

Trocas gasosas e produtividade de tomateiro com diferentes hastes por planta

Graciela Maiara Dalastra^{1,2} , Márcia de Moraes Echer^{3,*} , Vandeir Francisco Guimarães³ ,
Tauane Santos Brito³ , Adriano Mitio Inagaki⁴ 

¹Parte da tese do primeiro autor, Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Brasil.

²Faculdade de Ensino Superior de São Miguel do Iguaçu, Rua Valentin Celeste Palavro, 655-743, CEP 85877-000, São Miguel do Iguaçu, PR, Brasil.

³Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Programa de Pós-graduação em Agronomia, Campus Marechal Cândido Rondon, Rua Pernambuco, 1777, CEP 85960-000, Marechal Cândido Rondon, PR, Brasil.

*Autor para correspondência: Marcia.Echer@unioeste.br

⁴DuPont Pioneer, Alameda 16 Quadra 704 Sul Lote 02, CEP 77022-348, Palmas, TO, Brasil.

Recebido em 20.VIII.2019

Aceito em 02.IX.2020

DOI 10.21826/2446-82312020v75e2020020

RESUMO – Objetivou-se avaliar o efeito do número de hastes por planta nos índices de trocas gasosas, na produtividade e na precocidade de colheita de cultivares de tomateiro segmento italiano. Utilizou-se o delineamento blocos casualizados em esquema fatorial 2 x 5, com quatro repetições. O primeiro fator constituiu-se de duas cultivares de tomate tipo Italiano (Giuliana e Tyna) e o segundo, pelo número de hastes por plantas. Aos 78 dias, avaliou-se as trocas gasosas e características de produção das cultivares. Entre as cultivares de tomate não houve diferença para os índices de trocas gasosas, no entanto a cultivar Giuliana foi mais produtiva. Com relação aos tipos de condução, os maiores valores da taxa de assimilação líquida de CO₂ foi observado para o tipo de condução 3, porém não resultou em diferenças significativas na produtividade. A retirada da haste principal retarda o ciclo da cultura.

Palavras-chave: Assimilação CO₂, Hastes, *Solanum lycopersicum*.

ABSTRACT – Gas exchange and yield in tomato with different rods per plant. The objective was to evaluate the effect of the number of stems per plant in the gas exchange index, in the productivity and in the harvest precocity of Italian tomatoes. It was used a randomized block design in a factorial scheme 2 x 5, with four replicates. The first factor constituted of two cultivars of Italian tomatoes (“Giuliana” and “Tyna”) and the second by the number of stems per plant. At 78 days, it was evaluated the gas exchanges and production parameters of the cultivars. There was no statistical difference between the cultivars for the gas exchange indexes, however, the cultivar “Giuliana” was more productive. With relation to the conduction types, the highest values of the CO₂ liquid assimilation rate were observed for the conduction type 3, however it did not result in meaningful results in productivity. The removal from the main stem retards the crop.

Keywords: CO₂ assimilation, *Solanum lycopersicum*, Stems.

INTRODUÇÃO

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é a principal hortaliça, em volume, consumida *in natura* no mundo. A produção de biomassa pelas culturas está relacionada à quantidade de radiação fotossinteticamente ativa (RFA) interceptada e absorvida pelas folhas, bem como à eficiência com que estas convertem a energia radiante em energia química, pela fotossíntese (Taiz *et al.* 2017). A interceptação e absorção da RFA dependem do índice de área foliar, posição solar, geometria e tamanho da folha, ângulo de distribuição, idade, arranjo das plantas, época do ano, das características genéticas de cada cultivar, das condições meteorológicas e de práticas de manejo da cultura (Larcher & Piccioni 1993, Radin *et al.* 2003).

O cultivo em ambiente protegido altera a radiação solar, que exerce influência sobre a produção, isso porque a luz é a fonte de energia para a fotossíntese. Desta maneira, o crescimento e desenvolvimento normal das culturas só ocorrem quando a quantidade de radiação recebida for superior ao nível trófico da planta (Reis *et al.* 2013).

Neste tipo de ambiente o cultivo de tomate pode ser conduzido alterando o número de hastes por planta, modificando a relação fonte/dreno. A eliminação da haste principal de plantas de tomate permite o desenvolvimento de um número maior de hastes secundárias, mais bem distribuídas na planta, podendo melhorar a distribuição da luz no dossel da cultura, reduzindo o autossombreamento, resultando em aumento da fotossíntese, consequentemente aumentando a produção de fotoassimilados que são translocados para os frutos.

A intensidade e qualidade da luz são essenciais para garantir o crescimento e outras respostas fisiológicas das plantas (Fan *et al.* 2013). Segundo Ramos *et al.* (2009), os efeitos verificados na produção das culturas, ocasionados pelo aumento ou redução da densidade de plantio estão relacionados com a fisiologia da planta. Nesse sentido o aumento do número de hastes por planta, reduzindo e redistribuição o número de cachos nas hastes, pode resultar em melhor distribuição da luz na planta, alterando os índices de trocas gasosas conferindo aumento de produção, e antecipação na produção de frutos.

Diante da importância que a cultura do tomateiro exerce sobre a economia mundial, há necessidade da compreensão do efeito do número de hastes por planta na atividade fotossintética da fonte. Desta forma, buscar informações sobre a fisiologia da cultura torna-se imprescindível. Estas informações podem ser obtidas por meio de medidas de trocas gasosas. Ao se conhecer como estes fatores afetam a fisiologia da planta, pode-se traçar práticas de manejo para otimizá-los, bem como aumentar a produtividade.

Neste contexto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito do número de hastes por planta nos índices de trocas gasosas, na produtividade e na precocidade de colheita de cultivares de tomateiro com crescimento indeterminado do segmento Italiano, em ambiente protegido.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de março a agosto de 2015, em ambiente protegido na Estação de cultivo protegido e controle biológico Professor Mário César Lopes, pertencente à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, no município de Marechal Cândido Rondon - PR. As coordenadas geográficas do local são 24° 46' S e 54° 22' W e altitude média de 420 m.

A cultura foi instalada sob estrutura de ferro galvanizado com teto em forma de arco, de dimensões 7 x 30 m e 3,5 m de pé direito, com teto revestido com filme de polietileno de baixa densidade (150 μ de espessura) e laterais protegidas com tela branca de 40% de sombreamento, sem tela anti afídeo.

O delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso em esquema fatorial 2 x 5, com quatro repetições. O primeiro fator constituiu-se de duas cultivares de tomate do tipo Italiano (Giuliana e Tyna) e o segundo fator correspondeu a cinco tipos de condução das hastes: (1) apenas com a haste principal, (2) haste principal + haste secundária emitida imediatamente abaixo do primeiro cacho, (3) as duas primeiras hastes secundárias que surgirem na planta com o desponde da haste principal, (4) as quatro primeiras hastes secundárias que surgirem na planta, com o desponde da haste principal, (5) haste principal e mais três hastes secundárias emitidas abaixo do primeiro cacho.

As mudas foram produzidas em bandejas de poliestireno expandido de 128 células, contendo substrato comercial. E estas permaneceram em ambiente protegido até o momento

do transplantio, que ocorreu 24 dias após a semeadura (DAS), quando apresentavam de 4 a 5 folhas definitivas.

As plantas foram conduzidas em vasos de 12 dm³ preenchidos com uma mistura de substrato comercial para hortalças e húmus na proporção 1:1 (V:V). Para caracterização química da mistura utilizada foi coletada uma amostra, cujos resultados encontrados foram: P = 474,05 mg dm⁻³; K = 2,97 cmol_c dm⁻³; Ca²⁺ = 10,3 cmol_c dm⁻³; Mg²⁺ = 5,64 mg dm⁻³; Cu = 1,4 mg dm⁻³; Zn = 44 mg dm⁻³; Mn = 136,58 mg dm⁻³; Fe = 91,1 mg dm⁻³; MO = 51,95 g dm⁻³.

Os vasos foram dispostos no espaçamento de 1,20 m entre linhas e 0,5 m entre plantas, sendo transplantada uma muda por vaso. Cada parcela experimental foi composta por cinco plantas, dispostas em fileira única, sendo que as três plantas centrais de cada parcela foram consideradas úteis. As plantas foram conduzidas verticalmente, com uso de fitilhos plásticos. Nos tratamentos onde a poda apical foi realizada, esta ocorreu assim que surgiram as hastes secundárias necessárias para o estabelecimento dos tratamentos, 20 dias após o transplante (DAT). Todas as plantas foram mantidas com sete cachos por planta e seis frutos por cacho. Após a fixação do último cacho nas hastes, estas foram podadas, três folhas após o cacho.

Os cachos foram distribuídos nas hastes da seguinte forma: Tipo de condução 1: 7 cachos na haste principal; tipo de condução 2: 4 cachos na haste principal e 3 cachos na haste secundária; tipo de condução 3: 4 cachos na primeira haste secundária e 3 cachos na segunda haste secundária; tipo de condução 4: 2 cachos na primeira haste secundária, 2 cachos na segunda haste secundária, 2 cachos na terceira haste secundária e 1 cacho na quarta haste secundária; tipo de condução 5: 3 cachos na haste principal, 2 cachos na primeira haste secundária, 1 cacho na segunda haste secundária e 1 cacho na terceira haste secundária.

A irrigação foi realizada via gotejamento conforme a necessidade da cultura, utilizando fita flexível com vazão de 1,6 L h⁻¹ e emissores espaçados em 0,50 m. A adubação foi realizada via fertirrigação, sendo aplicados no total, 3.228 g de MAP (fosfato monoamônico), 4.136 g de Sulfato de Magnésio, 2.040 g de Nitrato de Potássio, 7.116 g de Sulfato de Potássio, 7.428 g de Nitrato de Cálcio e 924 g de Ácido Bórico, parcelados durante o ciclo.

A determinação dos índices de trocas gasosas foi realizada 78 DAT, no período de amadurecimento dos frutos do primeiro e segundo cacho e crescimento e desenvolvimento dos frutos dos demais cachos. A avaliação foi realizada na terceira folha totalmente expandida a partir do ápice da planta, na primeira haste secundária nos tipos de condução 3 e 4 para os tipos de condução 1, 2 e 5 foi realizada a avaliação na haste principal das plantas, sendo realizada em dia sem presença de nuvens entre às 9:00 e 11:00 horas.

As medidas de trocas gasosas foram realizadas utilizando-se um analisador portátil de gás por radiação infra-vermelha ("Infra Red Gas Analyser - IRGA", modelo Li-6400XT, LI-COR). As medidas tomadas foram de taxa

de assimilação líquida de CO_2 (A) ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), taxa de transpiração foliar (E) ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), condutância estomática (g_s) ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e concentração interna de CO_2 (C_i) ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Também foi calculada a eficiência no uso de água (EUA) ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$) e a eficiência instantânea de carboxilação (AC_i) ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-1} \text{ s}^{-1} \mu\text{mol CO}_2 \text{ mol}^{-1}$). As medidas foram realizadas à temperatura ambiente, utilizando câmara transparente de 6 cm^2 .

A densidade de fótons do meio externo proporcionada pelo aparelho apresentou uma média de $211,12 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. O fluxo de fótons fotossinteticamente ativos (DFFFA) mantido na câmara do IRGA foi de $1.200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ durante a avaliação.

Aos 105 DAT, iniciou-se a colheita dos frutos, prolongando-se por seis semanas. Os frutos foram colhidos no estágio de maturação totalmente vermelhos e ainda firmes. A massa dos frutos foi obtida por meio de balança digital e posteriormente estimou-se a produtividade (t ha^{-1}). O número de frutos colhidos por planta foi determinado por contagem.

Após o término das colheitas foi determinada a área foliar e a massa de matéria seca da parte aérea da planta. Para determinação da área foliar todas as folhas das plantas foram medidas por meio do aparelho "Area Meter" da marca LI-COR, modelo LI – 3100C. Para determinação da massa de matéria seca da parte aérea, as plantas foram seccionadas em partes e colocadas em estufa de circulação forçada de ar a 65°C . Após atingir massa constante, as plantas foram pesadas em balança de precisão.

Depois de tabulados, os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância, utilizando-se o programa estatístico SISVAR 5.3 (Ferreira 2014).

RESULTADO E DISCUSSÃO

Na Figura 1 são apresentados o número de frutos colhidos por planta em cada colheita em função do número de hastes por planta de duas cultivares de tomate do tipo Italiano. Para a cultivar Giuliana o maior número de frutos colhidos, ocorreram para as colheitas 3, 4 e 5, que correspondem a 122, 129 e 136 DAT, com um total de 45,92; 45,74 e 45,57 frutos por colheita, respectivamente.

Para o tipo de condução 1 a maior colheita foi a terceira (10,83 frutos por planta). Na segunda colheita (115 DAT) o tipo de condução 2 resultou no maior número de frutos colhidos (13,33 frutos por planta). Enquanto o tipo de condução 5, as maiores colheitas foram a segunda e terceira, com 11,83 e 10,08 frutos por planta, respectivamente.

O tipo de condução 3 teve seu pico de produção na terceira (11,25 frutos por planta) e quarta colheita (15,5 frutos por planta). Enquanto o tipo 4 a maior colheita foi a quinta, com 16,82 frutos por planta. Esses resultados mostram que a retirada da haste principal causa um pequeno atraso no desenvolvimento e maturação dos frutos de tomate da cultivar Giuliana.

Com relação a cultivar Tyna as maiores quantidades de frutos colhidos, ocorreram aos 129 e 136 DAT (colheitas 4 e 5), com um total de 50 e 59,67 frutos por colheita, respectivamente (Fig. 1). Para o tipo de condução 1 a maior colheita foi a quinta (10,83 frutos por planta). O tipo de condução 2 resultou no maior número de frutos colhidos (10 frutos por planta) na terceira colheita. Enquanto o tipo de condução 5, a maior colheita foi a quinta, com 12,08 frutos por planta.

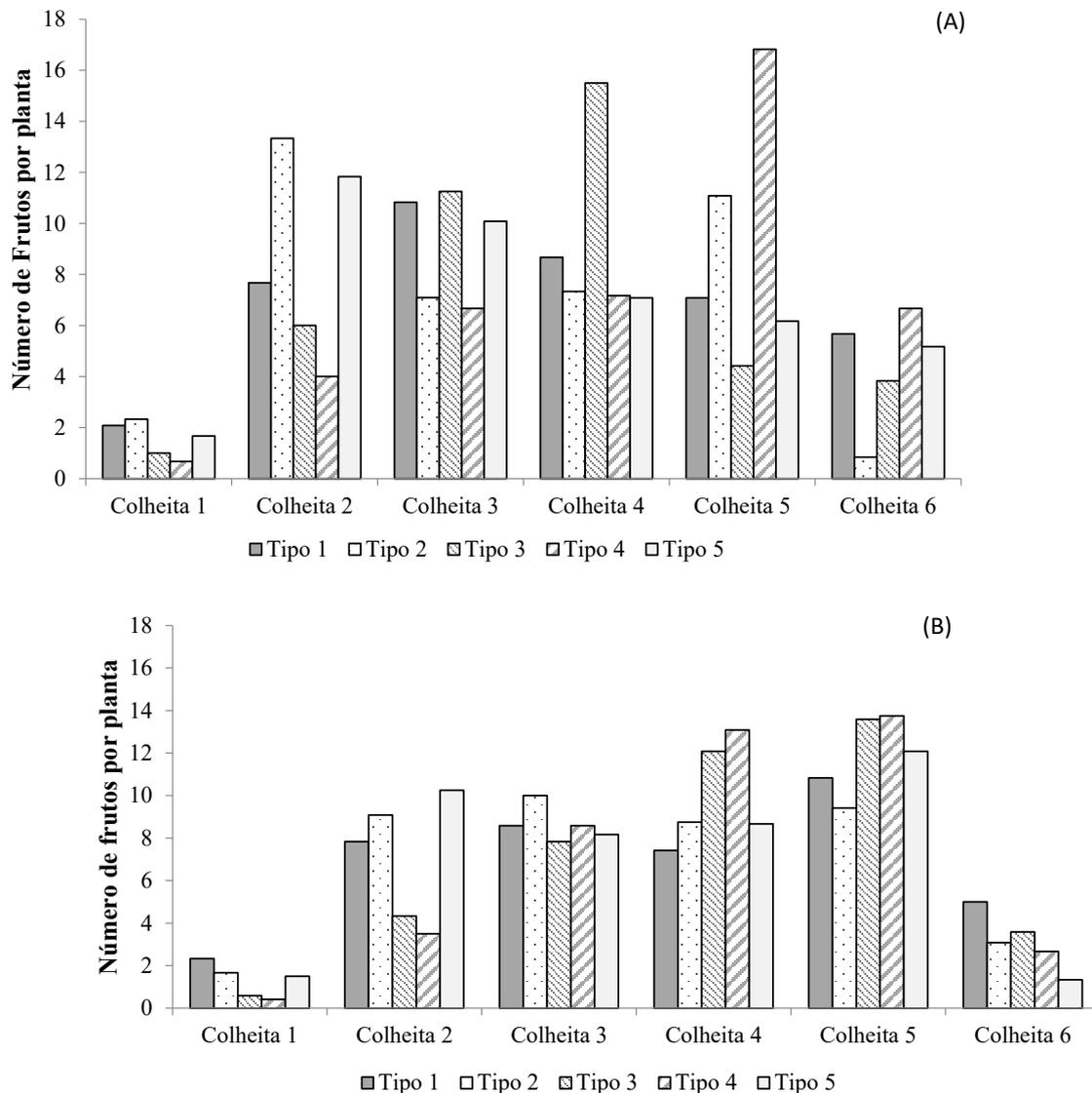
O tipo de condução 3 teve seu pico de produção na quarta (12,08 frutos por planta) e quinta colheita (13,58 frutos por planta). Enquanto o tipo 4 as maiores colheitas foram a quarta (13,08 frutos por planta) e quinta (13,75 frutos por planta). Resultados semelhantes foram observados por Candian *et al.* (2017), em que a retirada da haste principal em tomateiro do tipo cereja retardou o início da colheita dos frutos.

Assim como ocorreu para a cultivar Giuliana, a retirada da haste principal também causou um pequeno atraso no desenvolvimento e maturação dos frutos de tomate da cultivar Tyna. Nas plantas em que houve a retirada da haste principal (tipo de condução 3 e 4) pode ter ocorrido estresse provocado por este dano e possivelmente também por apresentar menor área foliar para acúmulo de fotoassimilados, sendo assim estas plantas demoraram mais para reestabelecer seu crescimento e desenvolvimento, retardando a emissão das estruturas reprodutivas.

Ao observar a Figura 1 nota-se também que a cultivar Giuliana é bem mais sensível ao manejo empregado nas plantas quando comparada a cultivar Tyna. Esta informação é de suma importância uma vez que ao ter um material genético que não sofre tanto com a interferência do manejo aplicado, pode-se inferir que este seja mais estável e não acarretará grandes oscilações de produção conferindo maior segurança produtiva.

A análise de variância mostrou que não interação entre os fatores cultivares e tipos de condução para nenhuma variável avaliada. Houve diferenças significativas para o fator cultivar apenas para produtividade (PROD). Ao comparar o fator tipos de condução de forma isolada, foi observado diferenças significativas para as variáveis, taxa de assimilação líquida de CO_2 (A), eficiência instantânea de carboxilação (AC_i) e massa de matéria seca de parte aérea (MSPA) à 5% de probabilidade.

Para as características de trocas gasosas não ocorreu interação entre os fatores número de hastes por planta e cultivares, sendo os fatores estudados isoladamente (Tab. 1). Embora não tenha sido observada diferença na taxa de assimilação líquida de CO_2 entre as cultivares, pode-se inferir que nas condições em que o experimento foi conduzido, a cultivar Giuliana, devido às suas características genéticas, é mais eficiente. Uma vez que esta cultivar realizou 2,6% a mais de fotossíntese e teve sua eficiência no uso da água aumentada em 3,5%, além de ser mais produtiva em relação a cultivar Tyna. A cultivar Giuliana apresentou produtividade superior a cultivar Tyna em $16,92 \text{ t ha}^{-1}$ (Tab. 1).



Figs.1 A, B. Número de frutos colhidos por planta em cada colheita, em função do número de hastes por planta. **A.** cultivar Giuliana; **B.** cultivar Tyna. Tipos de condução: 1. apenas com a haste principal; 2. haste principal + haste secundária emitida imediatamente abaixo do primeiro cacho; 3. as duas primeiras hastes secundárias que surgirem na planta com o desponte da haste principal; 4. as quatro primeiras hastes secundárias que surgirem na planta, com o desponte da haste principal; 5. haste principal e mais três hastes secundárias emitidas abaixo do primeiro cacho.

Para transpiração foliar (E), condutância estomática (g_s), concentração interna de CO_2 (C_i), eficiência no uso de água (EUA) e eficiência instantânea de carboxilação (AC_i) não foram observadas diferenças significativas entre as cultivares (Tab. 1).

Esses resultados indicam que no horário em que foi realizada a avaliação as cultivares apresentaram comportamento semelhante devido à ausência de estresse, como déficit hídrico e altas temperaturas, além das características das cultivares de serem adaptadas ao cultivo em ambiente protegido e possuírem ciclo cultural semelhante. Segundo Wang *et al.* (2015), os processos fisiológicos são diretamente influenciados pela temperatura. Segundo esses autores, o estresse por calor inibe a fotossíntese devido à redução na ativação da rubisco.

Ramos *et al.* (2013), ao avaliar as trocas gasosas da cultivar Giuliana aos 92 DAT, obteve valores de 15 ($\mu mol CO_2 m^{-2} s^{-1}$), 7 ($mmol H_2O m^{-2} s^{-1}$), 0,22 ($mol H_2O m^{-2} s^{-1}$), 1,9 ($mmol CO_2 mol^{-1} H_2O$) e 0,06 ($\mu mol CO_2 m^{-1} s^{-1} \mu mol CO_2 mol^{-1}$) para A, E, g_s , EUA e AC_i , respectivamente.

Essas diferenças obtidas entre os diferentes trabalhos podem ocorrer em função das condições ambientais de cada local de cultivo, como: temperatura e umidade relativa do ar, intensidade luminosa e estágio de desenvolvimento da cultura. Sendo que a avaliação de trocas gasosas realizada por Ramos (2013) aos 92 DAT, foi no dia 21 de outubro período onde as temperaturas do ar são mais elevadas e o mesmo já havia iniciado a colheita dos frutos. Esses fatores podem ter contribuído para as diferenças observadas em relação ao presente trabalho.

Tabela 1. Médias de A - taxa de assimilação líquida de CO₂ (μmol CO₂ m⁻² s⁻¹); E - transpiração foliar (mmol H₂O m⁻² s⁻¹); g_s - condutância estomática (mol H₂O m⁻² s⁻¹); C_i - concentração interna de CO₂ (μmol CO₂ m⁻² s⁻¹); EUA - eficiência no uso de água (μmol CO₂ μmol⁻¹ H₂O); AC_i - eficiência instantânea de carboxilação (μmol CO₂ m⁻¹ s⁻¹ μmol CO₂ mol⁻¹); AF - área foliar (cm²), MSPA - massa de matéria seca de parte aérea (g/planta) e PROD - produtividade (t ha⁻¹), em cultivares de tomate com diferente número de hastes por planta.

Cultivares	A	E	g _s	C _i	EUA	AC _i	AF	MSPA	PROD
Giuliana	12,1 a	2,97 a	0,28 a	293,09 a	4,08 a	0,042 a	523,5 a	270,9 a	69,24 a
Tyna	11,8 a	2,81 a	0,26 a	292,15 a	4,20 a	0,041 a	527,8 a	272,5 a	52,32 b
Tipos de Condução	A	E	g _s	C _i	EUA	AC _i	AF	MSPA	PROD
1	9,6 b	3,04 a	0,29 a	285,6 a	3,16 a	0,034 b	566 a	283,1 ab	56,86 a
2	9,7 b	2,64 a	0,23 a	297,8 a	3,70 a	0,033 b	552 a	261,4 bc	63,30 a
3	13,2 a	2,87 a	0,29 a	267,3 a	4,59 a	0,049 a	552,3 a	270,6 abc	57,18 a
4	11,2 ab	3,07 a	0,30 a	300,9 a	3,65 a	0,037 ab	507,6 a	244,87 c	63,89 a
5	11,8 ab	2,84 a	0,26 a	291,6 a	4,16 a	0,041 ab	450,5 a	298,37 a	62,67 a
CV(%)	19,27	14,90	25,48	5,95	16,20	23,94	18,44	7,66	9,87

Médias na coluna seguidas de mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5%. Tipos de condução 1. apenas com a haste principal; 2. haste principal + haste secundária emitida imediatamente abaixo do primeiro cacho; 3. as duas primeiras hastes secundárias que surgirem na planta com o desponde da haste principal; 4. as quatro primeiras hastes secundárias que surgirem na planta, com o desponde da haste principal; 5. haste principal e mais três hastes secundárias emitidas abaixo do primeiro cacho.

Com relação à área foliar e a massa seca total de plantas não foram encontradas diferenças significativas entre as cultivares testadas. Essa ausência de diferença pode ser em função de que ambas são do segmento italiano, adaptadas ao cultivo em ambiente protegido, desta forma seu desenvolvimento não foi afetado pelo ambiente (Tab. 1). No entanto, é possível inferir que a cultivar Giuliana é mais eficiente em suprir seus drenos, pois com a mesma massa seca e área foliar produziu frutos maiores e conseqüentemente foi mais produtiva em relação a cultivar Tyna.

Os tipos de condução proporcionaram diferença significativa apenas para A e AC_i (Tab. 1). O maior valor de taxa de assimilação líquida de CO₂ foi registrado para o tipo de condução 3, diferindo estatisticamente apenas dos tipos 1 e 2. Nas plantas do tipo de condução 3, registraram-se 13,2 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹ de A, contrastando com os valores de 9,61 e 9,79 μmol CO₂ m⁻² s⁻¹, verificados para as plantas conduzidas nos tipos 1 e 2, respectivamente. Esses valores correspondem a incrementos de 27,1% e 25,8% na taxa de assimilação líquida de CO₂, nos respectivos tipos de condução (Tab. 1).

Os baixos valores obtidos nos tipos de condução 1 e 2, podem ser devido ao aumento do crescimento das plantas, indicando um autosombreamento, o que levou à redução de A. Lopes *et al.* (2011), avaliando o crescimento de plantas de tomate 'SM-16', cultivadas sob diferentes coberturas de solo, afirmam que a partir dos 28 DAT, com o crescimento da planta, inclusive da área foliar, ocorre autosombreamento das folhas, o que acarreta em diminuição dos níveis de fotossíntese.

Para E, g_s, C_i e EUA não foram observadas diferenças significativas para o número de hastes por planta (Tab. 1). A ausência de diferença para estas variáveis pode ser em função da temperatura foliar (dados não apresentados) no horário em que foi realizada a avaliação de trocas gasosas. A temperatura foliar variou de 24,34 a 23,5 °C,

condição esta que não provoca estresse na planta. De acordo com Taiz *et al.* (2017), a transpiração é um fenômeno influenciado principalmente pela temperatura e a saturação de vapor d'água. Sob as mesmas condições, diferenças na transpiração podem indicar um mecanismo estomático com maior ou menor eficiência, implicando na economia de água pela planta. Como a temperatura não foi um fator limitante não foi observado diferenças significativas na EUA entre os tipos de condução.

De acordo com Morales *et al.* (2015), a eficiência no uso da água é reduzida com a intensificação do déficit hídrico, variando de 1,38 a 1,05 μmol mol⁻¹ CO₂/mmol m⁻² s⁻¹ H₂O entre os tratamentos de 100 e 25% da capacidade de campo (CC).

Outro fator que pode ter contribuído para a ausência de diferenças para essas variáveis é o fato de que a demanda hídrica foi suprida de forma adequada. Sendo assim, durante a avaliação não ocorreu déficit hídrico e nem térmico. Desta forma o potencial hídrico nas folhas não atingiu valores críticos para induzir o fechamento estomático.

Embora não se tenham observadas diferenças significativas, quando se compara plantas cultivadas no tipo de condução 3 com o tipo de condução 1 percebe-se que com a mesma abertura estomática e com 5% a menos de transpiração foliar e 6,4% a menos de concentração interna de CO₂, plantas conduzidas no tipo de condução 3 realizam mais fotossíntese que as conduzidas no tipo de condução 1 (Tab. 1). Segundo Castro *et al.* (2009), alguns genótipos, adaptados a condições de maior luminosidade, apresentam maior densidade estomática e estômatos menores, permitindo que os estômatos se tornem mais eficientes na captação de CO₂ com menor perda de água por transpiração.

Essa observação pode ser relevante, em situação de estresse abiótico, onde o tipo de condução 3, pode ser mais eficiente em evitar perdas excessivas de água pela transpiração, sem comprometer a fotossíntese e a eficiência

no uso da água. Morales *et al.* (2015) observaram que a fotossíntese reduziu de 8,61 para 4,18 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ entre os tratamentos de 100 e 25% CC. A redução da fotossíntese está relacionada à redução da absorção de CO_2 , que reduziu de 92,63 para 59,20 $\mu\text{mol mol}^{-1}$ de CO_2 entre as umidades do solo de 100 e 25% da CC, respectivamente.

O maior valor de AC_i , foi obtida para plantas no tipo de condução 3, diferindo estatisticamente apenas dos tipos 1 e 2. Ao observar a Tab. 1, se constata que plantas no tipo de condução 3 apresentam a maior A. A AC_i , embora não haja diferença estatística, é 6,5% menor para esse tipo de condução quando comparado ao tipo de condução 1. O que indica maior eficiência instantânea de carboxilação.

Neste sentido, o aumento verificado na AC_i , no presente trabalho, deve-se, sobretudo, aos ganhos na A. Devido a maior quantidade de CO_2 que esta sendo fixado ocorre uma redução do C_i . Indicando melhor eficiência que esse tipo de condução, proporciona as plantas em realizar maiores taxas de assimilação de CO_2 .

Para área foliar não foi observada diferença significativa entre o número de hastes por planta (Tab. 1). Provavelmente o tipo de condução 5 apresenta o maior número de folhas por planta, no entanto isso não repercutir em aumento da área foliar, isso porque de acordo com Monteiro *et al.* (2005) a área foliar de uma planta não depende apenas da quantidade de folhas, depende também do seu tamanho e do seu tempo de permanência na planta, e isto pode variar ao longo do ciclo da cultura.

O que pode ter acontecido nesse tipo de condução é que pelo fato da haste principal ter permanecido na planta, esta exerce sua dominância sobre as demais hastes secundárias, sendo assim as folhas destas ficaram com tamanho menor e não resultou em aumento da área foliar.

Plantas que apresentam maior área foliar podem propiciar um aumento na capacidade da planta de aproveitar a radiação solar visando à realização da fotossíntese e, desta forma, pode ocorrer incremento na produtividade. Esse fato não foi verificado no presente trabalho, uma vez que não ocorreu diferença entre os tipos de condução para área foliar e produtividade.

Com relação à massa de matéria seca da parte aérea, o tipo de condução 5 proporcionou a maior massa de matéria seca de plantas, sendo superior apenas dos tipos 2 e 4 (Tab. 1). A maior massa seca de plantas se deve ao maior número de hastes que este tratamento apresentou. Valores superiores de massa seca de parte aérea foram observados por Caliman *et al.* (2009) ao avaliar o crescimento de tomateiro cultivado em ambiente protegido, estes autores observaram o valor de 824,3 g/planta de matéria seca ao final do ciclo, como sendo o máximo acúmulo. A variação existente para a massa seca de plantas entre as pesquisas realizadas deve-se a diversos fatores, como, material genético, idade da planta, poda apical, sanidade entre outros.

Embora tenham ocorrido diferenças A entre os tipos de condução, essas não repercutiram em diferenças significativas na produtividade final entre o número de

hastes por planta (Tab. 1). O que leva a acreditar que essas diferenças na taxa de assimilação líquida de CO_2 , sejam em função do atraso no desenvolvimento das plantas, que sofreram a retirada da haste principal, e que no momento da avaliação, estas demandavam mais fotossíntese para completar o desenvolvimento dos frutos.

Esses resultados evidenciam que a retirada da haste principal para o desenvolvimento de hastes secundárias mais bem distribuídas na planta pode ser um sistema de condução viável, em virtude da facilidade de manejo que os mesmos apresentam, sem acarretar redução da produtividade, no entanto o pico da colheita é mais tardio.

Com a retirada da haste principal há atraso na maturação dos frutos de ambas as cultivares. A cultivar Giuliana é a mais produtiva. O número de haste por planta altera a taxa de assimilação líquida de CO_2 , sem influenciar na produtividade.

AGRADECIMENTOS

Ao programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior -Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERENCIAS

- Caliman, F.R.B., da Silva, D.J.H., Alves, D.P., Cardoso, T. de S., & Mattedi, A.P. 2009. Enriquecimento intermitente de CO_2 e análise do acúmulo de massa seca e da partição de fotoassimilados em tomateiro. *Acta Agronômica* 58(3):133-139.
- Candian, J.S., Martins, B.N.M., Cardoso, A.I.I., Evangelista, R.M., & Fujita, E. 2017. Stem conduction systems effect on the production and quality of mini tomato under organic management. *Bragantia* 76(2):238-245.
- Castro E.M., Pereira F.J. & Paiva R. 2009. Histologia Vegetal: Estrutura e Função de Órgãos Vegetativos. UFLA, Lavras. 234 p.
- Fan, X.X., Xu, Z.G., Liu, X.Y., Tang, C.M., Wang, L.W., & Han, X.L. 2013. Effects of light intensity on the growth and leaf development of young tomato plants grown under a combination of red and blue light. *Scientia Horticulturae* 153:50-55.
- Ferreira, D.F. 2014. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e agrotecnologia* 38(2):109-112.
- Larcher, W., & Piccioni, M. 1993. *Ecofisiologia vegetal*. Edagricole, São Carlos, v. 350, 531 p.
- Lopes, W.D.A., Negreiros, M.Z.D., Dombroski, J.L.D., Rodrigues, G.S.D.O., Soares, A.M., & Araújo, A.D.P. 2011. Growth analysis of tomato plants' SM-16'cultivated under different mulching. *Horticultura Brasileira* 29(4):554-561.
- Monteiro J.E.B.A., Sentelhas P.C., Chiavegato E.J., Guiselini C., Santiago A.V., & Prael A. 2005. Estimação da área foliar do algodoeiro por meio de dimensões e massa das folhas. *Bragantia* 64:15-24.
- Morales, R.G.F., Resende, L.V., Bordini, I.C., Galvão, A.G., & Rezende, F.C. 2015. Caracterização do tomateiro submetido ao déficit hídrico. *Scientia Agraria* 16(1):9-17.
- Radin B., Bergamaschi H., Reisser Junior C., Barni N.A., Matzenauer R., & Didoné I.A. 2003. Eficiência de uso da radiação fotossinteticamente ativa pela cultura do tomateiro em diferentes ambientes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 38:1017-1023.
- Ramos, A.R.P., Amaro, A.C.E., Macedo, A.C., de Assis Sugawara, G.S., Evangelista, R.M., Rodrigues, J.D., & Ono, E.O. 2013. Fruit quality of tomato 'giuliana'treated with products with physiological effects. *Semina: Ciências Agrárias* 34(6):3543-3552.

- Ramos A.R.P., Dias R. de C.S., & Aragão C.A. 2009. Qualidade de frutos de melancia sob diferentes densidades de plantio. *Horticultura Brasileira* 27:560-564.
- Reis, L.S., Azevedo, C.A. de, Albuquerque, A.W., & Junior, J.F. 2013. Índice de área foliar e produtividade do tomate sob condições de ambiente protegido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 17(4):386-391.
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I.M., & Murphy, A. 2017. *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. Artmed Editora, Porto Alegre. 888 p.
- Wang X., Dinler B.S., Vignejei C.M., Jacobsen S., & Wollenweber B. 2015. Physiological and proteome studies of responses to heat stress during grain filling in contrasting wheat cultivars. *Plant Science* 23:33-50.