

Variabilidade espacial do sistema radicular do tomateiro e implicações no manejo da irrigação em cultivo sem solo com substratos¹

Waldir A. Marouelli²; Osmar A. Carrijo²; Sérgio Zolnier³

²Embrapa Hortaliças, C. Postal 218, 70359-970 Brasília-DF; E-mail: waldir@cnpq.embrapa.br; ³UFV, Depto. Engenharia Agrícola, 36571-000 Viçosa-MG

RESUMO

Avaliou-se a distribuição de raízes do tomateiro e a variabilidade horizontal do potencial matricial (Ψ_m) e da condutividade elétrica da solução em substratos, de fibra de coco verde, casca de arroz carbonizada, maravalha carbonizada e comercial, acondicionados em sacos de plástico do tipo bisnaga. Cada planta foi irrigada por um único gotejador, posicionado a 7 cm da mesma. Maior concentração de raízes e menores valores de Ψ_m , sob condições de déficit hídrico temporário, ocorreram junto às plantas, nos substratos de fibra de coco e casca de arroz, e junto aos gotejadores, nos de maravalha e comercial. A baixa concentração de raízes entre um gotejador e a planta subsequente, irrigada por outro emissor, ocorreu, provavelmente, pela alta condutividade elétrica da solução do substrato nessa região (até 8,3 dS m⁻¹). As correlações entre concentração de raízes versus Ψ_m e concentração de raízes versus condutividade foram significativas para todos os substratos. A avaliação da variabilidade do Ψ_m nos substratos, em plantas submetidas a déficit hídrico, permitiu avaliar qualitativamente a distribuição do sistema radicular do tomateiro, de forma mais prática que pelo método direto. Para fins de manejo da água, recomenda-se instalar os sensores de umidade entre a planta e seu respectivo gotejador.

Palavras-chave: *Lycopersicon esculentum*, condutividade elétrica, potencial matricial, potencial osmótico, tensiômetro.

ABSTRACT

Spatial variability of tomato rooting system and implications on irrigation management in soilless cropping with substrates

The distribution of tomato rooting system and horizontal variability of matric potential (Ψ_m) and electrical conductivity of the solution were evaluated on green coconut fiber, carbonized rice husk, carbonized coarse sawdust and commercial substrates packed in plastic bags. Each plant was irrigated by a single dripper, set up 7 cm apart. Higher root concentrations and lower Ψ_m , under temporary water deficit conditions, occurred close to the plant for coconut fibers and rice husk, and close to the dripper for coarse sawdust and commercial substrates. The lower root concentration between a dripper and the following plant, irrigated by another emitter, occurred probably due to the high electrical conductivity of the nutrient solution in that zone (up to 8.3 dS m⁻¹). Correlations between root concentration versus Ψ_m and root concentration versus electrical conductivity were significant for all substrates. Evaluation of Ψ_m variability on substrates for plants exposed to water deficit allowed a qualitative estimation of the root system distribution of tomato crop, easier than the direct method. For irrigation scheduling purpose, moisture sensors should be placed between the plant and its respective dripper.

Keywords: *Lycopersicon esculentum*, electrical conductivity, matric potential, osmotic potential, tensiometer.

(Recebido para publicação em 12 de dezembro de 2003 e aceito em 29 de novembro de 2004)

A maioria das hortaliças do tipo fruto produzidas sob estruturas de proteção em países como Holanda, Espanha e Israel é cultivada em substratos, diferentemente do que ocorre no Brasil. Nos últimos anos essa tendência chegou ao País, porém de forma pouco expressiva, devido ao alto custo e às particularidades no manejo de água e nutrientes associados a esse sistema de cultivo (Carrijo *et al.*, 2001). A técnica proporciona maior eficiência dos fatores de produção que o cultivo em solo. Substratos podem ser substituídos ou esterilizados a cada safra, minimizando a ocorrência de nematóides, bactérias e fungos patogênicos, que são os principais problemas do cultivo direto em solo sob cobertura plástica (Dekker, 1995).

O cultivo em substratos, acondicionados em recipientes de tamanho reduzido, restringe o volume de crescimento das raízes, cujas condições de contorno são determinadas pelos limites físicos do recipiente, pela disponibilidade de água e nutrientes, níveis de salinidade e aeração no substrato (Marfà e Guri, 1999). Devido ao reduzido volume de água disponível às plantas, as irrigações por gotejamento são realizadas em regime de alta frequência (até 15 vezes por dia) e baixo volume, assim como o fornecimento de nutrientes (Carrijo e Marouelli, 2002). Como resultado, o sucesso do cultivo em substratos depende da otimização do manejo da irrigação e nutrição.

No Brasil, as práticas de irrigação e fertilização de hortaliças cultivadas em substratos são, via de regra, baseadas em informações empíricas ou tecnologias trazidas de outros países, que muitas vezes resultam em insucesso (Furlan *et al.*, 1998). Ademais, informações geradas em outros países não devem ser utilizadas indiscriminadamente nas condições brasileiras, sem os devidos ajustes e validações (Fontes e Guimarães, 1999).

O manejo inadequado da irrigação pode levar as plantas a condições de deficiência hídrica, comprometendo a produção. Por outro lado, a aplicação de quantidades de água acima dos limites aceitáveis de drenagem aumenta o custo de produção, além de gerar poluição

¹ Trabalho realizado com recursos do PRODETAB, projeto n° 061-2/99.

ambiental devido à perda excessiva de nutrientes. Embora existam vários estudos na literatura estrangeira, ainda há substancial debate a respeito de métodos simples e precisos para manejo da irrigação em substratos (Norrie *et al.*, 1994; Carrijo e Marouelli, 2002).

Para maior eficiência do manejo de água em alguns tipos de substratos, sensores eletrônicos de umidade têm sido desenvolvidos e utilizados para o controle automático da irrigação. Devido a problemas de funcionamento e de tempo de resposta dos sensores, principalmente em substratos com predominância de macroporos, o procedimento normalmente usado em solo necessita ser ajustado à nova condição (Norrie *et al.*, 1994; Carrijo e Marouelli, 2002). Nesse aspecto, o conhecimento da variabilidade espacial do sistema radicular e da umidade no substrato é fundamental para definir o posicionamento de sensores, avaliar a dinâmica de água e nutrientes, ajustar o espaçamento entre gotejadores e proceder a análise de problemas que possam restringir o crescimento de raízes.

Existem vários procedimentos para a avaliação da distribuição do sistema radicular de plantas, sendo esses classificados em métodos diretos e indiretos. A avaliação pelo método direto é muito trabalhosa, principalmente em solos estruturados e substratos orgânicos contendo fibras, pois envolve a separação manual das raízes. Um procedimento indireto para avaliar o sistema radicular é a estimativa do uso de água no perfil de solo explorado pelas raízes (Atkinson e Mackie-Dawson, 1991).

Os objetivos do estudo foram: a) avaliar a variabilidade espacial do sistema radicular do tomateiro, do potencial matricial (Ψ_m) e da condutividade elétrica da solução nutritiva na zona radicular em diferentes substratos acondicionados em sacos de plástico do tipo bisnaga; b) avaliar a correlação entre distribuição horizontal de raízes e Ψ_m nos substratos; c) definir a posição de instalação de sensores de umidade para fins de manejo da água de irrigação.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido, em 2002, na Embrapa Hortaliças, Brasília (DF),

em uma casa de vegetação do tipo capela com janelas advecivas frontais. As avaliações foram realizadas, entre a 2ª e a 4ª colheita, em tomateiro cultivado em substratos de fibra de coco verde (peneira 10 mm), de casca de arroz e maravalha parcialmente carbonizadas, e de um produto comercial denominado Plantmax®.

Os substratos foram acondicionados em sacos de plástico do tipo bisnaga, de 105 cm de comprimento e 18 cm de diâmetro. O tomateiro foi cultivado no espaçamento de 100 cm x 35 cm, com três plantas por sacos de plástico e uma haste por planta.

Do transplante de mudas até o início das avaliações, os tratos culturais e o manejo de água e nutrientes foram feitos conforme descrito por Carrijo *et al.* (2001), sendo a condutividade elétrica da solução (CEs) nutritiva fornecida pelos gotejadores, no estádio de produção, de 1,8 dS m⁻¹. As irrigações foram realizadas automaticamente, com frequência de 5 a 15 vezes por dia. Foram utilizados gotejadores autocompensados com vazão nominal de 8 L h⁻¹ a 100 kPa. Por meio de distribuidores de quatro saídas, foi instalado um emissor do tipo estaca a 7 cm de cada planta. Macro e micronutrientes foram fornecidos, durante todo o tempo de irrigação, utilizando-se duas bombas injetoras hidráulicas, tipo pistão proporcional. Para minimizar o acúmulo de sais e o desbalanço de nutrientes no substrato, a quantidade de água aplicada a cada irrigação foi suficiente para proporcionar um volume médio de drenagem da ordem de 20% (Biernbaum, 1992; Norrie *et al.*, 1994).

As avaliações de todas as variáveis foram realizadas em dois sacos de plástico para cada tipo de substrato. A CEs, na zona radicular do tomateiro, foi a primeira variável apreciada. Para tal, nove extratores de solução, espaçados a cada 5 cm, foram instalados na região central de cada saco. Durante a determinação, realizada por dois dias consecutivos, o suprimento da solução nutritiva às plantas foi sob condições normais de manejo (CEs de 1,8 dS m⁻¹). As leituras de CEs foram realizadas com auxílio de um condutivímetro portátil por volta das 9:00, 12:00 e 16:00 horas.

A estimativa da variabilidade espacial da atividade radicular do tomateiro no perfil longitudinal dos sacos com substrato foi iniciada no dia seguinte ao da avaliação da CEs nos substratos. Para tal, as irrigações foram suspensas às 8:00 horas e as medições realizadas até que as plantas perdessem a turgescência (observação visual), mas antes de atingir o estado de murcha permanente. As medições de Ψ_m foram realizadas por um tensímetro digital, com sensibilidade de 0,1 kPa, e tensiômetros com cápsula porosa de 1,35 cm de diâmetro, 5,72 cm de comprimento e 50 kPa de pressão de borbulhamento. Cápsulas de 50 kPa foram utilizadas por permitirem reduzir o tempo de resposta às variações de umidade no substrato, comparativamente àquelas normalmente utilizadas em tensiômetros para uso em solo. Ao longo de cada saco com substrato foram instalados vinte tensiômetros, espaçados a cada 5 cm e com cápsula posicionada no centro do saco. As leituras dos tensiômetros foram realizadas de cinco a doze vezes por dia, entre 8:00 e 18:00 horas. Após perderem a turgidez, as plantas eram regadas por dois dias consecutivos, antes de ser realizada a próxima avaliação.

A distribuição do sistema radicular do tomateiro foi determinada pelo método direto das pesagens (Atkinson e Mackie-Dawson, 1991), logo após o término das medições de Ψ_m . As plantas foram eliminadas e os sacos cortados em fatias de 5 cm. Com auxílio de uma peneira de 0,1 mm, as raízes foram separadas manualmente, lavadas, secas em estufa a 60°C durante 48 horas e pesadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A massa de raízes de tomateiro no substrato de fibra de coco foi de 9,9 g, casca de arroz de 13,9 g, maravalha de 17,2 g e comercial de 23,6 g. A maior concentração de raízes ocorreu junto às plantas, nos substratos de fibra de coco e casca de arroz (Figuras 1 e 2), e junto aos gotejadores, nos substratos de maravalha e comercial (Figura 3 e 4). Similarmente, menores valores de Ψ_m ocorreram junto às plantas e aos gotejadores, dependendo do tipo de substrato utilizado (Figuras 1 a 4), indi-

cando uma maior extração de água pelas raízes, principalmente, na região entre as plantas e respectivos gotejadores.

Leituras de Ψ_m , realizadas uma hora após a suspensão das irrigações, variaram de -2 a -5 kPa, indicando boa distribuição de água ao longo de todos os sacos com substratos. Todavia, por ocasião da perda de turgescência das plantas, verificou-se grande variabilidade do Ψ_m (-7 a -47 kPa) nos substratos, o que foi devido à desuniformidade na absorção da água pelas raízes acarretada pela distribuição irregular do sistema radicular ao longo dos sacos (Figuras 1 a 4).

Para as condições em que o estudo foi realizado, o tempo médio de luz solar entre a suspensão das irrigações e a perda de turgidez das plantas (Ψ_m entre -34 e -41 kPa nos pontos críticos do substrato) foi de 8 horas no substrato comercial, 20 horas no de maravalha e 28 horas nos de fibra de coco e casca de arroz. Isso foi devido a dois fatores principais: a) menor capacidade de retenção de água do substrato comercial; b) maior quantidade de raízes no substrato comercial, que possibilitou às plantas permanecerem, por um maior tempo proporcional, transpirando numa taxa próximo da máxima após o corte no fornecimento de água, que aquelas com sistema radicular menos desenvolvido.

Pelo teste de Pearson, verificou-se a existência de correlações altamente significativas ($p < 0,01$) entre Ψ_m e concentração de raízes para todos os substratos avaliados. Dessa forma, a medição da variabilidade do Ψ_m no substrato, em plantas submetidas a condições de déficit hídrico temporário, permite avaliar qualitativa e quantitativamente a distribuição espacial do sistema radicular, de forma não destrutiva e menos trabalhosa que pelo método direto.

No intervalo entre um gotejador e a planta subsequente, irrigada por outro emissor, observou-se baixa concentração de raízes, alto Ψ_m e alta CEs (Figuras 1 a 4). Em termos gerais, maiores concentrações de raízes estiveram associadas às regiões de menor CEs, entre a planta e seu respectivo gotejador.

Correlações significativas também foram verificadas entre concentração de raízes e CEs para os substratos de

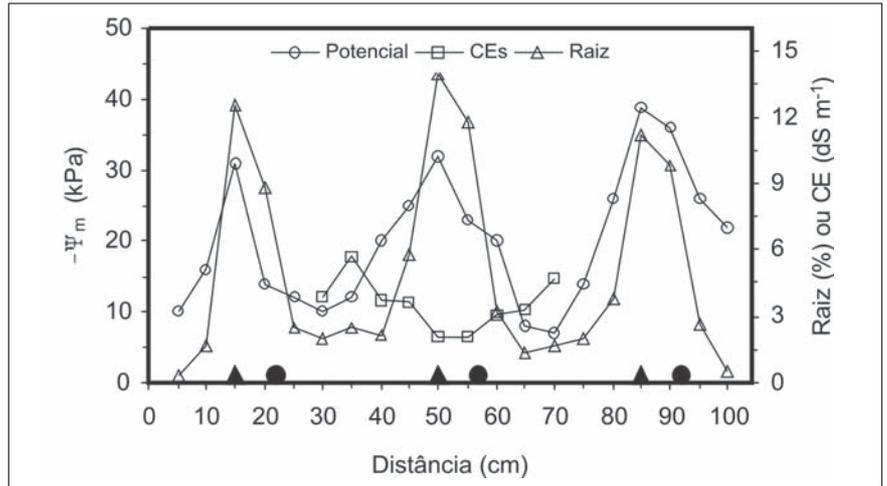


Figura 1. Distribuição do sistema radicular do tomateiro, do potencial matricial e da condutividade elétrica da solução em sacos de plástico com substrato de fibra de coco verde, em relação à planta (▲) e ao gotejador (●). Brasília, Embrapa Hortaliças, 2002.

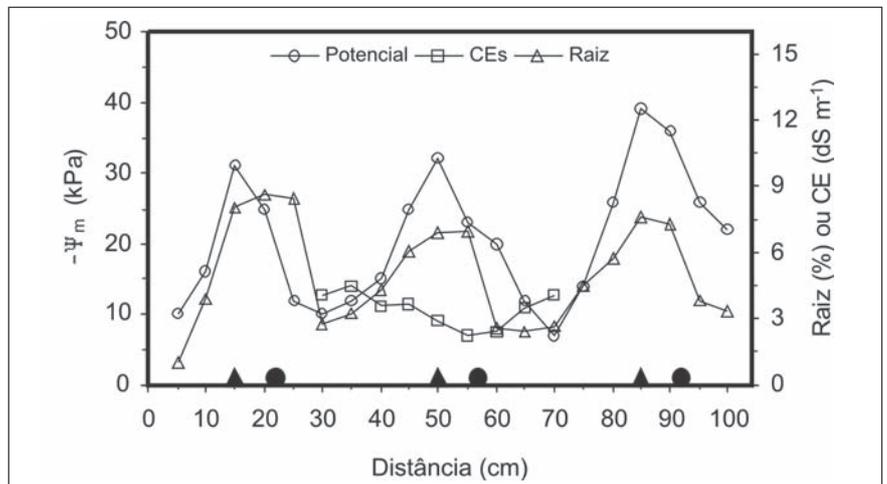


Figura 2. Distribuição do sistema radicular do tomateiro, do potencial matricial e da condutividade elétrica da solução em sacos de plástico de substrato de casca de arroz carbonizada, em relação à planta (▲) e ao gotejador (●). Brasília, Embrapa Hortaliças, 2002.

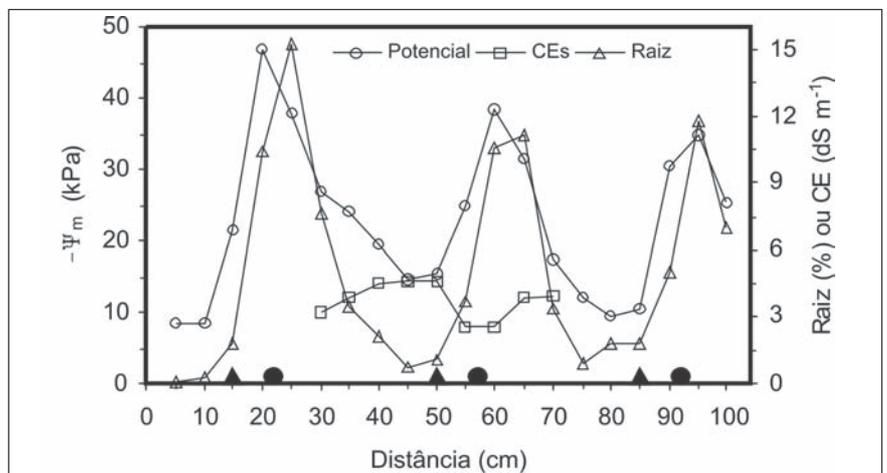


Figura 3. Distribuição do sistema radicular do tomateiro, do potencial matricial e da condutividade elétrica da solução em sacos de plástico de substrato de maravalha carbonizada, em relação à planta (▲) e ao gotejador (●). Brasília, Embrapa Hortaliças, 2002.

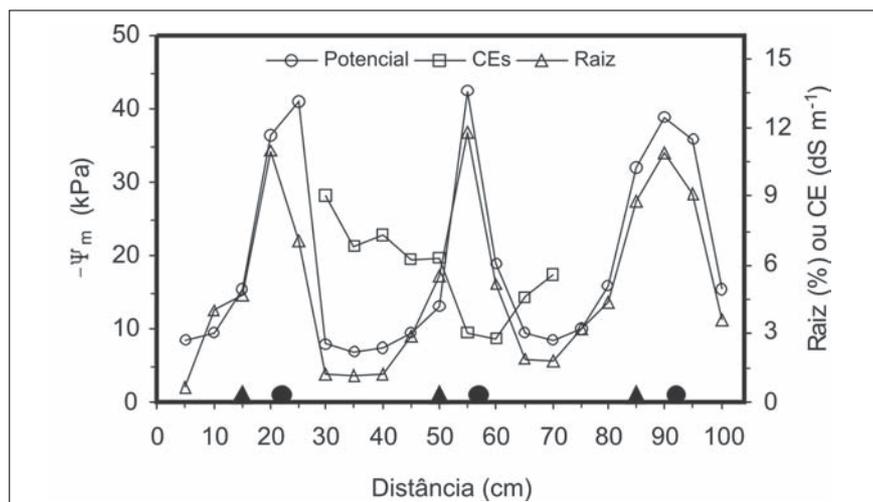


Figura 4. Distribuição do sistema radicular do tomateiro, do potencial matricial e da condutividade elétrica da solução em sacos de plástico de substrato comercial Plantmax®, em relação à planta (▲) e ao gotejador (●). Brasília, Embrapa Hortaliças, 2002.

maravalha, casca de arroz ($p < 0,01$), fibra de coco e comercial ($p < 0,05$).

Assim, considerando-se que, sob condições normais de irrigação, a disponibilidade de água ao longo dos sacos foi relativamente uniforme (Y_m entre -2 a -5 kPa), pode-se supor que a variabilidade horizontal de raízes foi determinada principalmente pela salinidade ao longo dos mesmos. A observação das Figuras 1 a 4 mostra que a CE variou de 2,0 a 8,3 dS m^{-1} , que corresponde a uma variação do potencial osmótico (Y_o) entre -72 e -290 kPa, segundo estimativa feita pela relação de Richards, $Y_o = -36$ CEs (Martínez, 1999).

Com base no estudo realizado pode-se ainda concluir que: a) para fins de determinação do momento da irrigação em tomateiro cultivado em substratos acondicionados em sacos de plástico do

tipo bisnaga, os sensores de umidade devem ser instalados entre a planta e seu respectivo gotejador, na zona de maior atividade radicular; b) tensiômetros com cápsula porosa de 50 kPa de pressão de borbulhamento mostraram-se viáveis para indicar o momento da irrigação nos substratos avaliados.

A redução do espaçamento entre gotejadores pode ser uma alternativa para minimizar os problemas de salinidade ao longo do saco e maximizar o volume de substrato explorado pelas raízes.

LITERATURA CITADA

ATKINSON, D.; MACKIE-DAWSON, L.A. *Root growth: methods of measurement*. In: SMITH, K.A.; MULLINS, C.E. (Eds.). *Soil analysis*. New York: Marcel Dekker, 1991. p.447-509.

BIERNBAUM, J.A. Root-zone management of greenhouse container-grown crops to control water and fertilizer use. *HortTechnology*, v.2, n.1, p.127-132, 1992.

CARRIJO, O.A.; REIS, N.V.B.; MAKISHIMA, N.; MOITA, A.W. Avaliação de substratos e de casas de vegetação para o cultivo de tomateiro na região de Brasília. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.19, 2001. Suplemento. CD-Rom. Trabalho apresentado no 41º Congresso Brasileiro de Olericultura, 2001, Brasília.

CARRIJO, O.A.; MAROUELLI, W.A. Manejo da irrigação na produção de hortaliças em cultivo protegido. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.20, n.2, 2002. Suplemento. CD-Rom. Trabalho apresentado no 42º Congresso Brasileiro de Olericultura, 2002, Uberlândia.

DEKKER, M. *Soilless culture: principles of soilless culture applied in the Netherlands and surrounding countries*. Wageningen: Agricultural University of Wageningen, 1995. 43 p.

FONTES, P.C.R.; GUIMARÃES, T.G. Manejo dos fertilizantes nas culturas de hortaliças cultivadas em solo, em ambiente protegido. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.20, n.200; p.36-44, 1999.

FURLAN, R.A.; BOTREL, T.A.; PAZ, V.P.S. Consumo de água pela cultura do crisântemo envasado sob condições de casa de vegetação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.2, n.1, p.52-55, 1998.

MARFÀ, O.; GURI, S. Física de substratos y oxigenación del medio radicular. In: FERNÁNDEZ, M.F. & GOMES, I.M.C. *Cultivos sin suelo II*. 2.ed. Almería: Dirección General de Investigación y Formación Agraria; FIAPA; Caja Rural de Almería, 1999. p.93-106.

MARTÍNEZ, F.C. Sistemas de cultivos hidropónicos. In: FERNÁNDEZ, M.F. & GOMES, I.M.C. *Cultivos sin suelo II*. 2.ed. Almería: Dirección General de Investigación y Formación Agraria; FIAPA; Caja Rural de Almería, 1999. p.207-228.

NORRIE, J.; GRAHAM, M.E.D.; GOSSELIN, A. Potential evapotranspiration as a means of predicting irrigation timing in greenhouse tomatoes grown peat bags. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, v.119, n.2, p.163-168, 1994.