

Avaliação de sistemas de irrigação e estratégias de manejo na produção orgânica de tomate de mesa

Waldir A. Marouelli^{1,4}; Daniel A. da C. Lage²; Taynara C. de Macedo^{3,5}; Yuri C. Barreto^{3,5}; Marcos B. Braga¹

¹Embrapa Hortaliças, C. Postal 218, 70359-970 Brasília-DF, waldir@cnpq.embrapa.com.br, marcos.braga@cnpq.embrapa.com.br; ²UnB, Dep. de Fitopatologia, Campus Universitário, 70910-900 Brasília-DF, danielcostalage@gmail.com; ³Faculdades Promove de Brasília, QS 5, Rua 300, Lote 1, Areal, 71961-720 Brasília-DF, taynara_cm@hotmail.com, yuricardosob@gmail.com; ⁴Bolsista PQ-CNPq; ⁵Bolsista PIBIC-CNPq.

RESUMO

Avaliou-se a produção de tomate em cultivo orgânico utilizando-se diferentes sistemas de irrigação e estratégias de manejo, no Distrito Federal. Foram avaliados 12 tratamentos: gotejamento com uma lateral por fileira de plantas (GO_{1L}), com duas laterais (GO_{2L}) e com *mulching* de plástico preto (GO_M); sulco (SU); microaspersão “subcopa” (MI_S) e acima do dossel (MI_A); aspersão convencional (AS); e sistema combinado (gotejo e microaspersão acima do dossel) com duas estratégias de manejo - alternância de sistemas (CO_A) e controle de pragas (CO_C). Os sistemas GO_{1L}, GO_{2L}, GO_M, CO_A e CO_C foram mantidos com umidade elevada no solo (tensão de 15/30 kPa), o SU com umidade moderada (tensão de 30/60 kPa) e os MI_S, MI_A e AS manejados com umidades elevada e moderada. A maior produtividade comercial foi obtida no CO_C, com acréscimo de 18% em relação ao MI_S com umidade moderada e de 48% em relação ao GO_{1L}, um dos sistemas de irrigação mais utilizados na produção de tomate no Brasil. Adicionalmente, o CO_C foi um dos tratamentos que apresentou plantas mais vigorosas, frutos com menor taxa de podridão apical e danos por insetos e maior índice de produtividade da água, além da menor severidade de doenças.

Palavras-chave: *Solanum lycopersicum*, agricultura orgânica, controle de pragas.

ABSTRACT

Evaluation of irrigation system and management strategies in the organic production of fresh-market tomatoes

The objective of this work was to evaluate the organic production of tomatoes using different irrigation systems and management strategies, under soil and climate conditions of Midwest of Brazil. The treatments evaluated were: drip system with one lateral per line of plants (GO_{1L}), two laterals (GO_{2L}), and under plastic mulching (GO_M), maintaining high soil moisture (matric tension of 15/30 kPa); furrow (SU) with moderate soil moisture (30/60 kPa); microsprinkler below (MI_S) and above (MI_A) plant canopy with high and moderate moisture; overhead sprinkler (AS) with high and moderate moisture; and combined systems (drip and microsprinkler above canopy) with high moisture and two management strategies – switching systems (CO_A) and pest control (CO_C). The systems GO_{1L}, GO_{2L}, GO_M, CO_A e CO_C were managed with high soil moisture (tension of 15/30 kPa), system SU with moderate soil moisture, and systems MI_S, MI_A e AS with high and moderate moisture. The highest commercial yields was achieved in the CO_C, which was 18% higher than MI_S with moderate moisture and 48% above the GO_{1L}, one of the most widely used irrigation system for tomato production in Brazil. Additionally, CO_C was one of the treatments that produced

more vigorous plants, fruits with smaller percentage of blossom end-rot and damage by insects, and higher water productivity index, as well as lower severity of diseases.

Keywords: *Solanum lycopersicum*, organic agriculture, pest control.

INTRODUÇÃO

A produção de tomate no Brasil é quase totalmente irrigada, pois a produtividade e a qualidade dos frutos são afetadas negativamente pela deficiência de água. O excesso de água, por outro lado, também pode ser prejudicial (Marouelli *et al*, 2011a).

O cultivo do tomateiro é um grande desafio em sistemas orgânicos por ser uma cultura muito susceptível ao ataque de pragas (doenças e insetos). Segundo Rotem & Palti (1969), a irrigação tem efeito tão acentuado no crescimento, vigor e desenvolvimento da planta, que pode predispor o tomateiro a várias doenças.

A irrigação por aspersão pode facilitar a dispersão e proporcionar um microambiente favorável à infecção de vários patógenos, em razão da presença de água livre nas folhas (Lopes *et al.*, 2006). Por outro lado, o impacto das gotas de água sobre as folhas pode agir na remoção de propágulos de patógenos, como no caso de oídios (Lage *et al.*, 2011), e no desalojamento de ovos de insetos e lagartas pequenas (Marouelli *et al.*, 2011c). Sistemas por sulco e por gotejamento, principalmente com o uso de *mulching* plástico, favorecem a propagação de doenças de solo, como a murcha-bacteriana (*Ralstonia solanacearum*), por criar condições de saturação temporária de água junto às raízes (Cabral *et al.*, 2011).

Estudos preliminares (Lage *et al.*, 2011; Marouelli *et al*, 2011b) apontam que elevada produtividade de tomate orgânico em condições pouco favoráveis a doenças foliares (clima seco) pode ser obtida irrigando-se por aspersão acima do dossel. No entanto, em condições de alta umidade relativa do ar devem-se preferir sistemas de irrigação que molhem somente o solo.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar diferentes sistemas de irrigação e estratégias de manejo na produção de tomate orgânico, nas condições de inverno da Região Centro-Oeste do Brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Unidade de Pesquisa e Produção Orgânica da Embrapa Hortaliças, Brasília-DF, em Latossolo Vermelho distrófico típico, no período

entre maio e outubro de 2011.

Foram avaliados diferentes sistemas de irrigação e estratégias de manejo utilizando-se um delineamento experimental em blocos ao acaso, com doze tratamentos e três repetições. Foram avaliadas as seguintes configurações de sistema de irrigação: gotejamento com uma lateral por fileira de plantas (GO_{1L}), com duas laterais (GO_{2L}) e com uma lateral em solo coberto com *mulching* de plástico preto (GO_M); sulco (SU); microaspersão “subcopa” (MI_S) e acima do dossel (MI_A); aspersão convencional (AS); e sistema combinado (gotejamento e microaspersão acima do dossel) com duas estratégias de manejo - alternância de sistemas (CO_A) e controle de pragas (CO_C). Os sistemas GO_{1L} , GO_{2L} , GO_M , CO_A e CO_C foram mantidos com umidade elevada no solo (tensão matricial de 15/30 kPa), enquanto o sistema SU com umidade moderada (tensão de 30/60 kPa). MI_S , MI_A e AS foram manejados com umidades elevada e moderada.

Foi utilizado o cultivar Pérola com mudas transplantadas no espaçamento de 1,0 m x 0,5 m. As plantas foram tutoradas na vertical, conduzidas com uma haste e podadas com 1,7 m de altura. Cada parcela foi constituída de cinco fileiras de plantas com 10 m de comprimento, tendo sido avaliadas 42 plantas nas três linhas centrais, totalizando 50 m². Ao redor do experimento cultivou-se, como bordaduras, crotalária, sorgo forrageiro, flor-de-mel e capim-elefante.

As irrigações foram realizadas considerando as tensões-limite de água no solo de 15/30 kPa (umidade elevada) ou 30/60 kPa (umidade moderada). As menores tensões-limite, dentro de cada estratégia de manejo, foram consideradas durante o estágio de frutificação do tomateiro (Marouelli *et al*, 2011a). O monitoramento da tensão foi realizado por tensiômetros instalados a 40-50% da profundidade radicular efetiva. As irrigações foram conduzidas por tratamento quando a média das leituras atingia as tensões-limite preestabelecidas.

Os tratamentos por microaspersão foram configurados para que fosse obtido 100% de área molhada. No tratamento CO_C , as regas foram feitas preferencialmente por MI_A , visando o controle de insetos-pragas e oídio, com exceção dos períodos em que as condições climáticas (umidade relativa do ar > 70%) fossem favoráveis à ocorrência das demais doenças foliares (Marouelli *et al*, 2011c), momento que se irrigava por GO_{2L} . O monitoramento das condições climáticas da área experimental ocorreu através de

sensores de temperatura e umidade relativa do ar, acoplados a *data loggers*, instalados em uma parcela de cada tratamento.

Os frutos foram colhidos semanalmente e avaliou-se: altura de plantas (30, 60, e 90 dias pós-transplante); estande final; número, massa e produtividade de frutos; frutos refugos (% em número); e índice de produtividade da água (iPA). Os frutos comerciais foram aqueles com diâmetros acima de 40 mm e sem defeitos graves. O iPA representou a relação entre produtividade comercial e o volume total de água fornecido, incluindo a precipitação efetiva (Marouelli *et al.*, 2011d).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ciclo do tomateiro foi de 154 dias, tendo sido feitas nove colheitas em todos os tratamentos. Foram realizadas de 31 a 60 irrigações e fornecidas lâminas totais de água à cultura, incluindo precipitação efetiva, variando entre 378 mm e 889 mm, dependendo do tratamento (Tabela 1). O tratamento GO_M demandou menor quantidade de água, devido a menor evaporação do solo, enquanto o SU apresentou maior demanda resultante da maior perda de água por percolação profunda. A precipitação no período foi de 17 mm, sendo a precipitação efetiva de 7 mm para todos os tratamentos.

O desenvolvimento vegetativo das plantas foi afetado significativamente pelos tratamentos, principalmente durante os dois primeiros meses. Maior altura de plantas, aos 30 dias após o transplante, foi verificada no tratamento CO_C, enquanto o menor desenvolvimento ocorreu no tratamento GO_M. Aos 60 dias, as plantas do tratamento GO_M e dos tratamentos MI_A e AS, com umidade elevada, ainda apresentavam menor altura que as plantas do CO_C. A altura de plantas aos 90 dias (média de 127,0 cm) e o estande final (média de 3,9% de redução) não diferiram estatisticamente entre os tratamentos avaliados (Tabela 1).

Os números de frutos totais e comerciais, por unidade de área, foram afetados significativamente e de forma distinta pelos tratamentos (Tabela 1). Menor número de frutos totais foi verificado no tratamento GO_{1L} e nos tratamentos AS e MI_S, com umidade moderada, não tendo havido diferenças entre os demais tratamentos. Com relação aos frutos comerciais, maior número foi obtido no tratamento CO_C. Não houve efeito significativo sobre a massa de frutos comerciais (média de 128,3 g).

Similarmente ao número de frutos por planta, as produtividades total e comercial foram afetadas pelos tratamentos. Maiores produtividades totais ocorreram nos tratamentos MI_S e MI_A, com umidade moderada, SU, CO_C e CO_A, enquanto as menores produtividades foram nos tratamentos AS, com umidade moderada, GO_{1L} e GO_{2L}.

Com relação à produtividade comercial, CO_C foi o tratamento com melhor desempenho, com uma produção 18% maior que o segundo tratamento mais produtivo (MI_S com umidade moderada). As menores produtividades comerciais foram obtidas em GO_{1L}, AS, com umidade moderada e elevada, GO_M, GO_{2L} e MI_S, com umidade elevada.

Os tratamentos MI_A, AS, MI_S, com umidade moderada, e CO_C apresentaram menor porcentagem de frutos refugos, enquanto MI_S, com umidade elevada, GO_M, GO_{1L} e SU foram aqueles com maior taxa de refugos (Tabela 3). Assim, a maior produtividade comercial no CO_C deve-se a este ter sido o tratamento com maior produtividade total e o segundo com menor taxa de frutos refugos.

Dentre os defeitos graves de frutos que inviabilizam a comercialização, a podridão (média de 3,0%), causada por fungos e bactérias, lóculo aberto (média de 0,3%) e rachaduras (média de 3,3%) não foram afetados pelos tratamentos. Já as perdas ocasionadas por podridão apical e danos por traça-do-tomateiro e brocas foram afetadas significativamente pelas configurações de sistemas de irrigação (Tabela 2). Maior perda de frutos por podridão apical foi verificada em GO_M, GO_{1L}, SU e MI_S, com umidade elevada, não tendo sido constatado diferença significativa entre os demais tratamentos.

Muito embora a perda de frutos por danos por traça tenha sido reduzida (0,9-2,3%), esta foi afetada significativamente. Os tratamentos GO_{1L} e MI_S, com umidade elevada, foram aqueles com maior taxa de danos por traça, não tendo havido diferenças entre os demais tratamentos. Relativo aos danos causados por broca e insetos em geral (traça e broca), CO_C, SU, GO_M, MI_A, com umidade moderada e elevada, GO_{2L} e GO_{1L} foram os tratamentos com menor perda, não tendo havido diferenças entre os demais.

Apesar de ter obtido a terceira menor produtividade comercial, GO_M foi o tratamento que apresentou maior iPA (Tabela 3), resultado da menor quantidade de água requerida para irrigação (Tabela 1). Os tratamentos com menor iPA foram MI_A e MI_S, com umidade elevada, AS, com umidade moderada, e SU.

Nos tratamentos irrigados por microaspersão (MI_S e MI_A) e aspersão (AS), verificou-se que as duas faixas de tensão para reinício das irrigações, ou seja, 15/30 kPa

MAROUELLI WA; LAGE DAC; MACEDO TC; BARRETO YC; BRAGA MB. 2012. Avaliação de sistemas de irrigação e estratégias de manejo na produção orgânica de tomate de mesa. *Horticultura Brasileira* 30: S5725-S5732.

e 30/60 kPa, não tiveram efeito significativo sobre a produtividade comercial (Tabela 2), assim como sobre muitas das variáveis de produção avaliadas (Tabela 2 e 3).

Mesmo não tendo sido avaliado utilizando qualquer método científico, observou-se que as plantas irrigadas por gotejamento, SU e MI_S apresentaram baixa severidade de requeima (*Phytophthora infestans*) e septoriose (*Septoria lycopersici*), enquanto as irrigadas por AS e MI_A apresentaram severidades moderada a alta. Resposta inversa foi constatada para a ocorrência de oídio (*Leveillula taurica*). Diferentemente de todos os demais tratamentos, o CO_C apresentou baixa severidade de oídio, requeima e septoriose.

AGRADECIMENTOS

Ao Centro de Desenvolvimento Tecnológico da Agricultura Orgânica do Distrito Federal (CDTOrg-DF) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro parcial na condução do trabalho.

REFERÊNCIAS

CABRAL RN; MAROUELLI WA; LAGE DAC; LAPIDUS GA; CAFÉ FILHO AC. 2011. Incidência da murcha bacteriana em tomateiro orgânico sob diferentes sistemas de irrigação, níveis de água e coberturas de solo. *Cadernos de Agroecologia* 6(2): 1-5.

LAGE DAC; MAROUELLI WA; CAFÉ FILHO AC. 2011. *Progresso temporal da requeima e do oídio em tomateiro orgânico em diferentes sistemas e níveis de irrigação*. Brasília: Embrapa Hortaliças. 31p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 74).

LOPES CA; MAROUELLI WA; CAFÉ FILHO AC. 2006. Associação da irrigação com doenças de hortaliças. *Revisão Anual de Patologia de Plantas* 14: 151-179.

MAROUELLI WA; CARRIJO OA; SOUZA RB; SILVA WLC. 2011a. Irrigação e fertirrigação na cultura do tomate. In: SOUSA VF; MAROUELLI WA; COELHO EF; PINTO JM; COELHO FILHO MÂ (Ed.). *Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. p. 739-769.

MAROUELLI WA; MACEDO TC; BARRETO YC; LAGE DAC; RESENDE FV. 2011b. Produção orgânica de tomate com diferentes sistemas e níveis de irrigação e coberturas de solo. *Cadernos de Agroecologia* 6(2): 1-6.

MAROUELLI WA; MEDEIROS MA; SOUZA RF; RESENDE FV. 2011c. Produção de tomateiro orgânico irrigado por aspersão e gotejamento, em cultivo solteiro e consorciado com coentro. *Horticultura Brasileira* 29(3): 429-434.

MAROUELLI WA; LAGE DAC; MACEDO TC; BARRETO YC; BRAGA MB. 2012. Avaliação de sistemas de irrigação e estratégias de manejo na produção orgânica de tomate de mesa. *Horticultura Brasileira* 30: S5725-S5732.

MAROUELLI WA; OLIVEIRA ÁS; COELHO EF; NOGUEIRA LC; SOUSA VF. 2011d. Manejo da água de irrigação. In: SOUSA VF; MAROUELLI WA; COELHO EF; PINTO JM; COELHO FILHO MA (Ed.). *Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. p. 157-232.

ROTEM J; PALTI J. 1969. Irrigation and plant diseases. *Annual Review of Phytopathology* 7: 267-288.

Tabela 1. Número de irrigações e lâmina total de água aplicada, incluindo precipitação efetiva, conforme o sistema de irrigação e estratégia de manejo. [number of irrigation and total water depth applied, including effective precipitation, according the irrigation system and management strategy]. Brasília, DF, Embrapa Hortaliças, 2011.

Irrigação	GO _{1L}	GO _{2L}	GO _M	SU	MI _S - elv	MI _S - mod	MI _A - elv	MI _A - mod	AS- elv	AS- mod	CO _A	CO _C
Número	60	61	52	35	49	33	50	37	49	31	55	55
Lâmina (mm)	458	505	378	889	715	691	760	730	684	741	725	620

GO_{1L}: gotejo com uma lateral por fileira de plantas, GO_{2L}: gotejo com duas laterais por fileira, GO_M: gotejo com *mulching* de plástico preto, SU: sulco, MI_S: microaspersão “subcopa”, MI_A: microaspersão acima do dossel, AS: aspersão acima do dossel, CO_A: sistema combinado com irrigações alternadas, CO_C: sistema combinado com manejo para controle de pragas. Subscrito “elv” para umidade elevada no solo e “mod” para umidade moderada.



Tabela 2. Estatísticas e valores médios de altura de plantas de tomate (30, 60 e 90 dias pós-transplante), redução de estande, produtividade e número de frutos totais e comerciais e massa média de frutos comerciais. [statistics and average values of tomato plant height (30, 60, and 90 days after transplant), stand reduction, total and marketable fruit yield and number, and marketable fruit weight, according the irrigation system and management strategy]. Brasília, DF, Embrapa Hortaliças, 2011.

Tratamento	Altura de plantas (cm)			Estande (%)	Nº de frutos/m ²		Massa (g)	Produtividade (Mg ha ⁻¹)	
	30	60	90		Total	Comer.		Total	Comer.
GO _{1L}	30,2 b	87,0 ab	129,1	3,2	103,6 c	63,5 e	132,0	114,6 d	83,8 e
GO _{2L}	30,6 b	86,6 ab	126,7	3,2	111,3 abc	73,7 bcd	125,4	121,7 cd	92,4 cde
GO _M	27,3 c	80,1 c	124,8	7,1	119,4 a	70,1 cde	128,7	128,0 bc	90,4 de
SU	29,3 b	86,9 ab	126,6	3,2	119,6 a	76,8 bcd	137,1	137,4 ab	105,1 b
MI _S -elv	29,8 b	82,3 abc	124,0	5,6	110,1 abc	69,4 de	135,6	133,5 bc	93,9 bcde
MI _S -mod	30,5 b	84,8 abc	127,4	3,2	113,2 bc	79,3 b	132,9	137,6 ab	105,2 b
MI _A -elv	29,8 b	81,0 c	124,3	2,4	112,2 abc	77,1 bc	129,0	129,4 bc	99,4 bcd
MI _A -mod	28,8 bc	84,1 abc	129,3	0,8	107,6 abc	75,7 bcd	113,4	136,5 ab	103,5 bc
AS-elv	30,2 b	82,2 bc	126,2	6,3	113,5 abc	77,7 bc	121,4	128,3 bc	94,3 bcde
AS-mod	28,7 bc	85,1 abc	124,5	4,8	107,0 bc	77,2 bc	109,7	109,8 d	84,5 e
CO _A	30,2 b	84,6 abc	130,1	4,8	114,4 ab	76,2 bcd	135,0	136,5 ab	103,0 bc
CO _C	32,4 a	87,9 a	131,3	2,4	120,2 a	89,4 a	139,1	150,1 a	124,3 a
Pr > F	0,001	0,047	0,642	0,196	0,018	<0,001	0,286	<0,001	<0,001

GO_{1L}: gotejo com 1 lateral por fileira de plantas, GO_{2L}: gotejo com 2 laterais, GO_M: gotejo com *mulching* de plástico, SU: sulco, MI_S: microaspersão “subcopa”, MI_A: microaspersão acima do dossel, AS: aspersão, CO_A: sistema combinado com regas alternadas, CO_C: sistema combinado visando controle de pragas. Subscrito “elv” para umidade elevada e “mod” para umidade moderada. Obs.: Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelos testes de Duncan a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Estatísticas e valores médios de frutos com danos por podridão, podridão apical, lóculo aberto, rachaduras, traça-do-tomateiro, brocas, frutos refugos totais e índice de produtividade da água, conforme o sistema de irrigação e estratégia de manejo adotado. [statistics and average values of fruit damage by rottenness, blossom end-rot, open locules and cracks, South American tomato pinworm and Southern armyworm, total fruit damage, and water productivity index, according the irrigation system and management strategy]. Brasília, DF, Embrapa Hortaliças, 2011.

Tratamento	Frutos refugo (% em número)								iPA (kg m ⁻³)
	Total	Podre	Podridão apical	Lóculo aberto	Racha -do	Traça	Broca	Insetos	
GO _{1L}	38,4 ab	2,5	15,3 ab	0,4	3,0	2,3 a	4,7 cd	7,0 abcd	18,0 b
GO _{2L}	33,8 bcde	3,4	8,9bcd	0,2	3,6	1,3 bc	4,8 cd	6,2 bcd	18,0 b
GO _M	41,2 a	2,7	17,3 a	0,3	3,5	1,1 bc	4,5 cd	5,7 cd	23,5 a
SU	35,8 abcd	3,1	11,1 abc	0,5	2,8	1,0 c	4,6 cd	5,6 cd	11,7 de
MI _S -elv	36,8 abc	3,0	10,6 abc	0,3	4,9	2,1 ab	7,6 ab	9,6 a	13,0 cde
MI _S -mod	30,0 defg	3,0	4,4 cd	0,3	3,1	1,2 bc	7,8 a	8,9 ab	15,1 c
MI _A -elv	31,3 cdef	2,7	6,3 cd	0,3	3,0	1,2 bc	6,4 abcd	7,7 abcd	13,0 cde
MI _A -mod	24,2 g	2,6	4,4 cd	0,3	1,8	0,9 c	5,0 bcd	5,9 bcd	14,0 c
AS-elv	31,5 cdef	4,1	4,5 cd	0,3	5,5	1,2 bc	7,8 a	9,0 ab	13,7 cd
AS-mod	27,9 efg	3,1	2,5 d	0,0	3,5	1,1 bc	7,2 abc	8,3 abc	11,3 e
CO _A	33,4 bcde	3,2	8,0 bcd	0,8	2,6	0,9 c	7,1 abc	8,0 abc	14,1 c
CO _C	25,7 fg	2,3	5,2 cd	0,1	2,2	1,0 c	3,9 d	4,9 d	19,8 b
Pr > F	<0,001	0,491	0,003	0,686	0,284	0,039	0,005	0,018	<0,001

GO_{1L}: gotejo com 1 lateral por fileira de plantas, GO_{2L}: gotejo com 2 laterais, GO_M: gotejo com *mulching* de plástico, SU: sulco, MI_S: microaspersão “subcopa”, MI_A: microaspersão acima do dossel, AS: aspersão, CO_A: sistema combinado com regas alternadas, CO_C: sistema combinado visando controle de pragas. Subscrito “elv” para umidade elevada e “mod” para umidade moderada. Obs.: Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelos testes de Duncan a 5% de probabilidade.