CO}_2$  (Salisbury & Ross, 1991). Analisando a EUR ao longo do dossel, o maior valor foi observado no estrato médio, seguido pelos estratos superior e inferior (Tabela 2). Estes resultados mostram que a menor  $A_{\text{max}}$  em folhas dos estratos inferiores está mais relacionada aos processos naturais que ocorrem durante a senescência da folha (McAvoy & Janes, 1989), como a degradação de proteínas do aparato fotossintético, do que a aclimação da folha à limitação de luz.

Embora a diferença em A tenha sido discrepante entre os estratos (Figura 1), a diferença entre a  $C_i$  foi pequena (Figura 2A). Isto mostra que o  $\text{CO}_2$  não foi o limitante para a redução nas taxas fotossintéticas dos estratos inferiores. A redução em A no estrato inferior do dossel pode estar ligada mais aos fatores fotoquímicos e bioquímicos do que ao suprimento de  $\text{CO}_2$ . A tendência de maiores teores de  $C_i$  em direção à camada superior, onde o consumo

Tabela 2. Temperatura do ar ( $T_{ar}$ ), radiação fotossinteticamente ativa incidente (RFA<sub>i</sub>), ponto de compensação luminosa ( $Q_c$ ), respiração no escuro ( $R_d$ ), taxa fotossintética máxima ( $A_{max}$ ) e eficiência do uso da radiação (EUR) em três estratos do dossel das plantas, média de 16 cultivares. Caçador, SC, 2004/05

Estrato	$T_{ar}$	RFA <sub>i</sub>	$Q_c$	$R_d$	$A_{max}$	EUR
	°C	μmol fótons/m <sup>2</sup> /s		μmol CO <sub>2</sub> /mol/s		μmol CO <sub>2</sub> /μmol fótons
Superior	33,0 ± 2,9	705 ± 655	36,56	3,0	16,53	0,072
Médio	33,3 ± 2,9	397 ± 489	30,46	2,3	12,81	0,083
Inferior	33,1 ± 2,6	454 ± 529	30,47	1,4	5,92	0,065

de CO<sub>2</sub> é maior pela maior A, está relacionada à maior g observada nesta camada (Figura 2C), facilitando a difusão do CO<sub>2</sub> do meio externo para a cavidade subestomática.

A E foi maior nos estratos superiores das plantas (Figura 2D), o que também está relacionado à maior g das mesmas (Figura 2C). Houve, porém, um aumento gradativo da E com o aumento da RFA. Possivelmente o aumento da E esteja mais relacionado ao aumento da  $T_{folha}$  (Figura 2B) que da g, já que o aumento desta última em relação à RFA foi menos expressivo. Como a  $T_{ar}$  se manteve constante, o aumento da  $T_{folha}$  pela absorção da radiação aumentou a pressão de vapor na cavidade subestomática e, conseqüentemente, o déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar.

A  $T_{folha}$  na camada superior da planta foi menor que na camada inferior (Figura 2B). A menor  $T_{folha}$  na camada superior da planta está relacionada, em parte, à maior E. 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 delas e as refresca. Como houve maior E nas folhas superiores, a  $T_{folha}$  foi menor

nessa camada.

Considerando os valores médios de RFA<sub>i</sub> em cada uma das três camadas (Tabela 1) e as taxas fotossintéticas correspondentes a esses valores de RFA (Figura 1), verifica-se que as folhas de todas os estratos do dossel operam dentro dos limites da EUR. Assim, apesar de A ser menor no estrato inferior que no estrato superior das plantas, as folhas de todos os estratos do tomateiro cultivado por 80 dias e antes da primeira colheita operam próximas à EUR e presumivelmente ainda contribuem com fotoassimilados para o crescimento e desenvolvimento dos frutos.

## Conclusões

Não há variação entre cultivares de tomate quanto à taxa fotossintética e transpiratória avaliadas até o início da maturação dos frutos.

Até o início da maturação de frutos, as taxas fotossintéticas das folhas ao longo do dossel do tomateiro estão acima do ponto de compensação luminosa e contribuem com fotoassimilados para o crescimento e desenvolvimento dos frutos.

## Agradecimentos

Os autores agradecem às empresas Agrocinco, BHN, Clause, Hortec, Horticeres, Nunhems, Rogers, Sakata, Seminis e Tecnoseed pela disponibilização das cultivares utilizadas no presente experimento.

## Literatura citada

1. ACOCK, B.; CHARLES-EDWARDS, D.A.; FITTER, D.J.; et al. The contribution of leaves from different levels within a tomato crop to canopy net photosynthesis: an experimental examination of two canopy models. *Journal of Experimental Botany*, v.29, n.111, p.815-827, 1978.
2. HOCKING, P.J.; STEER, B.T. The distribution and identity of assimilates in tomato with special reference to stem reserves. *Annals of Botany*, v.73, p.315-325, 1994.
3. LOOMIS, R.S.; CONNOR, D.J. *Crop ecology: productivity and management in agricultural systems*. Cambridge: University Press, 1992. 538p.
4. 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.
5. PANDOLFO, C. (Coord.); BRAGA, H.J.; SILVA JÚNIOR, V.P. et al. *Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina*. Florianópolis: Epagri, 2002. CD-ROM.
6. SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. *Plant physiology*. Belmont: Wadsworth Publishing Company, 1991. 682p.
7. TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.
8. WILSON, J.W.; HAND, D.W.; HANNAH, M.A. Light interception and photosynthetic efficiency in some glass crops. *Journal of Experimental Botany*, v.434, n.248, p.363-373, 1992. ■