

Avaliação de um sistema de raízes divididas de tomateiro cultivado em sistema hidropônico

Evaluation of a split root system of tomato plants grown in deep flow technique

*André Luís Soares¹; Derblai Casaroli²; Evandro Binotto Fagan²;
Daniel Moreira de Andrade¹; Luís Henrique Soares¹; Janaina Oliveira da Silva³;
Walquíria Fernanda Teixeira¹; Sabrina de Carvalho Canedo³*

1. Graduando do Curso de Agronomia, Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM)
 2. Professor do Doutorado do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM)
 3. Graduandas do Curso de Ciências Biológicas, Centro Universitário de Patos de Minas
-

Resumo: O tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.), da família das Solanáceas, é uma cultura que possui importância na economia brasileira e mundial. O cultivo hidropônico do tomateiro é uma técnica com a qual se pode obter maior produtividade e melhoria no controle de diversos fatores durante o ciclo produtivo. Entretanto, essa técnica ainda requer aprimoramento em vários aspectos, dentre eles, as doses de nutrientes na solução nutritiva. Este experimento foi realizado no Núcleo FAMI, localizado na cidade de Patos de Minas-MG, utilizando-se o cultivar Santa Clara em sistema hidropônico de cultivo, com raízes divididas. As plantas foram submetidas a três tratamentos de soluções nutritivas com diferentes concentrações de nutrientes, sendo T₁ = 0% e 100%; T₂ = 100% e 100%; T₃ = 50% e 100%, para os lados A e B, respectivamente. A utilização de doses maiores de solução nutritiva (100% - T₂ e 50% - T₃), promoveram incremento da fitomassa seca da raiz, caule, folhas e área foliar, além de aumentar o consumo hídrico. Este tipo de cultura requer grande quantidade de nutrientes, justificando o maior crescimento nessas condições. Nesse sentido torna-se relevante o uso de doses adequadas de solução nutritivas para o melhor desenvolvimento do tomateiro.

Palavras-chave: *Lycopersicon esculentum*; sistema de irrigação; hidroponia.

Abstract: Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) is a plant of the Solanaceae family, which has an economic importance, in the Brazil and in the world. Hydroponic tomato is a technique with which we can obtain greater productivity and improvement in the control of many factors during the productive cycle. However, this technique still requires some refinement in many aspects, especially in terms of nutrient levels in the nutritive solution. The present experiment was carried out in the FAMI group (UNIPAM), located in Patos of Minas-MG, Brazil. Santa Clara cultivar was cultivated in hydroponic system with divided roots. Three treatments were used, which contained different concentration of nutritive solutions, being: T₁ - 0% and 100%; T₂ - 100% and 100%; T₃ - 50% and 100%. Those concentrations were put in A and B sides of the pot respectively. The larger doses of nutrients (100% - T₂ and 50% - T₃) increased the dry matter of root, stem, leaves and leaf area. Water consumption increased, because that type of culture requires large amounts of nutrients, showing the greater growth in those conditions. The appropriated nutrition of the tomato plants allowed its better development.

Keywords: *Lycopersicon esculentum*; irrigation system; hydroponics.

Introdução

A cultura do tomate se destaca como uma das hortaliças mais cultivadas no Brasil, tendo importância econômica e social. Para o adequado crescimento, desenvolvimento, produção e qualidade de frutos desta cultura, há a necessidade de se realizar um adequado manejo fitossanitário e nutricional (FELTRIN et al., 2005). Assim, o cultivo hidropônico aparece como alternativa de cultivo para esta cultura, pois plantas bem nutridas, além de aumentar sua produção, diminuem a incidência de patógenos (MARSCHNER, 1995).

O cultivo hidropônico do tomateiro é uma técnica com a qual se pode obter maior produtividade e melhoria no controle de diversos fatores durante o ciclo produtivo (MARSCHNER, 1995).

Uma das características agronômicas de relevante importância é a exigência nutricional do tomateiro (MINAMI & HAAG, 2003). Sendo assim, Fayad et al. (2002) destacam que a utilização de técnicas como a hidroponia e a fertirrigação por gotejamento podem aumentar significativamente a absorção de nutrientes pelas raízes de culturas como o tomateiro, pois há uma maior distribuição destes nutrientes nas zonas próximas às raízes. Ainda, outros autores relatam que a produtividade do tomateiro produzido neste sistema de cultivo aumentou de 20% a 25% em relação ao cultivo em solo, devido a diversos fatores como solo extremamente pobre, presença de insetos e doenças (MARTINEZ et al., 1997). Entretanto, esta técnica ainda requer aprimoramento em vários aspectos, dentre os quais, referentes às doses de nutrientes na solução nutritiva (SCHNITZELR & MICHALSKY, 1992).

As raízes funcionam como sensores primários do “status” de água no solo, desempenhando importante papel na sinalização do fechamento estomático, quando as plantas são submetidas à baixa disponibilidade de água (MINGO et al., 2004).

A técnica de raízes divididas parcialmente irrigadas (RDPI) tem por objetivo induzir déficit hídrico em plantas, sem afetar o crescimento e/ou desenvolvimento destas, promovendo uma maior eficiência na extração da água pelas raízes (STIKIC et al., 2003; BRAVDO, 2005). Nas culturas de *Lycopersicon esculentum* Mill. (BRAVDO, 2005; KUDOYAROVA et al., 2007) e *Vitis* sp. (GREENSPAN et al., 1994), o sistema RDPI mostrou-se promissor, proporcionando equilíbrio entre o crescimento dos órgãos vegetativos e reprodutivos, melhorando assim a eficiência do uso da água sem perdas significativas na produtividade (STIKIC et al., 2003).

Contudo, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência do uso da água, e o crescimento de tomateiro, utilizando o sistema hidropônico de cultivo e a técnica de irrigação de raízes divididas.

Material e métodos

O experimento foi conduzido durante os meses de agosto a outubro de 2009, no núcleo FAMI (Núcleo de Pesquisas em Fisiologia Vegetal, Agroclimatologia, Modelagem na Agricultura e Irrigação), na Faculdade de Engenharia e Ciências Agrárias (FAECIA), do Centro Universitário de Patos de Minas (UNIPAM), na cidade de Patos de Minas, MG.

Foram cultivadas plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), em sistema hidropônico DFT (Deep Flow Technique), colocando-se uma planta por vaso, o qual

continha uma divisória de modo a separar as raízes da planta, possibilitando-se a aplicação dos tratamentos (diferentes concentrações de solução nutritiva) (tabela 1), diferenciados em cada um dos lados dos vasos. O transplante das mudas foi realizado no mês de agosto, 30 dias após a semeadura.

Os tratamentos constituíram de diferentes concentrações da solução nutritiva proposta, conforme segue: $T_1 = 0\%$ e 100% ; $T_2 = 100\%$ e 100% ; $T_3 = 50\%$ e 100% , para os lados A e B, respectivamente.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com nove repetições para cada tratamento. As variáveis avaliadas foram: análise de crescimento (fitomassa seca da folha, caule e raiz; e área folhar); consumo hídrico e eficiência do uso da água.

O sistema hidropônico foi constituído por: a) vasos plásticos: estes foram divididos em duas partes de igual volume, de modo a separar o sistema radicular de cada planta, os quais foram marcados em sua lateral interna por uma fita métrica, que serviu para obtenção da lâmina de água consumida (evapotranspiração, mm) em um período de tempo; b) mangueiras plásticas ligadas a um compressor de ar, que exerceu a função de oxigenação da solução nutritiva e, conseqüentemente, oxigenando o sistema radicular; c) temporizadores: utilizados para ligar/desligar o sistema de iluminação, permitindo um fotoperíodo de 12 horas (tabela 2). Este aparelho também foi utilizado para acionar/desacionar a bomba de ar, utilizado para a oxigenação da solução nutritiva, em que os horários de funcionamento foram pré-programados, com período intermitente (tabela 3); d) iluminação: este sistema foi constituído por seis lâmpadas fluorescentes (40 W/ lâmpada), e 11 lâmpadas incandescentes (100 W/ lâmpada), visando fornecer uma intensidade luminosa equivalente à radiação solar de um dia ensolarado (1000 W m^{-2}) (ANGELOCCI, 2002); e) sustentação da planta: foram utilizadas placas de isopor perfuradas, juntamente com uma esponja, que circundou o caule da planta.

A cada dois dias, foram mensurados o pH (potencial de hidrogênio) e a condutividade elétrica da solução nutritiva, e, diariamente, temperatura do ar e umidade relativa do ar. O tutoramento da cultura foi realizado com um fio de algodão, o qual foi amarrado na base do caule e afixado acima, no suporte para as lâmpadas. Foram feitas podas apicais, de maneira a deixar a planta a uma altura máxima de aproximadamente 0,70 m.

Para a obtenção da fitomassa seca de caule (FSC), folhas (FSF) e raízes (FSR), os órgãos das plantas foram colocados em sacos de papel e levados para estufa de secagem com ventilação forçada de ar a uma temperatura de $65 \text{ }^\circ\text{C}$, até atingir massa constante. As pesagens foram realizadas em balança digital com precisão de 0,001 g.

Os dados obtidos foram submetidos ao teste de Tukey, com nível de 5% de probabilidade de erro.

Resultados e discussão

Os tratamentos T_2 e T_3 não mostraram diferenças significativas quanto à fitomassa seca de raiz total (FSR_T), caule total (FSC_T) e folhas total (FSF_T), como também para o consumo hídrico. Entretanto, o tratamento T_1 apresentou valores estatisticamente significativos para todas as variáveis analisadas quando comparado aos demais tratamentos.

A variação da solução nutritiva no tratamento T_1 (0/100) provocou valores menores em relação aos T_2 e T_3 para as FSR_T , FSC_T , FSF_T e para o consumo de água. Isso se

justifica pela menor disponibilidade de nutrientes para as raízes divididas, uma vez que a disponibilidade dos mesmos está diretamente ligada ao desenvolvimento da planta.

De acordo com Fontes & Silva (2002), o tomate é considerado uma das hortaliças mais exigentes em nutrientes, sendo citado como uma das espécies que melhor responde a doses elevadas de adubos químicos. O ajuste adequado de uma solução nutritiva em sistema de hidroponia depende de vários fatores como espécie, variedade ou cultivar, estágio de desenvolvimento, parte da planta a ser colhida, fotoperíodo, temperatura e intensidade luminosa a que a planta está submetida (MARTINEZ et al., 1997).

A FSF_T de T_2 e T_3 não diferiu entre si, apesar de estes possuírem diferentes concentrações de solução nutritiva (100/100 e 50/100, respectivamente) (tabela 4). A FSC_T e FSR_T também não mostram diferenças estatísticas nesses tratamentos. Resultado semelhante foi encontrado em pesquisa realizada por Genúncio et al. (2006), sobre o crescimento e a produtividade do tomateiro em sistema de hidroponia em função da concentração iônica de solução nutritiva, em que se constatou que as diferentes concentrações não influenciaram a produtividade e o acúmulo de massa dos cultivares UC-82, Saladinha e T-93.

O consumo hídrico (CH) nas raízes submetidas a 100% da concentração mostrou diferenças entre T_1 e T_2 , porém não houve variação significativa entre T_2 e T_3 (tabela 5). O mesmo foi observado para as raízes submetidas a concentrações variadas, em que o T_2 e T_3 não diferiram entre si. Esses dois tratamentos apresentaram maior CH total e também maior área foliar. O incremento no consumo de água pode ser relacionado à maior taxa de transpiração, inferindo que ocorreu maior taxa metabólica nos tomateiros (FAGAN et al., 2009), o que foi verificado nos valores de FSR_T , FSC_T e FSF_T .

No tratamento T_1 verificou-se que, apesar de uma de suas raízes não possuírem solução nutritiva, este obteve eficiência do uso de água (EUA) aproximado aos valores encontrados em T_2 (figura 1). A EUA possibilita um manejo adequado de água durante o ciclo de uma cultura, favorecendo a produtividade da mesma. Entretanto, os valores de CH e área foliar (AF) foram menores, resultando no seu baixo desenvolvimento (FAGAN et al., 2009).

O T_3 mostrou mais eficiência do uso da água em relação aos demais tratamentos. Os valores de CH e AF foram semelhantes ao tratamento T_2 . A diferença de concentração de solução entre T_2 e T_3 demonstra que este último conseguiu manter seu desenvolvimento mesmo com a redução da disponibilidade de nutrientes, o que foi verificado nos valores de FSR_T , FSC_T e FSF_T .

Conclusão

Conclui-se com este trabalho que a eficiência do uso da água do tomateiro em sistema hidropônico de raízes divididas foi melhor quando utilizadas concentrações de 50% e 100% de solução nutritiva, apresentando também melhor crescimento dos órgãos da planta.

Referências

- ANDRIOLO, J. L. et al. Crescimento e desenvolvimento do tomateiro cultivado em substrato com reutilização da solução nutritiva drenada. *Horticultura Brasileira*, v. 21, p. 485-489, 2003.
- ANGELOCCI, L. R. *Água na planta e trocas gasosas / energéticas com a atmosfera*. Piracicaba: 2002.
- BRAVDO, B.A. Physiological mechanisms involved in the production of non-hydraulic root signals by partial rootzone drying: a review. *Acta Horticulturae*. VII International Symposium on Grapevine physiology and Biotechnology, 2005.
- FAGAN, E. B. et al. Eficiência do uso de água do meloeiro hidropônico. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 25, n. 2, p. 37-45, Mar./Apr, 2009.
- FAYAD, J. A. et al. Absorção de nutrientes pelo tomateiro cultivado sob condições de campo e de ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, v. 20, n. 1, p. 90-94, 2002.
- FELTRIM, A. L. et al. Produção de alface americana em solo e em hidropônica, no inverno e verão, em Jaboticabal, SP. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, v. 9, n. 4, 2005.
- FERNANDES, M. S. *Nutrição mineral de plantas*. Sociedade Brasileira de Solos. Viçosa, MG, 2006, 432 p.
- FIORI, M. P. *Comportamento de cultivares de tomateiro quanto à utilização de escórias siderúrgicas em ambiente protegido*. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade de Marília. Marília, SP, 2006.
- GREENSPAN, M.D. et al. Development changes in the diurnal water budget of the grape berry exposed to water deficits. *Plant Cell and Environment*, v. 17, 1994.
- HOAGLAND, D. R. & ARNON, D. I. The water culture method for growing plants without soil. *International Society for Soilless Culture*, 1993. p. 361-373.
- MALAVOLTA, E. *Manual de nutrição mineral de plantas*. São Paulo: Ceres, 2006. 638 p.
- MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. 2 ed. San Diego: Academic Press, 1995. 889p.
- MARTINEZ, H. E. P. et al. Cultivo hidropônico do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Revista UNIMAR*. Maringá, v. 19, n. 3, p. 721-740, 1997.
- MINAMI, K & HAAG, H. P. *O tomateiro*. 2 ed. Campinas: Fundação Cargill, 1989 n. 219, p. 27-34, 2003.
- MINGO, D. M. et al. Biomass allocation in tomato (*Lycopersicon esculentum*) plants grown under partial rootzone drying: enhancement of root growth. *Functional Plant Biology*, v. 31, 2004.

SCHNITZLER, W.H. & MICHALSKY, F. Experience and problems of growing tomatoes in expanded clay aggregate, in: *International congress on soilless culture*, Hunter's Rest, Proceedings. Wageningen. 1992.

STIKIC, R. et al. Partial root drying (PRD): a new technique for growing plants that saves water and improves the quality of fruit. *Bulg. J. Plant Physiol.* Special issue. 164-171. 2003.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. Trad. Eliane Romanato Santarém *et al.* 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

Figura 1. Valores da eficiência do uso da água (EUA) nos tratamentos T1, T2 e T3. Sendo valores de solução nutritiva de 0% no T₁, 100% no T₂ e 50% no T₃. T₁ = Tratamento 100/0; T₂ = tratamento 100/100; T₃ = tratamento 100/50. Patos de Minas, UNIPAM, MG, 2009.

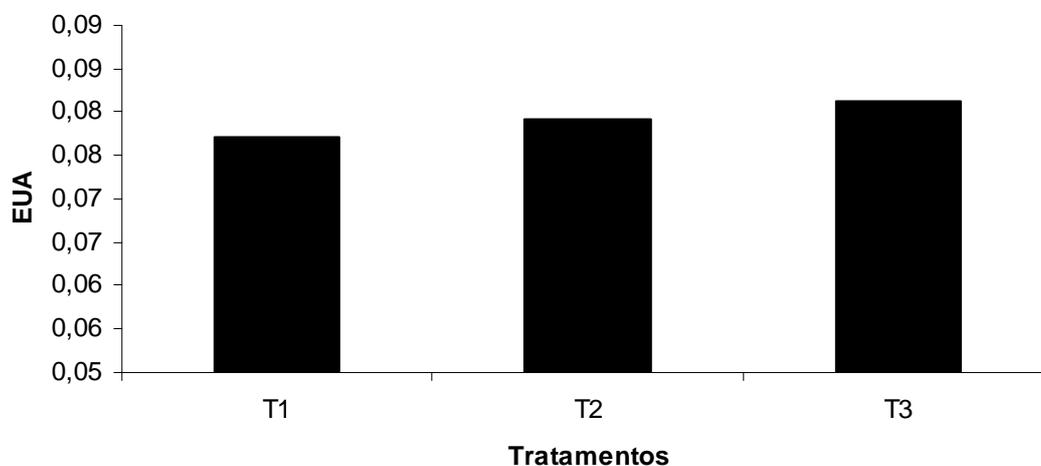


Tabela 1. Concentrações de nutrientes da solução nutritiva de HOAGLAND & ARNOLD (1993), ajustada aos tratamentos de 50% e 100%. Patos de Minas, UNIPAM, MG, 2009.

Fonte	g L ⁻¹	
	50%	100%
Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O	236.2	472.4
KNO ₃	101.1	202.2
KH ₂ PO ₄	136.1	272.4
MgSO ₄ .7H ₂ O	246.5	493
H ₃ BO ₃	2.86	5.72
MnCL ₂ .4H ₂ O	2.81	3.62
ZnSO ₄ .4H ₂ O	0.22	0.44
CuSO ₄ .5H ₂ O	0.08	0.16
H ₂ MoO ₄ .H ₂ O	0.02	0.04
Quelato de ferro	1	2

Tabela 2. Tempos de intermitência do sistema de iluminação na cultura do tomate. Patos de Minas, UNIPAM, MG, 2009.

LÂMPADAS	INTERMITÊNCIA	
	LIGA	DESLIGA
Fluorescente	07h00	19h00
Incandescente	08h30min	16h30min

Tabela 3. Tempos de intermitência do sistema de oxigenação da solução nutritiva utilizada na cultura do tomate. Patos de Minas, UNIPAM, MG, 2009.

HORÁRIOS	INTERMITÊNCIA	
	LIGADO	DESLIGADO
6h00 ate às 10h30min	15 min.	30 min.
10h30min ate as 16h00min	15 min.	15 min.
16h00 ate às 19h45min	15 min.	30 min.
19h45min ate as 0h15min	15 min.	1h
0h15min ate as 6h00	15 min.	2h

Tabela 4. Fitomassa seca de folhas (FSF_T), caule (FSC_T) e raízes (FSR), as quais foram submetidas a concentrações de 100% (FSR₁₀₀) e a diferentes concentrações (FSR_n), e fitomassa seca total de raízes (FSR_T), para a cultura de tomate. Patos de Minas, UNIPAM, MG, 2009.

	FSF _T	FSC _T	¹ FSR ₁₀₀	FSR _n	FSR _T	AF
 gm ²
² T ₁	2,34 b	2,80 b	0,6575 a	0,3275 b	0,9850 b	9,85 b
T ₂	4,61 a	5,12 a	0,8625 a	0,9387 a	1,8012 a	18,41 a
T ₃	4,27 a	5,19 a	0,9671 a	0,6757 a	1,6462 a	18,41 a
CV%	18,95	16,32	13,70	12,75	12,45	19,89

¹FSR₁₀₀: fitomassa seca de raízes que permaneceram em uma concentração de 100% da solução nutritiva; FSR_n: fitomassa seca de raízes submetidas a diferentes concentrações da solução nutritiva, em um dos lados do vaso. Tendo valores de 0% no T₁, 100% no T₂ e 50% no T₃. ²T₁ = Tratamento 100/0; T₂ = tratamento 100/100; T₃ = tratamento 100/50.

Tabela 5. Consumo hídrico das plantas de tomate (CH, mm d⁻¹), com raízes divididas, submetidas a diferentes concentrações da solução nutritiva, em um dos lados do vaso de cultivo, mantendo-se um dos lados a 100% da concentração; e eficiência do uso da água (EUA, g L⁻¹), correspondente à quantidade massa seca formada utilizando um litro de água. Patos de Minas, UNIPAM, MG, 2009.

	¹ CH ₁₀₀	CH _n	CH total	EUA
 mm d ¹ g L ⁻¹ ...
² T ₁	1,29 Ab ³	1,33 Ab	2,63 b	0,0771 b
T ₂	1,75 Aa	1,87 Aa	3,63 a	0,0792 b
T ₃	1,47 Aa	1,58 Aa	3,06 a	0,0813 a

¹CH₁₀₀: Consumo hídrico das raízes que permaneceram em uma concentração de 100% da solução nutritiva; CH_n: consumo hídrico das raízes submetidas a diferentes concentrações da solução nutritiva, em um dos lados do vaso; tendo valores de 0% no T₁, 100% no T₂ e 50% no T₃. ²T₁ = Tratamento 100/0; T₂ = tratamento 100/100; T₃ = tratamento 100/50. ³Médias seguidas por letras diferentes na linha e na coluna diferiram-se significativamente pelo teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro.