

Enriquecimento intermitente de CO₂ e análise do acúmulo de massa seca e da partição de fotoassimilados em tomateiro

Intermittent CO₂ enrichment and analysis of dry matter accumulation and photoassimilate partitioning in tomato

Fabiano Ricardo Brunele Caliman¹, Derly José Henriques da Silva², Daniel Pedrosa Alves²,
Tiago de Sá Cardoso², André Pugnall Mattedi²

¹Escola Agrotécnica Federal de Santa Teresa, Rod ES 080, Km 21, São João de Petrópolis, Santa Teresa – ES, CEP 29660-000, Brasil. Autor pra correspondência: E-mail: frcaliman@yahoo.com.br ²Departamento de Fitotecnia. Universidade Federal de Viçosa. Av. P. H. Rolfs, s/n, Cep 36570-000. Viçosa, MG. Brasil. E-mail: derly@ufv.br; pedrosavrb@yahoo.com.br; tscardoso@hotmail.com; andremattedi@gmail.com

Rec. 17-12-08 Accept. 03-09-09

Resumo

Para avaliar o acúmulo de massa seca (MS) e a partição de fotoassimilados em tomateiro cultivado sob diferentes concentrações de CO₂, foi conduzido um experimento no delineamento em blocos casualizados com 12 repetições e as cultivares (cv.) híbridas de tomateiro Andrea e Alambra. O enriquecimento com CO₂ foi intermitente (não havendo enriquecimento no período das 10 h 30 min às 16 h) pela utilização de pilha de compostagem como fonte do gás, cuja concentração variou de 600 µl/lit a 750 µl/lit durante o período matinal. O enriquecimento com CO₂ alterou somente a partição e o acúmulo de MS de caule na cv. Alambra, permanecendo as demais variáveis, em ambas as cultivares, insensíveis ao tratamento. Houve maior acúmulo de MS nas plantas cultivadas nos ambientes protegidos comparadas às do campo. A cv Andrea acumulou 786.39 g/planta de MS no ambiente protegido + CO₂ (AP + CO₂), e 815.49 g/planta no ambiente protegido normal (AP normal) e 637.41 g/planta no campo. A cv. Alambra acumulou 766.68 g/planta de MS no AP + CO₂, 824.35 g/planta no AP normal e 592.44 g/planta no campo. O maior dreno de fotoassimilados foram os frutos, que acumularam 59%, 63% e 72% da MS das plantas nos AP + CO₂, AP normal e campo, respectivamente.

Palavras chave: *Lycopersicon esculentum*; tomate, dióxido de carbono, massa seca.

Abstract

Intermittent CO₂ enrichment and analysis of the dry matter accumulation and photoassimilate partitioning in tomato submitted to grown in protected environment and field conditions. To assess dry matter (DM) accumulation and photoassimilate partitioning in tomatoes growth under different CO₂ concentrations an experiment was conducted in a randomized complete block design with 12 repetitions and two tomato hybrid cultivars cultivar (cv.) Andrea and Alambra. CO₂ intermittent enrichment (no enrichment during 10:30a.m. to 4:00p.m.) was provide by compost pile, and gas concentration range from 600 to 750 µl l⁻¹. The CO₂ enrichment only changed DM partition and accumulation of the stem in the cv. Alambra, leaving the other variables in both cultivars, insensible to the treatment. DM accumulation was higher in protected environments compared with the field conditions. The cultivar Andrea accumulated 786.39 g of DM pl⁻¹ in the CO₂ enriched environment, 815.49 g pl⁻¹ in the protected environment and 637.41 g pl⁻¹ in the field. The cv. Alambra accumulated 766.68 g of DM pl⁻¹ in CO₂

enriched environment, 824.35 g pl⁻¹ in the protected environment and 592.44 g pl⁻¹ in the field. The higher sink of photoassimilates were the fruits, which accumulated 59%, 63% and 72% of the plant DM in the CO₂ enriched environment, in the protected environment and in the field conditions, respectively.

Key words: *Lycopersicon esculentum*; tomato, carbon dioxide; dry matter.

Introdução

A produção total de uma planta é denominada produção biológica e a razão entre a massa da parte comercial e a produção biológica é denominada de índice de colheita (Huhn, 1990). O índice de colheita reflete a partição do produto da fotossíntese entre as partes comercial e vegetativa da planta. A capacidade da planta em fornecer alta produtividade é determinada pela habilidade em produzir elevados níveis de fotoassimilados e ou direcionar eficientemente grande parte destes para os órgãos de interesse comercial (Faville et al., 1999).

A concentração de dióxido de carbono (CO₂) da atmosfera de cultivo tem efeito na atividade da Rubisco, podendo alterar a fotossíntese líquida da planta e, conseqüentemente, o acúmulo e transporte de carboidratos, assim como a produção total de massa seca (MS). Woodrow et al. (1987) demonstraram que o enriquecimento com CO₂ afetou ambas, fonte e dreno, e a partição de carboidratos para os diferentes órgãos da planta (caule, raízes, e folhas). Estes autores observaram que mudas de tomateiro produzidas em ambiente enriquecido com CO₂ tinham maior biomassa, característica desejável por proporcionar melhor estabelecimento e crescimento inicial no campo. Foi observado também que o acúmulo de MS na parte aérea e nas raízes aumentou, da mesma forma que o peso seco de folhas (81% maior que no ambiente sem enriquecimento).

Em estudo realizado por Nederhoff (1994) cultivando tomateiro no verão, a concentração de CO₂ aparentemente não teve efeito direto na alocação de biomassa seca para os diferentes órgãos da planta. Entretanto, segundo o autor, o enriquecimento de CO₂ em plantas de tomateiro pode incrementar a frutificação e a alocação de MS para os frutos. Considerando o exposto, o objetivo deste trabalho foi verificar a partição e o acúmulo de MS em plantas de tomateiro cultivadas em ambiente

protegido com e sem enriquecimento intermitente de CO₂ e no campo.

Materiais e métodos

As cultivares de tomateiro de crescimento indeterminado cv. Andrea e Alambra foram cultivadas no outono-inverno de 2006, na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil. Foram utilizadas dois ambientes protegidos com cobertura plástica não climatizados tipo arco, (24 m x 7.5 m, e altura do pé direito de 2.4 m) com cortinas laterais retráteis, sendo os tratamentos designados: AP + CO₂ aquele que recebeu enriquecimento de CO₂ e AP normal aquele em que não houve enriquecimento de CO₂. Na cobertura e nas laterais dos ambientes protegidos foi utilizado polietileno de baixa densidade com espessura de 150 µm. Utilizou-se o delineamento em blocos casualizados, com 12 repetições. O espaçamento utilizado foi 1.10 m x 0.6 m entre linhas e plantas, respectivamente, tendo-se cinco plantas em cada parcela sendo consideradas como úteis as três plantas centrais.

Durante o cultivo fez-se o manejo do ambiente interno por meio da abertura das cortinas laterais com o objetivo de evitar temperaturas excessivas durante as horas mais quentes do dia. Os ambientes protegidos permaneceram com as cortinas laterais abertas das 10 h 30 min às 16 h, para evitar aquecimento excessivo.

O tutoramento das plantas utilizado foi o vertical com fitilho e a condução com uma haste e oito cachos. Não foi feita poda apical das plantas, mantendo-se apenas o crescimento vegetativo com eliminação das inflorescências acima do oitavo cacho.

Foi utilizada irrigação localizada com gotejadores, sendo o manejo baseado em lisímetros com lençol freático de nível constante instalados nos ambientes protegidos e no campo (Bernardo, 1995). Fez-se a fertilização considerando-se os teores dos nutrientes obtidos por análise prévia do solo e a reco-

mendação de fertilização para a cultura do tomateiro. Na fertilização foram utilizados 35 t/ha de esterco bovino e 400 kg/ha de P₂O₅ no plantio. Divididos em adubação de plantio e de cobertura foram utilizados 160 kg/ha de N e 100 kg/ha de K₂O no AP + CO₂ e no campo, e 70 kg/ha de K₂O + CO₂ no AP normal. As adubações de cobertura foram feitas por meio de fertirrigação, semanalmente, parcelando-se a quantidade total de N e K, de acordo com o número de semanas do ciclo de cultura.

O enriquecimento com CO₂ em um dos ambientes protegidos foi iniciado 1 semana após o transplantio das mudas, utilizando-se como fonte de CO₂ pilhas de compostagem. A concentração de CO₂ durante o período da manhã foi monitorada por sensor de CO₂ (IRGA, modelo GMW20, Vaisala) e variou entre 600 a 750 µl/lit.

Ao final do ciclo de cultivo as plantas foram coletadas e separadas em caule e folhas e levadas a estufa de secagem com ventilação forçada, sob 70 °C até que atingissem peso constante, com posterior pesagem da massa seca. Os frutos, obtidos em colheitas semanais, foram levados à estufa de secagem para que fosse obtida a MS total de frutos, somando-se a MS de cada uma das colheitas. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e teste Tukey (P < 0.05) no Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas-SAEG (Ribeiro Junior, 2001).

Resultados e discussão

Considerando-se as cvs. Andrea e Alambra observou-se que ambas produziram quantidade de MS semelhante, tanto entre ambientes de cultivo quanto entre as partes das

plantas. Quando se considera a proporção de MS para os diferentes órgãos da planta, observa-se que, de maneira geral, a maior alocação de MS foi para os frutos, independente da cultivar e do ambiente de cultivo (Tabela 1).

Na cv. Andrea cultivada no AP + CO₂ houve diferença na partição de MS entre os órgãos aéreos da planta, sendo maior nos frutos seguido das folhas e caule. No AP normal a partição foi semelhante, havendo pequena redução na MS de caule e aumento na MS de folha. No campo a partição apresentou a mesma tendência havendo, entretanto, pequena redução na alocação para caule e folhas e aumento na alocação de MS para frutos (Tabela 1).

Na cv. Alambra a partição de MS apresentou comportamento semelhante. No AP + CO₂ houve maior acúmulo de MS nos frutos, seguido da MS de folha e caule, o que também foi observado nos demais ambientes de cultivo (Tabela 1).

O acúmulo de MS no caule, folha e total das plantas da cv. Andrea foi maior nos AP + CO₂ e AP normal, comparada à MS das plantas cultivadas no campo (Tabela 2). Considerando-se a média do acúmulo de MS das plantas nos AP + CO₂ e AP normal, observou-se que a MS de caule, MS de folha e MS total foram, respectivamente, 68.1%, 56.5% e 79.6% superiores às MS das mesmas partes de plantas cultivadas no campo. O acúmulo de MS em frutos da cv. Andrea não diferiu entre os ambientes de cultivo, com média de 368 g/planta.

Para o acúmulo de MS de caule da cv. Alambra foi observado comportamento diferenciado em relação à cv. Andrea, apesar de,

Tabela 1. Partição de fotoassimilados (%) entre partes de plantas das cultivares de tomateiro cvs. Andrea e Alambra cultivadas em AP + CO₂, AP normal e no campo.

Ambiente de cultivo	MS caule/MS total		MS folha/MS total		MS fruto/MS total	
	Andrea	Alambra	Andrea	Alambra	Andrea	Alambra
AP + CO ₂	22 a*	16 a	33 ab	25 a	45 b	59 b
AP normal	18 ab	13 b	35 a	24 a	45 b	63 b
Campo	17 b	11 c	24 b	16 b	59 a	72

* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey (P < 0.05).

AP + CO₂ = tratamento que recebeu enriquecimento de CO₂. AP normal = não recebeu enriquecimento de CO₂

Tabela 2. Matéria seca (g/planta) de caule, folha, fruto e total das cultivares de tomateiro cvs. Andrea e Alambra, cultivadas no AP + CO₂, AP normal e no campo.

Ambiente de cultivo	MS caule		MS folha		MS fruto		MS total	
	Andrea	Alambra	Andrea	Alambra	Andrea	Alambra	Andrea	Alambra
AP + CO ₂	171.6 a*	117.2 a	261.6 a	193.4 a	353.8	466.0 ab	786.4 a	766.7 a
AP normal	152.1 a	102.7 b	283.5 a	199.8 a	380.0	521.9 a	815.5 a	824.3 a
Campo	110.9 b	64.2 c	154.2 b	97.8 b	372.6	430.4 b	637.4 b	592.4 b

* Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste Tukey (P < 0.05).

AP + CO₂ = tratamento que recebeu enriquecimento de CO₂. AP normal = não recebeu enriquecimento de CO₂

no geral, se observar a mesma tendência de maior produção de MS nos AP + CO₂ e AP normal. Comparando-se o acúmulo de MS de caule entre os ambientes de cultivo, observou-se maior massa no AP + CO₂ seguido do AP normal e campo (Tabela 2). O acúmulo de MS de folha e total foi semelhante nos tratamentos AP + CO₂ e AP normal, sendo superiores ao das plantas cultivadas no campo. O acúmulo de MS de folha e total nos AP + CO₂ e AP normal foi maior que nas plantas cultivadas no campo, 101.2% e 79.4%, respectivamente. O acúmulo de MS de fruto da cv. Alambra foi semelhante entre os ambientes protegidos. No entanto foi 21% maior no AP normal comparado ao campo.

O enriquecimento com CO₂ alterou somente a partição e o acúmulo de MS de caule na cv. Alambra, permanecendo as demais variáveis insensíveis ao tratamento. Tal fato pode estar relacionado ao tempo de exposição das plantas ao enriquecimento. Embora o período de maior atividade fotossintética das plantas seja o período da manhã, Calvert e Slack (1975) citam que o ideal no cultivo com enriquecimento de CO₂, para a cultura do tomateiro, é que as plantas fiquem expostas à elevada concentração, durante todo o dia. Nesta situação é que se obtêm os melhores resultados de resposta fisiológica.

O manejo diário das cortinas se fez necessário, pois após as 10 h 30 min a temperatura do ar no interior do ambiente ultrapassava 30 °C. Como não havia sistema de resfriamento, o manejo de cortinas se tornou obrigatório. É possível que ocorram de problemas fisiológicos no tomateiro causados por temperatura superior a 30 °C, como por exemplo a diminuição da viabilidade e taxa de germinação do grão de pólen (Sato et al.,

2002); aumento da fotorrespiração (Hall e Keys, 1983) e redução da fixação de carbono (Feller et al., 1998).

Considerando-se as diferenças observadas entre os cultivos em ambiente protegido e no campo, os resultados do presente trabalho estão de acordo com outros pesquisadores que analisaram a partição de fotoassimilados e a produção e em plantas de tomateiro, em situações semelhantes. Cockshull et al. (1992) obtiveram 69% de MS em frutos, 12.9% para caule e 18.1% para folhas. Scholberg et al. (2000) observaram, para a cv. Agriset 761, cultivada em campo, peso de MS (g/planta) de caule, folha, e frutos de aproximadamente 92.7, 134 e 253 respectivamente, representando 19.35%, 27.97% e 52.81% da MS das plantas, respectivamente.

Fayad et al. (2001) obtiveram produção de 406.3 g/planta de MS da parte aérea do tomateiro cv. Santa Clara, cultivado no campo, aos 120 dias após o transplantio, sendo acumulados no caule, folhas e frutos 14%, 33% e 51% do total da MS produzida pela planta. Para o híbrido EF-50 cultivado em ambiente protegido, a produção total de MS da planta foi de 397.9 g, distribuídas em 5% no caule, 25% deste total nas folhas e 68% nos frutos. Ao analisar o crescimento do tomateiro, Heuvelink (1995) verificou que do total da MS produzida pela cv. Counter, cultivada em ambiente protegido, no período de verão, 60% da MS foram alocados nos frutos, 28% nas folhas e 12% nas hastes.

Analisando-se a relação entre a MS de folha e MS de fruto, observa-se que para a cv. Alambra cultivada no AP + CO₂, cada gramo de MS de folha resultou na produção de 2.40 g de MS de fruto. No AP normal a produção foi de 2.61 g e no campo foi de 4.40 g de MS de

fruto para cada grama de MS de folha. Para a cv. Andrea, cada grama de MS de folha no AP + CO₂ produziu 1.35 g de MS de fruto. No tratamento AP normal houve produção de 1.34 g de MS de fruto por g de MS de folha e no campo a produção foi de 2.41 g. Pode-se observar também que as plantas cultivadas no campo tiveram maior eficiência de produção do que aquelas cultivadas nos tratamentos AP + CO₂ e AP normal. No entanto, deve-se considerar que a coleta das plantas para secagem e obtenção da MS foi feita no final do ciclo de cultivo e, mesmo com todo o esforço no controle de doenças, as plantas cultivadas no campo estiveram sujeitas a perda de parte da área foliar e até mesmo de caule, o que não foi observado nas plantas cultivadas nos tratamentos AP + CO₂ e AP normal. Desta forma, essa perda de MS das plantas cultivadas no campo deve ser considerada caso se queira comparar a eficiência produtiva das plantas cultivadas em ambiente protegido com aquelas cultivadas no campo.

Deve-se considerar ainda que, em função do sistema de condução das plantas adotado, sem poda apical e com oito cachos, pode ter ocorrido limitação da produção das plantas no AP + CO₂ e no AP normal. É possível que, mantidos mais cachos na planta, haveria aumento de produção e, conseqüentemente, da eficiência produtiva das plantas nos ambientes protegidos. O sistema de condução adotado proporciona maior acúmulo de MS em folha e caule, pois o crescimento vegetativo não é limitado.

O índice de colheita das plantas variou de 45% a 72%. De Koning (1993) relatou que em cultivo anual em ambiente protegido, 72% da biomassa total foi acumulada nos frutos, enquanto Cockshull et al. (1992) obtiveram índice de colheita de 69% e Scholberg et al. (2000) obtiveram 58% no cultivo em campo. Cultivos com elevada capacidade produtiva têm índice de colheita de 65%, ou superiores, segundo Heuvelink e Dorais (2005). Maiores ou menores valores podem ser observados de acordo com o número de cachos colhidos e manejo da cultura. O índice de colheita no presente experimento foi maior no cultivo de campo comparado aos ambientes protegidos.

Pela proporção da MS de folhas e caules (Tabela 2) observa-se que o crescimento vegetativo foi maior nos ambientes protegidos. Uma das características do cultivo em ambiente protegido é a proteção das plantas de condições climáticas desfavoráveis. Como o tomateiro é susceptível ao ataque de diversas doenças, que necessitam de água para se desenvolver na superfície da planta, o ambiente protegido torna-se uma opção de cultivo onde se espera menor incidência de doenças. No cultivo no campo, as plantas estão expostas à chuva e ao orvalho. Essas condições são favoráveis às doenças, que por sua vez podem interferir no desenvolvimento vegetativo e, também, provocar a senescência prematura das folhas, fato este observado por Scholberg et al. (2000) que cultivou o tomateiro em condições de campo semelhantes às deste estudo.

Outro fator que possivelmente está relacionado ao maior crescimento vegetativo das plantas nos ambientes protegidos é o aumento da radiação difusa no interior desses ambientes, proporcionada pela cobertura plástica (Farias et al., 1993). A radiação difusa é mais efetiva para a fotossíntese, por ser multidirecional e penetrar mais efetivamente no dossel das plantas, favorecendo o crescimento e desenvolvimento vegetativo. Radin et al. (2003) observaram que plantas de tomateiro cultivadas no campo, com maior quantidade de radiação fotossinteticamente ativa incidente produziram menor biomassa que plantas cultivadas em ambiente protegido. Os autores destacam que a eficiência de uso da radiação fotossinteticamente ativa foi maior no ambiente protegido, comparada à do campo. Papadopoulos e Ormrod (1988) obtiveram resultados semelhantes e consideraram que a maior eficiência de uso da radiação em ambiente protegido é explicada pela maior fração de radiação difusa. Aikman (1989) constatou que o aumento da radiação difusa promoveu maior uniformidade da radiação no interior do dossel, fazendo com que as folhas inferiores aumentassem a eficiência de interceptação e o uso da radiação. Com isso, maior eficiência de uso da radiação pode ocorrer como resposta ao aumento da contribuição relativa das folhas sombreadas para o

acúmulo de biomassa da cultura, que cresce à medida que aumenta a fração difusa.

Sinclair e Horie (1989) constataram que a eficiência de uso da radiação varia dentro de uma mesma espécie e que folhas saturadas por radiação são menos eficientes do que as sombreadas. A distribuição mais homogênea da radiação solar através do dossel tende a não saturar a maioria das folhas, gerando maior produção de fotoassimilados e acúmulo de biomassa das plantas cultivadas em ambiente protegido.

Conclusões

A produção de MS total e de partes de plantas, de maneira geral, foi maior nos ambientes protegidos que no campo. O enriquecimento intermitente de CO₂ alterou apenas a alocação de MS de caule na cv. Alambra, não havendo efeito na partição de MS de folha, de fruto e total das cultivares estudadas. A eficiência produtiva da cv. Alambra foi superior à da cv. Andréa, pois houve maior produção de MS de fruto para cada grama de MS de folha. Com o enriquecimento intermitente de CO₂ foi observada pequena resposta fisiológica das plantas.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo apoio financeiro.

Referencias

- Aikman, D. P. 1989. Potential increase in photosynthetic efficiency from the redistribution of solar radiation in a crop. *J. Exp. Bot.* 40 (217):855-864.
- Bernardo, S. 1995. Manual de irrigação. 6. ed. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. 1995. 657 p.
- Calvert, A. e Slack, G. 1975. Effects of carbon dioxide enrichment on growth, development and yield of glasshouse tomatoes. Responses to controlled concentrations. *J. Hort. Sc.* 50: 61-71.
- Cockshull, K. E.; Graves, C. J.; e Cave, C. R. 1992. The influence of shading on yield of glasshouse tomatoes. *J. Hort. Sc.* 67:11-24.
- De Koning, A. N. 1993. Growth of a tomato crop: measurements for model validation. *Acta Hort.* 328:141-146.
- Faville, M. J.; Silvester, W. B.; Allan Green, T. G.; e Jermyn, W. A. 1999. Photosynthetic characteristics of three asparagus cultivars differing in yield. *Crop Sci.* 39:1070-1077.
- Fayad, J. A.; Fontes, P. C.; Cardoso, A. A.; Finger, F. L.; e Ferreira, F. A. 2001. Crescimento e produção do tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. *Hort Bras.* 19(3):232-237.
- Farias, J. R.; Bergamaschi, H.; e Martins, S. R. 1993. Efeito da cobertura plástica de estufa sobre a radiação solar. *Rev. Bras. Agromet.* 1(1):31 - 36.
- Feller, U.; Crafts-Brandner, S. J.; e Salvucci, E. 1998. Moderately high temperatures inhibit ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase (Rubisco) activase-mediated activation of Rubisco. *Plant Phys.* 116:539-546.
- Hall, N. P. e Keys, A. J. 1983. Temperature dependence of enzymatic carboxylation and oxygenation of ribulose 1,5 bisphosphate in relation to effects of temperature on photosynthesis. *Plant Phys.* 72:945-948.
- Heuvelink, E. 1995. Growth, development and yield of a tomato crop: periodic destructive measurements in greenhouse. *Sci. Hort.* 61: 77-99.
- Heuvelink, E. e Dorais, M. 2005. Crop growth and yield. En: Heuvelink, E. (ed.). Tomatoes. CABI, Wallingford. p. 85-144.
- Huhn, M. 1990. Comments on the calculation of mean harvest indices. *J. Agr. Crop Sci.* 165:86-93.
- Nederhoff E. M. 1994. Effects of CO₂ concentration on photosynthesis, transpiration and production of greenhouse fruit vegetable crops. 1994. Ph.D. Thesis. Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands. 213 p.
- Papadopoulos, A. P. e Ormrod, D. P. 1988. Plant spacing effects on light interception by greenhouse tomatoes. *Can. J. Plant Sci.* 68:1197-1208.
- Radin, B.; Bergamaschi, H.; Junior, C. R.; Barni, N. A.; Matzenauer, R.; e Didoné, I. A. 2003. Eficiência de uso da radiação

- fotossinteticamente ativa pela cultura do tomateiro em diferentes ambientes. *Pesq. Agrop. Bras.* 38(9):1017-1023.
- Ribeiro Júnior, J. I. 2001. Análises estatísticas no SAEG. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 301 p.
- Sato, S., Peet, M. M.; e Thomas, J. F. 2002. Determining critical pre- and post-anthesis periods and physiological processes in *Lycopersicon esculentum* Mill. Exposed to moderately elevated temperatures. *J. Exp. Bot.* 53:1187-1195.
- Scholberg, J.; Mcneal, B. L.; Jones, J. W.; Boote, K. J.; Staley, C. D.; e Obreza, T. A. 2000. Field-growth tomato – growth and canopy characteristics of field-grown tomato. *Agr. J.* 92:152-159.
- Sinclair, T. R. e Horie, T. 1989. Leaf nitrogen, photosynthesis, and crop radiation use efficiency: a review. *Crop Sci.* 29:98-105.
- Woodrow, L.; Grodzinski, B.; e Liptay, A. 1987. The effects of CO₂ enrichment and ethephon application on the production of tomato transplants. *Acta Hortic.* 201:133-140.