

PRODUÇÃO DE TOMATE INDUSTRIAL SOB DIFERENTES REGIMES DE UMIDADE NO SOLO¹

WALDIR A. MAROUELLI², HENOQUE R. DA SILVA³ e CARLOS A. DA S. OLIVEIRA⁴

RESUMO - Experimentos foram conduzidos nas condições de solo e clima da região de cerrados do Brasil Central, objetivando avaliar o comportamento do tomate industrial em diferentes regimes de umidade no solo. Os tratamentos, num total de 27, resultaram da combinação de três tensões de água no solo (30, 100 e 460 kPa) em três estádios de desenvolvimento da planta (vegetativo, reprodutivo e maturação). A produtividade de frutos comerciáveis não foi afetada por tensões máximas entre 30 e 460 kPa durante os estádios vegetativo e de maturação. Durante o estádio reprodutivo houve redução significativa da produtividade quando a tensão foi mantida em níveis acima de 100 kPa. A acidez dos frutos e o teor dos sólidos solúveis não foram afetados pelas tensões estudadas.

Termos para indexação: *Lycopersicon esculentum*, irrigação, tensão de água no solo, relação água-planta.

PRODUCTION OF INDUSTRIAL TOMATO UNDER DIFFERENT SOIL MOISTURE REGIMES

ABSTRACT - Field experiments were carried out under the soil and climate conditions of Central Brazil, in the "cerrado" region, aiming to study the response of industrial tomatoes to different soil water tensions. Twenty-seven treatments resulted from the combination of three soil water tensions (30, 100, and 460 kPa) with three plant growth stages (vegetative, reproductive, and maturation). Commercial fruit productivity was not significantly affected by tensions between 30 and 460 kPa during the vegetative and maturation stages. In the reproductive stage it was reduced as soil water tension increased, but with no significant differences between 30 and 100 kPa. Fruit soluble solutes and acidity were not affected by the treatments.

Index terms: *Lycopersicon esculentum*, irrigation, soil water tension, plant water relations.

INTRODUÇÃO

Com o agravamento de problemas fitossanitários no estado de São Paulo, o cultivo do tomate industrial vem-se expandindo gradativamente para regiões de clima seco, constituindo uma boa opção para áreas irrigadas no Nordeste, e mais recentemente, no Brasil Central.

Mesmo sendo uma prática incorporada ao sistema produtivo, a irrigação do tomate in-

dustrial no Brasil é ainda realizada de forma empírica e inadequada. Assim, tanto a produtividade de frutos quanto os padrões de qualidade desejáveis para a industrialização, tais como teor de sólidos solúveis, acidez e coloração, podem ser prejudicados (Cerdeira et al. 1979, Varga 1987 e Giardini et al. 1988). A ocorrência de distúrbios fisiológicos, como podridão apical, frutos ocos e rachadura de frutos, também têm sido atribuídos a irrigações inadequadas (Minami & Haag 1989).

Vários são os trabalhos (Cannell & Asbell 1974, Choudhury et al. 1979, Dell'Amico & Jerez 1982) que objetivaram estabelecer o regime de umidade no solo mais adequado para o cultivo do tomate industrial. Estes, no entanto, além de terem sido realizados em condições específicas de solo e clima, não conside-

¹ Aceito para publicação em 12 de junho de 1991.

² Eng.-Agríc., M.Sc., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças (CNPH), Caixa Postal 070218, CEP 70359 Brasília, DF.

³ Eng.-Agr., M.Sc., EMBRAPA/CNPH.

⁴ Eng.-Agr., Ph.D., EMBRAPA/CNPH.

raram que a resposta da cultura às condições de umidade do solo pode variar ao longo de seu ciclo fenológico.

Apesar da necessidade crescente de água durante o estágio vegetativo, níveis elevados de umidade no solo antes do florescimento podem proporcionar crescimento vegetativo excessivo sem nenhum incremento de produtividade (Bonet et al. 1981). Já durante a floração e frutificação, estágio mais crítico do tomateiro, o suprimento adequado de água à cultura é de extrema importância (Huguet 1961 e Bonet et al. 1981).

Este estudo objetivou avaliar o efeito de diferentes tensões de água no solo, em três estádios da cultura, no desenvolvimento de plantas, produtividade e qualidade de frutos de tomate industrial, nas condições de solo e clima da região dos cerrados do Brasil Central.

MATERIAL E MÉTODOS

Experimentos foram conduzidos nos anos de 1986 e 1987, no campo experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças, em Brasília, DF, latitude 15°56'S e longitude 48°08'W, altitude de 997 m, em um Latossolo Vermelho-Escuro, fase cerrado e textura argilosa.

A característica de retenção de umidade do solo, na camada de 0 a 40 cm, relacionando os teores volumétricos de água (θ), em %, com as tensões de água (h), no intervalo de 10 a 1.500 kPa, foi representada pela seguinte expressão:

$$\theta (h) = 42,153 h^{-0,062} (r = 0,96)$$

Os dados climáticos médios verificados nos dois anos de condução dos experimentos, em cada estágio de desenvolvimento da cultura, encontram-se na Tabela 1.

A cultivar utilizada foi a Rio Fuego, ciclo médio de 130 dias, a qual recebeu os tratamentos culturais normais à cultura (Câmara et al. 1985). A adubação de plantio e a de cobertura foram realizadas diretamente no solo, enquanto para o controle fitossanitário e para a adubação foliar utilizou-se pulverizador de barra.

O plantio, nos dois anos, foi realizado em meados de maio diretamente no campo, no espaçamento de 1,0 m entre linhas. Após o desbaste, que ocorreu de 15 a 20 dias após a germinação, foram deixadas cinco plantas por metro linear.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com duas repetições. Os tratamentos, dispostos num arranjo fatorial 3x3x3, com confundimento de dois graus de liberdade da interação tripla, resultaram da combinação de três níveis de tensão de água no solo (30, 100 e 460 kPa) em três estádios de desenvolvimento da cultura (vegetativo, reprodutivo e maturação). A unidade experimental constou de uma área total de 24 m² (4 m x 6 m) e uma área útil de 8 m² (2 m x 4 m).

A duração de cada estágio de desenvolvimento foi estabelecida da seguinte forma: vegetativo - plantas com dois a três pares de folhas até o início do florescimento, compreendendo o período que foi do 31º ao 51º dia após o plantio; reprodutivo - do início do florescimento até a 1ª colheita (10 a 20% de frutos maduros), ou seja, do 52º ao 96º dia; maturação - da 1ª até a última colheita, a qual se verificou aos 132 dias após o plantio.

O método de irrigação utilizado foi o de microaspersão. Todas as parcelas receberam irrigação uni-

TABELA 1. Dados agrometeorológicos médios nos diferentes estádios de desenvolvimento do tomateiro, nos anos de 1986 e 1987.

Estádio (dias)	Temperatura (°C)	Umidade relativa (%)	Precipitação total (mm)		Evaporação do tanque (mm/dia)
			86	87	
Inicial (0-30)	22,0	64	0,0	12,9	4,8
Vegetativo (31-50)	21,2	61	3,8	0,0	5,4
Reprodutivo (51-95)	22,2	51	59,3	6,0	6,3
Maturação (96-132)	24,5	45	22,4	0,0	8,1

forme nos primeiros 30 dias após o plantio, sendo de 4 mm a lâmina líquida de água aplicada a cada dois dias. A partir daí, até as colheitas, as irrigações foram controladas por meio de tensiômetros, para o nível de tensão de 30 kPa, e por blocos de gesso, previamente calibrados, para as tensões de 100 e 460 kPa. A lâmina de água aplicada por irrigação, estimada com base na curva de retenção de água no solo, foi suficiente para que o solo atingisse a capacidade de campo (10 kPa) e não houvesse perdas significativas por percolação profunda. A profundidade efetiva do sistema radicular considerada foi de 20 cm até o florescimento e de 40 cm após este estágio, com os sensores de umidade instalados na metade destas profundidades.

As colheitas, num total de quatro, foram realizadas à medida em que os frutos atingiam a maturação. Em cada colheita, nos diferentes tratamentos, foi feita uma amostragem de dez frutos, com o mesmo grau de maturação, para a determinação da acidez e sólidos solúveis (Choudhury & Millar 1978).

Os efeitos dos diferentes regimes de irrigação também foram avaliados sobre o número de irrigações, lâmina de água aplicada, eficiência de uso de água, estande, peso seco da parte aérea a 60°C, número total de frutos por planta, peso médio de fruto, produtividade de frutos comerciáveis, frutos-refugo (podres e doentes), frutos ocos, rachadura de frutos e podridão apical.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nos anos de 86 e 87 foram analisados conjuntamente, visto que o

comportamento relativo dos parâmetros avaliados foi semelhante em ambos os anos.

Considerando-se que a análise estatística realizada individualmente para o ano de 87 não diferiu da realizada para 86, e com base no fato de que a precipitação em 87 (ocorrida no período em que os tratamentos foram aplicados - do 31º ao 132º) foi de apenas 6,0 mm (Tabela 1), conclui-se que as chuvas ocorridas ao longo do ciclo da cultura, principalmente no ano de 86, não tiveram efeito significativo sobre os resultados obtidos.

Para os diversos tratamentos, o número total de irrigações realizadas variou entre 20 e 36, e a lâmina líquida total de água aplicada, entre 283 e 355 mm (Tabela 2).

Desenvolvimento da cultura

O ciclo (média de 132 dias) e o estande final da cultura (média de 4,7 plantas/m²) não foram afetados significativamente pela tensão de água no solo. De acordo com Ferreyra (1987), um alongamento no ciclo poderia ter sido observado, principalmente quando da manutenção de teores elevados de água no solo após a frutificação.

O peso seco da parte aérea das plantas foi reduzido, em cerca de 3,0 kg/ha e 2,0 kg/ha por kPa, com o aumento da tensão de água no solo nos estádios vegetativo e reprodutivo, respectivamente (Tabela 3). À semelhança dos

TABELA 2. Número médio de irrigações (NI) e lâmina média líquida de água aplicada (LA), em mm, ao longo do ciclo da cultura, nos diferentes tratamentos.

Tratamento	NI	LA	Tratamento	NI	LA	Tratamento	NI	LA
30-30-30*	36	355	100-30-30	34	351	460-460-30	31	336
30-30-100	35	350	100-30-100	32	349	460-30-100	31	335
30-30-460	34	345	100-30-460	31	344	460-30-460	28	330
30-100-30	31	336	100-100-30	26	315	460-100-30	26	302
30-100-100	27	329	100-100-100	26	314	460-100-100	24	299
30-100-460	26	327	100-100-460	24	311	460-100-460	24	297
30-460-30	25	287	100-460-30	26	318	460-460-30	22	284
30-460-100	24	283	100-460-100	24	313	460-460-100	22	283
30-460-460	23	281	100-460-460	22	317	460-460-460	20	288

* Tensão de água no solo nos estádios vegetativo, reprodutivo e maturação, em kPa, respectivamente.

TABELA 3. Equações de regressão para os parâmetros de tomate industrial afetados significativamente pela tensão de água no solo, em três estádios de desenvolvimento da cultura.

Parâmetro	Equação de regressão	r	CV
Peso da parte aérea (t/ha)	$Y = 6,414 - 0,003^{**} V - 0,002^{*} R$	0,61**	14,2
Nº total de frutos/planta	$Y = 28,268 - 0,005^{**} V - 0,012^{**} R$	0,79**	12,1
Peso médio de fruto comerciável (g)	$Y = 143,428 - 0,065^{*} R$	0,43*	45,6
Produtividade comercial (t/ha)	$Y = 53,692 - 0,024^{**} R$	0,80**	15,1
Eficiência de uso de água (kg/mm)	$Y = 133,076 + 0,027^{*} V + 0,282^{**} R - 0,061.10^{-2} R^2 + 0,29^{*} M$	0,77**	6,9
% de frutos-refugo	$Y = 59,679 - 0,009^{**} V - 0,094^{*} R + 0,107.10^{-3} R^2$	0,70**	13,1
% de frutos c/podridão apical	$Y = 8,078 - 0,003^{*} V$	0,42*	32,1

r, CV = coeficiente de correlação e de variação, respectivamente.

V, R, M = tensão de água no solo nos estádios vegetativo, reprodutivo e maturação, respectivamente, variando entre 30 e 460 kPa.

** , * = significativo ao nível de 1 e 5% de probabilidade, respectivamente.

resultados obtidos por Bonet et al. (1981), baixos teores de água nos solos proporcionaram menor crescimento de plantas, principalmente durante o estádio vegetativo.

Produção de frutos

Houve redução linear do número total de frutos por planta em até 35% com o aumento da tensão de água no solo durante o estádio vegetativo e principalmente no reprodutivo (Tabela 3). A redução do número de frutos pela deficiência de água durante o florescimento e frutificação, segundo Cannell & Asbell (1974) e Bonet et al. (1981), é explicada como sendo, em parte, consequência da queda de flores e de frutos pequenos.

Houve um aumento de até 25% no peso médio de frutos comerciáveis na razão inversa à tensão de água no solo no estádio reprodutivo (Tabela 3). Segundo Bonet et al. (1981), também era de se esperar um aumento do tamanho de frutos quando da manutenção de um regime de alta umidade no solo no estádio de maturação. Uma das hipóteses que podem explicar a não-variação do peso de frutos, neste estádio, é a de que grande parte dos frutos teria atingido o pleno desenvolvimento por ocasião do início do estádio de maturação.

A produtividade de frutos comerciáveis apresentou correlação linear significativa apenas com a tensão de água no solo no estádio reprodutivo (Tabela 3), tendo sido obtida uma produtividade máxima (53,0 t/ha) para o tratamento onde se permitiram tensões de até 30 kPa, e uma mínima (42,7 t/ha) para tensões de até 460 kPa. Pela equação de regressão ajustada houve redução, estatisticamente não significativa, inferior a 4% na produtividade para tensões de até 100 kPa durante o estádio reprodutivo, em comparação com a tensão de 30 kPa, a 20 cm de profundidade. Obviamente o maior peso e número de frutos por planta, obtidos para tensões mais baixas, no estádio reprodutivo, contribuíram para aumentar a produtividade.

Nos demais estádio de desenvolvimento da cultura, ou seja, antes do florescimento (do 31º ao 51º dia após o plantio) e após a 1ª colheita (do 96º ao 132º dia), a manutenção de tensões de água no solo entre 30 e 460 kPa, a 10 cm de profundidade no estádio vegetativo e a 20 cm no de maturação, não afetou de forma significativa a produtividade de frutos comerciáveis.

A eficiência de uso de água pela cultura (EU), que, pela equação de regressão ajustada

(Tabela 3), variou de 135 a 190 kg de frutos comerciáveis por milímetro de água aplicada, foi afetada significativamente pela tensão de água no solo nos três estádios de desenvolvimento da cultura. Tanto no estádio vegetativo quanto no de maturação, houve redução linear de EU tanto menor era a tensão de água no solo, principalmente em razão do decréscimo de produtividade. Lin et al. (1983) também observaram redução de EU, de 230 para 100 kg/mm, quando a quantidade de água aplicada passou de 280 para 580 mm.

No estádio reprodutivo, a eficiência de uso de água apresentou relação quadrática com a tensão de água no solo, com um valor máximo de EU para a tensão de 280 kPa.

Qualidade de fruto

A percentagem de frutos-refugo aumentou linearmente com a redução da tensão de água no solo no estádio vegetativo (Tabela 3). O aumento do número de frutos-refugo, quando da manutenção de teores elevados de água no solo durante este estádio deveu-se, provavelmente, à maior incidência de doenças. A maior cobertura do solo promovida pela cultura, decorrente do maior crescimento vegetativo da parte aérea, aliado a irrigações freqüentes, pode ter propiciado condições microclimáticas favoráveis ao desenvolvimento de patógenos, aumentando a percentagem de frutos-refugo (Minami & Haag 1989).

No estádio reprodutivo a percentagem de frutos-refugo apresentou relação quadrática (Tabela 3), com uma percentagem mínima de refugos para a tensão de 276 kPa. A equação de regressão ajustada permitiu inferir que tanto teores elevados quanto baixos de água no solo, durante o estádio reprodutivo, foram responsáveis pelo aumento do número de frutos-refugo.

A percentagem de frutos com podridão apical, que variou entre 5,2 e 10,9%, aumentou significativamente com a redução da tensão de água no solo no estádio vegetativo, não tendo sido afetada pela tensão nos demais estádios (Tabela 3). Segundo Chamberlain (1983),

plantas de tomate com crescimento vegetativo vigoroso podem apresentar maior incidência de frutos com este distúrbio fisiológico.

A incidência de podridão apical também pode ser favorecida por tensões elevadas de água quando os níveis de cálcio no solo são baixos (Shaykewich et al. 1971). No entanto, para as tensões máximas utilizadas (460 kPa) e concentração de cálcio existente no solo (3,6 meq/100 g), não foi constatado aumento na incidência de frutos com podridão apical.

Nos dois anos de condução dos experimentos a ocorrência de frutos ocos ou rachados foi desprezível, não tendo sido detectada nenhuma relação com a tensão de água no solo. Segundo Minami & Haag (1989), tais distúrbios são atribuídos à excessiva umidade no solo, dentre outros fatores. Tais condições, no entanto, não foram verificadas no presente estudo, visto que no tratamento mais úmido a tensão variou entre 10 e 30 kPa.

A qualidade de frutos, avaliada pelo teor de sólidos solúveis (média de 4,4° Brix) e a acidez (pH médio de 4,3), não foi afetada por tensões de água no solo entre 30 e 460 ka. Choudhury & Millar (1978) também não verificaram variações significativas destes parâmetros para diferentes tensões de água no solo. Outros estudos, no entanto, como os realizados por Varga (1987) e Giardini et al. (1988), constataram que a manutenção de teores elevados de água no solo pode reduzir o teor de sólidos solúveis e a acidez de frutos.

Segundo Câmara et al. (1985), para que o tomate seja considerado de boa qualidade para o processamento, o teor de sólidos solúveis deve ser superior a 5° Brix e o pH deve estar entre 4,0 e 4,5. O baixo teor de sólidos solúveis encontrado pode decorrer do fato de as irrigações terem sido realizadas até por ocasião da última colheita.

Nenhum dos parâmetros estudados foi afetado significativamente pela tensão de água no solo durante o estádio de maturação. Isto sugere que durante este estádio poderiam ter sido praticadas tensões superiores a 460 kPa, ou até mesmo, terem sido paralisadas as irriga-

ções por ocasião da 1ª colheita, sem comprometimento de produtividade.

CONCLUSÕES

1. Houve redução linear do peso seco da parte aérea das plantas com o aumento da tensão de água no solo nos estádios vegetativo e reprodutivo.

2. Verificou-se um aumento linear do número de frutos por planta quando da manutenção de níveis elevados de água no solo até a 1ª colheita.

3. A percentagem de frutos-refugo aumentou linearmente com a redução da tensão de água no solo no estádio vegetativo. No estádio reprodutivo, tanto tensões elevadas quanto baixas proporcionaram um incremento de refugos.

4. A produtividade de frutos comerciáveis não foi afetada por tensões de água no solo entre 30 e 460 kPa durante os estádios vegetativo (a 10 cm de profundidade) e de maturação (a 20 cm).

5. Durante o estádio reprodutivo houve redução linear da produtividade de frutos comerciáveis com o aumento da tensão. Tensões de até 100 kPa, a 20 cm de profundidade, durante este estádio, não implicaram redução significativa da produtividade.

6. Houve incremento linear da eficiência de uso de água quanto maior a tensão de água no solo nos estádios vegetativo e de maturação. No estádio reprodutivo, a eficiência apresentou um valor máximo para a tensão de 280 kPa, a 20 cm de profundidade.

7. A percentagem de frutos com podridão apical aumentou de forma linear quando da manutenção de níveis elevados de água no solo durante o estádio vegetativo.

8. O teor de sólidos solúveis e a acidez de frutos não foram influenciados pelas tensões de água no solo.

REFERÊNCIAS

- BONET, C.; SOTOLONGO, B.; CORCHADO, E.I. Respuesta del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*) al agua em las distintas fases de su desarrollo. **Ciencia y Técnica en la Agricultura Riego y Drenaje**, v.4, n.1, p.5-17, 1981.
- CÂMARA, F.L.A.; SONNENBERG, P.E.; FILGUEIRA, F.A.R. **A cultura rasteira do tomateiro no Planalto Central Goiano**, Goiânia: EMGOPA, 1985. 26p. (Circular Técnica, 9).
- CANNELL, G.H.; ASBELL, C.W. Irrigation of field tomatoes and measurement of soil water changes by neutron moderation methods. **Journal American for Society Horticultural Science**, v.99, n.4, p.305-308, 1974.
- CERDA, A.; BINGHAM, F.T.; LABANAUSKAS, C.K. Blossom-end rot of tomato fruits as influenced by osmotic potential and phosphorous concentrations of nutrient solution media. **Journal American Society for Horticultural Science**, v.104, n.2, p.236-239, 1979.
- CHAMBERLAIN, E.E. Blossom-end rot of tomatoes. **New Zealand Journal of Agriculture**, v.46, p.293-296, 1983.
- CHOUDHURY, E.N.; MILLAR, A.A. Efeito do déficit fenológico de água sobre a produção e características industriais do tomate. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 4., 1978, Salvador. **Anais...** Brasília: AIBD, 1978. v.3, p.100-114.
- CHOUDHURY, E.N.; MILLAR, A.A.; CHOUDHURY, M.M.; ABREU, T.A.S. Níveis de irrigação na produção de tomate industrial. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE DE OLERICULTURA DO BRASIL, 17., 1977, Juazeiro. **Anais...** Brasília; EMBRAPA, 1979. p.165-166.
- DELL'AMICO, J.; JEREZ, E. Influencia de la humedad en el suelo en el crecimiento y desarrollo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), variedad Campbell 28. **Cultivos Tropicales**, v.4, n.3, p.577-586, 1982.
- FERREYRA, R.E. Efecto de diferentes alturas de agua sobre el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). 1. Relacion evapotranspiracion-rendimiento. **Agricultura Tecnica**, v.47, n.3, p.254, 1987.
- GIARDINI, L.; GIOVANARDI, R.; BORIN, M. Water consumption and yield response of tomato in relation to water availability at diffe-

- rent soil depths. **Acta Horticulturae**, v.228, p.119-126, 1988.
- HUGUET, C. Essais d'évaluation des besoins em eau de cultures maraichè sous climat méditerranéen. **Annales Agronomiques**, v.12, p.99-107, 1961.
- LIN, S.S.M.; HUBBEL, J.N.; TSOU, S.C.S.; SPLITTSTOESSER, W.E. Drip irrigation and tomato yield under tropical conditions. **Hort-science**, v.18, n.4, p.460-461, 1983.
- MINAMI, K.; HAAG, H.P. **O tomateiro**. 2.ed. Campinas: Fundação Cargil, 1989. 397p.
- SHAYKEWICH, C.F.; YAMAGUCHI, M.; CAMPBELL, J.D. Nutrition and blossom-end rot of tomatoes as influenced by soil water regime. **Canadian Journal of Plant. Science**, v.51, p.505-511, 1971.
- VARGA, G. The effect of irrigation on the quality of processing tomatoes. **Acta Horticulturae**, v.22, p.359-363, 1987.