

DISTRIBUIÇÃO DO SISTEMA RADICULAR DA MANGUEIRA SOB IRRIGAÇÃO LOCALIZADA EM SOLO ARENOSO DE TABULEIROS COSTEIROS¹

EUGÊNIO FERREIRA COELHO²; FRANCISCO DAS CHAGAS OLIVEIRA³; EUGÊNIO CELSO EMÉRITO ARAÚJO⁴; LÚCIO FLAVO LOPES VASCONCELOS⁴; DANIELA MIRANDA LIMA⁵

RESUMO – O trabalho teve por objetivo avaliar a distribuição de raízes de mangueiras sob irrigação localizada (gotejamento e microaspersão) em solo arenoso de Tabuleiros Costeiros. Foram feitas trincheiras a partir do tronco nas direções longitudinal e ortogonal à fileira de plantas e, pelo método do monólito, as raízes puderam ser extraídas do solo e, uma vez separadas, foram digitalizadas com uso de computador e “scanner”. Com uso do software Rootedge, foi possível a obtenção dos comprimentos e diâmetros dos segmentos de raízes de todas as amostras, permitindo um mapeamento desses parâmetros nos perfis amostrados. Os resultados mostraram distribuições de raízes assimétricas em relação ao tronco para os dois sistemas de irrigação localizada com possibilidade de maior atividade do sistema radicular para as plantas sob gotejamento (oito gotejadores de 4L.h⁻¹ por planta) em relação às plantas sob microaspersão (um emissor por planta de vazão 70L.h⁻¹). Os resultados enfatizaram o uso da fertirrigação como a maneira mais adequada de fertilização em irrigação localizada e permitiram definir regiões do sistema radicular para instalação adequada de sensores de água do solo.

Termos de indexação: raízes, imagens digitais, densidade de comprimento de raízes

ROOT DISTRIBUTION OF MANGO UNDER TRICKLE IRRIGATION IN A COAST PLAIN SAND SOIL

ABSTRACT – The objective of the work was to evaluate root distribution of mango under trickle irrigation (drip and microsprinkler) in a Coast Plain Sand Soil. Trenches were dug from the plant trunk longitudinally and orthogonally in respect to row plants. Afterwards, root samples were collected according to the monolith method and separated from the soil. They were scanned and digitized in a PC computer. Root length and diameter were determined by using Rootedge software that allowed to map root distribution on sampled soil profiles. Results showed no symmetry of root patterns to the trunk in both irrigation systems. Higher root activity is expected under drip irrigation (eight 4lph-drippers per plant) compared to microsprinkler (one 70 lph-emitter per plant). Results also emphasized fertigation as the most suitable means of fertilization of mango under trickle irrigation and allowed to define the most adequate zone of the soil profile around the trunk for soil water sensor placement.

Index terms: roots, digital image, root density length

INTRODUÇÃO

O sistema radicular das plantas cultivadas desempenha importante papel nos estudos das interações que ocorrem entre o solo, as plantas e outros organismos vivos, uma vez que o conhecimento da sua distribuição permite o uso mais racional de práticas de cultivo tais como de manejo e adubação do solo. O conhecimento da distribuição estática ou dinâmica do sistema radicular de qualquer cultura constitui-se, também, numa relevante ferramenta para a elaboração de um projeto, bem como num elemento essencial para qualquer plano de manejo da irrigação. Nesse contexto, em se tratando de irrigação localizada, ou microirrigação, apenas o conhecimento da profundidade efetiva do sistema radicular não é suficiente para inferir as zonas de absorção de água e nutrientes, uma vez que a geometria de distribuição de água é de caráter multidimensional, diferindo do caráter unidimensional da irrigação por aspersão. No que se refere ao manejo de irrigação, o conhecimento da distribuição

do sistema radicular é imprescindível para o posicionamento de sensores de água do solo.

Poucos estudos têm sido voltados para o sistema radicular da mangueira (*Mangifera indica* L.), principalmente considerando grupos de plantas de diferentes idades. O domínio e a distribuição do sistema radicular de uma mangueira, da mesma forma que em outras culturas, são funções das características físicas do solo, em especial da textura e estrutura (Avilan et al., 1984). Outros fatores que influenciam sensivelmente a distribuição do sistema radicular são: fatores genéticos, características do perfil do volume de solo, onde se desenvolve o sistema radicular, o teor de água do solo, que atua na resistência do solo à penetração das raízes e é componente da distribuição de água/ar, e a temperatura do solo (Klepper, 1987; Gregory, 1987).

Em se tratando do sistema radicular da manga, deve-se levar em conta o regime hídrico da cultura, isto é, se a mesma é ou não irrigada. Os padrões de distribuição das raízes da manga

¹ Trabalho nº 074/2000. Recebido: 19/05/2000. Aceito para publicação: 17/03/2001. Financiada pelo CNPq;

² Eng. Agrícola, Ph.D. Embrapa Mandioca e Fruticultura; C.P. 07; Cruz das Almas, BA, ecoelho@cnpmf.embrapa.br, Bolsista CNPq

³ Eng. Agrôn., B.S. Bolsista CAPES

⁴ Eng. Agrôn., M.S. Embrapa Meio Norte; C.P. 01; Teresina, PI, emerito@cpamn.embrapa.br

⁵ Estudante Agronomia – UFBA, Cruz das Almas, BA. Bolsista PIBIC/CNPq

irrigada, principalmente em regiões semi-áridas, devem diferir dos padrões de distribuição em condições não irrigadas, principalmente no caso do sistema de irrigação localizada por gotejamento, que limita o desenvolvimento das raízes, confinando-as em um volume de solo cujas condições de contorno são determinadas basicamente pela presença da água no solo e pela superfície do solo (Coelho e Or, 1996).

A determinação do comprimento dos segmentos de raízes tem sido feita por imagens digitais obtidas a partir de imagens trazidas do campo em câmera de vídeo (Box, 1996; Crestana et al., 1994) ou a partir de raízes passadas em "scanner" de computadores (Ewing e Kaspar, 1993; Coelho et al., 1999).

As informações sobre a distribuição do sistema radicular da manga não permitem, ainda, definir padrões de distribuição para sistemas específicos de irrigação, referindo-se, na maioria das vezes, às condições não irrigadas.

As maiores concentrações de raízes de manga têm sido verificadas à distância radial do tronco de 1,5m e às profundidades entre 0,2 e 0,5m (Avilan e Meneses, 1979; Santos, 1997), bem como, no caso de irrigação subcopia, tem-se verificado maior concentração de raízes às distâncias radiais do tronco entre 0,9 e 2,6m e a profundidades entre 0 e 0,60m (Choudhury e Soares, 1992).

O crescente aumento da área cultivada com manga irrigada, principalmente por sistemas pressurizados, tem criado uma demanda de conhecimento dos padrões de distribuição do sistema radicular da manga, principalmente sob irrigação localizada (microaspersão e gotejamento). Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar os padrões de distribuição do sistema radicular da mangueira sob dois sistemas de irrigação localizada (microaspersão e gotejamento) em solo arenoso de Tabuleiro Costeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na Embrapa Meio-Norte – CPAMN, no período entre 1997 e 1998, sendo a parte de campo executada na Unidade de execução de pesquisa – UEP/CPAMN de Parnaíba-PI, e a parte de laboratório no CPAMN, em Teresina. O clima da região é equatorial marítimo, com temperatura média de 27 °C, umidade relativa média do ar de 75 % e precipitação total anual entre 1000 e 1600 mm, concentrada no período janeiro-junho (EMBRAPA, 1992). O solo da área é classificado como Latossolo vermelho-amarelo de textura arenosa (areia franca) e pertence aos tabuleiros costeiros (Formação Barreiras do Terciário), cujas características físico-hídricas médias no perfil de 0 a 1,0m são: 480g de areia grossa por kg de solo, 387g de areia fina por kg de solo, 30g de silte por kg de solo, 103g de argila por kg de solo, densidade do solo de 1,71 kg.dm⁻³ e porosidade total de 0,35 m³.m⁻³.

Foram selecionadas duas plantas, cultivar Tomy Atkins, para avaliação de distribuição de raízes, sendo uma planta de um pomar com idade de nove anos, irrigado por gotejamento, com oito gotejadores de vazão 4L.h⁻¹ dispostos em linha, durante sete anos, tendo passado à disposição em anel, no oitavo ano. A outra planta, de mesma idade, foi irrigada em todo o período por microaspersão, com um microaspersor de vazão 70 L.h⁻¹ por planta. O espaçamento entre plantas foi de 9m x 7m.

Coleta das amostras

As amostras foram coletadas em trincheiras dispostas em cruz, tendo a planta no centro; dessa forma, foram abertas quatro trincheiras para cada planta em estudo. As trincheiras foram abertas junto à planta na direção da fileira e na direção ortogonal à direção da fileira de plantas (Fig.1). As amostras correspondentes a blocos de solo de 0,15m x 0,15m x 0,15m foram retiradas pelo método do monolito (Bhom, 1979) a partir do tronco até o semi-espaço entre plantas, quer na fileira de plantas, quer entre fileiras de plantas, conforme a Figura 1.

Processamento das raízes

As amostras de solo e raízes foram levadas ao laboratório, onde as raízes foram separadas do solo por lavagem com água. Uma vez individualizadas, as raízes de uma determinada posição no perfil do solo foram separadas conforme os diâmetros dos segmentos e colocadas em folhas de transparência. As folhas de transparência foram, em seguida, levadas a um "scanner" de resolução de 600 dpi, escala 100% e intensidade de 100 a 130% para raízes mais grossas e 43 a 62% para raízes mais finas (Kaspar e Ewing, 1997; Coelho et al., 1999). As imagens das raízes foram digitalizadas em arquivos TIFF (Tagged Image File Format).

Os arquivos TIFF foram, em seguida, descompactados e submetidos ao software Rootedge (Kaspar e Ewing, 1997) para a determinação das características geométricas: área, comprimento e diâmetro das raízes. Tendo em vista o número de arquivos ou o número de imagens geradas correspondentes a cada posição do perfil, os arquivos de saída do software Rootedge, para cada posição, tiveram vários valores de área, comprimento e diâmetro das raízes, conforme o número de arquivos gerados. Foi codificado um programa em Quick Basic para obter, a partir desses arquivos referentes a uma determinada posição no perfil, a soma total dos comprimentos das raízes para aquela posição do perfil e separar os valores de diâmetros em seis diferentes classes, conforme a Tabela 1 (Bohm, 1979). Os dados de comprimento de raízes permitiram a determinação da densidade de comprimento de raízes, pela razão entre o comprimento de todos os segmentos de raízes da amostra e o volume da mesma.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Gotejamento

A Figura 2 ilustra, para o sistema de irrigação por gotejamento, a distribuição de densidade de comprimento de raízes (DCR) para dois perfis do solo referentes a duas trincheiras cavadas longitudinalmente e ortogonalmente à fileira de plantas.

Os valores absolutos das densidades de comprimento de raízes, bem como a distribuição dos mesmos nos perfis avaliados, estão de acordo com os valores apresentados por Bowen (1985) para raízes de árvores (coníferas).

Em geral, a distribuição de raízes no perfil tanto longitudinal como ortogonal à fileira de plantas foi limitada pela distância horizontal do tronco de 3,5 m e pela profundidade de 1,4 m.

No perfil ortogonal à fileira de plantas (Fig. 2a), a DCR foi superior a 0,06 cm.cm⁻³ para distâncias horizontais inferiores

a 2m do tronco e profundidades entre 0 e 1,4m, com valores acima de $0,10 \text{ cm.cm}^{-3}$ para profundidades menores que 0,5m e distâncias horizontais do tronco iguais ou inferiores a 1,5m. A distribuição de raízes no perfil foi assimétrica em relação ao tronco. Essa assimetria foi consequência, entre outras razões, da maior seção molhada que predominou por sete anos no lado direito do tronco, onde passava a linha de gotejadores. A recente mudança da disposição linear para anel dos gotejadores pode ter sido uma das causas dos maiores valores da DCR a profundidades menores que 0,5m e a distâncias entre 0,5 e 2,0m à esquerda do tronco. Outra razão para esses altos valores de DCR nessas posições pode ter sido as adubações, normalmente realizadas à distância radial de 1,5m do tronco.

No perfil longitudinal à direção da fileira de plantas (Fig. 2b), houve maior expansão do sistema radicular tanto em distância horizontal como em profundidade, o que pode ser confirmado pelos valores de DCR a distâncias horizontais do tronco superiores a 2,0m. Essa maior expansão das raízes deve-se aos oito gotejadores dispostos por sete anos até a distância horizontal do tronco de 2,5m na direção longitudinal da fileira de plantas, o que resultou em maior área molhada no perfil e condições mais adequadas ao desenvolvimento de raízes. A DCR foi superior a $0,06 \text{ cm.cm}^{-3}$ para distâncias horizontais iguais ou inferiores a 3,0m do tronco e profundidades entre 0 e 1,4m. Os máximos valores de DCR foram observados a profundidades entre 0 e 0,7m e a distâncias horizontais do tronco de 1,9m (lado direito) a 2,4m (lado esquerdo). Também não houve simetria na distribuição das raízes em relação ao tronco.

A Figura 3 ilustra a distribuição das percentagens de comprimentos de raízes de diferentes diâmetros, no lado esquerdo do tronco, para os perfis ortogonal e longitudinal à direção da fileira de plantas.

A avaliação dos diâmetros das raízes no perfil ortogonal à direção das fileiras de plantas mostrou maior predomínio de raízes finas (0,5 – 2 mm) para distâncias horizontais do tronco de até 1,8 m e profundidades de até 0,7m. As raízes pequenas (2-5 mm) tiveram maior abrangência no perfil até 3m de distância horizontal e profundidade de 1,4m, embora com pequena presença para distâncias horizontais do tronco acima de 2,0m. As raízes de diâmetro superior a 5 mm tenderam a se concentrar a distâncias próximas ou inferiores a 2 m do tronco, a profundidades entre 0 e 1,4 m. Com base no fato de as raízes de menor diâmetro serem as mais ativas quanto à absorção de água e nutrientes, pode-se considerar a região de maior atividade das raízes aquela limitada pela distância horizontal de 1,8 m e profundidade de 0,7m.

No perfil longitudinal à direção das fileiras de plantas, nos lados direito e esquerdo do tronco, as raízes finas (0,5 – 2 mm) e pequenas (2-5 mm) ocuparam todo o perfil limitado pela distância horizontal do tronco de 3 m até a profundidade de 1,4m, embora as maiores percentagens de raízes desses diâmetros tenham sido verificadas, principalmente, entre 1,0 e 2,0 m de distância do tronco e a profundidades entre 0 e 1,0 m. De modo geral, as raízes de maior diâmetro tenderam a se concentrar a menores distâncias horizontais do tronco.

Microaspersão

A Figura 4 ilustra, para o sistema de irrigação por microaspersão, a distribuição de densidade de comprimento de

raízes (DCR) para dois perfis do solo referentes a duas trincheiras cavadas, uma longitudinalmente e outra ortogonalmente à fileira de plantas. O sistema radicular sob irrigação por microaspersão apresentou-se menos denso nos dois perfis, isto é, com menores valores de DCR comparados aos obtidos no sistema radicular sob gotejamento nas mesmas posições.

No perfil longitudinal à fileira de plantas (Fig. 4a), a microaspersão apresenta maior densidade de comprimento de raízes nas regiões limitadas pelas distâncias horizontais do tronco de 0 a 3,0 m e profundidades variando de 1,2m (até a distância horizontal de 0,5m do tronco) e entre 0 e 0,6m para distâncias horizontais superiores a 0,5m.

No perfil ortogonal à direção das fileiras de plantas (Fig. 4b), as maiores densidades de raízes foram verificadas a distâncias horizontais entre 0 e 1,5m (profundidades até 1,4m) e para distâncias horizontais do tronco de 1,5m a 2,5m (profundidades entre 0 e 0,6m).

A Figura 5 ilustra a distribuição das percentagens de comprimentos de raízes de diferentes diâmetros, no lado esquerdo do tronco, para os perfis ortogonal e longitudinal à direção da fileira de plantas sob microaspersão.

No perfil ortogonal à direção da fileira de plantas, as raízes muito finas (0 - 0,5mm) bem como as maiores percentagens de raízes finas (0,5 - 2mm) foram encontradas a profundidades entre 0 e 0,6m para distâncias horizontais do tronco de até 2m. As raízes de diâmetro entre 2mm e 10mm tiveram maiores percentagens de incidência para distâncias horizontais de até 1m, para profundidades de 0 a 1,5m, ocorrendo, também, em menores percentuais a distâncias superiores. No caso dos diâmetros acima de 10mm, a maior incidência ocorreu para distâncias horizontais de até 0,5m e profundidades de 0 a 1,5m.

No perfil longitudinal à direção da fileira de plantas, as raízes muito finas (0 - 0,5mm) ocorreram entre as profundidades de 0,4 a 0,8m para distâncias horizontais menores que 1,0m. As raízes finas (0,5 – 2,0mm) ocorreram até a profundidade de 1,5m para distâncias horizontais de até 3,0m; entretanto, as maiores percentagens de incidência ocorreram para profundidades de 0 a 0,8m, para distâncias horizontais entre 1 e 2m. As raízes pequenas (2,0 – 5,0mm) também ocorreram em todo o perfil com maiores valores para distâncias horizontais entre 0 e 2 m. As raízes acima de 5,0mm de diâmetro ocorreram para as profundidades de até 1,5m, para distâncias horizontais inferiores a 2m, sendo que o aumento do diâmetro correspondeu a menores distâncias horizontais do tronco.

Nos perfis avaliados, tanto na direção da fileira de plantas, como na direção ortogonal à fileira de plantas, para os dois sistemas de irrigação, houve coincidência entre as regiões de maiores valores de densidade de comprimento das raízes e as regiões de maior percentagem de raízes muito finas e finas, consideradas as maiores responsáveis pela atividade de absorção de água e nutriente.

Nos perfis avaliados, nos dois sistemas de irrigação, também não houve simetria quanto à distribuição das raízes em relação à posição do tronco, tanto para densidade de comprimento como para diâmetro. Mesmo assumindo uniformidade na área experimental, pode-se afirmar que as distribuições de DCR e de diâmetros para outras árvores não serão semelhantes às obtidas; entretanto, espera-se que os padrões de distribuição das raízes quanto aos limites das regiões contendo as diferentes classes de

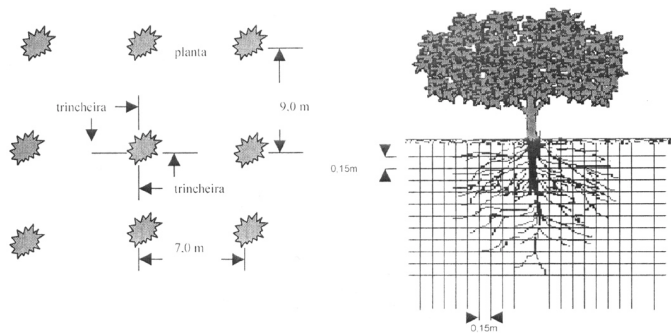
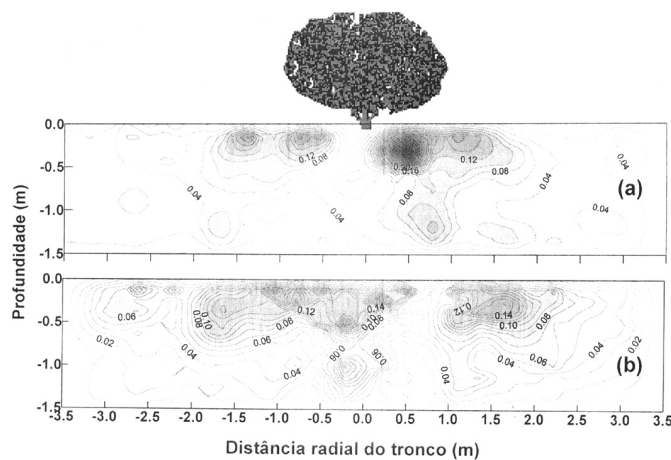


FIGURA 1 - Posições das trincheiras e malha indicando no perfil as posições de coleta de amostras de solo e raízes.



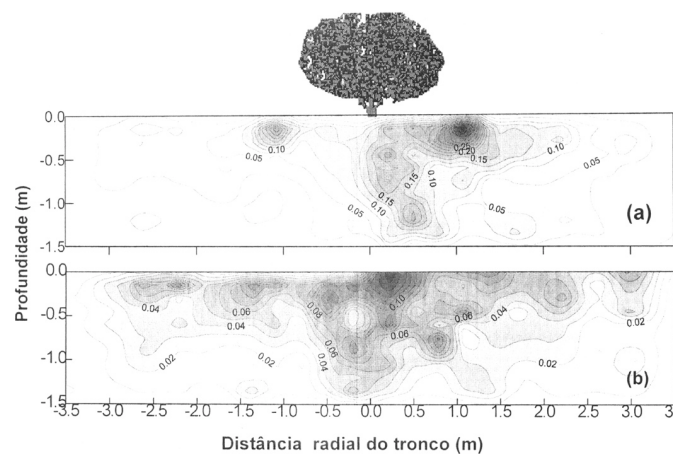


FIGURA 4 - Distribuição de densidade de comprimento de raízes (cm.cm⁻³) em dois perfis (a) na direção ortogonal a fileira de plantas, (b) na direção longitudinal a fileira de plantas, sob sistema de irrigação de microaspersão.

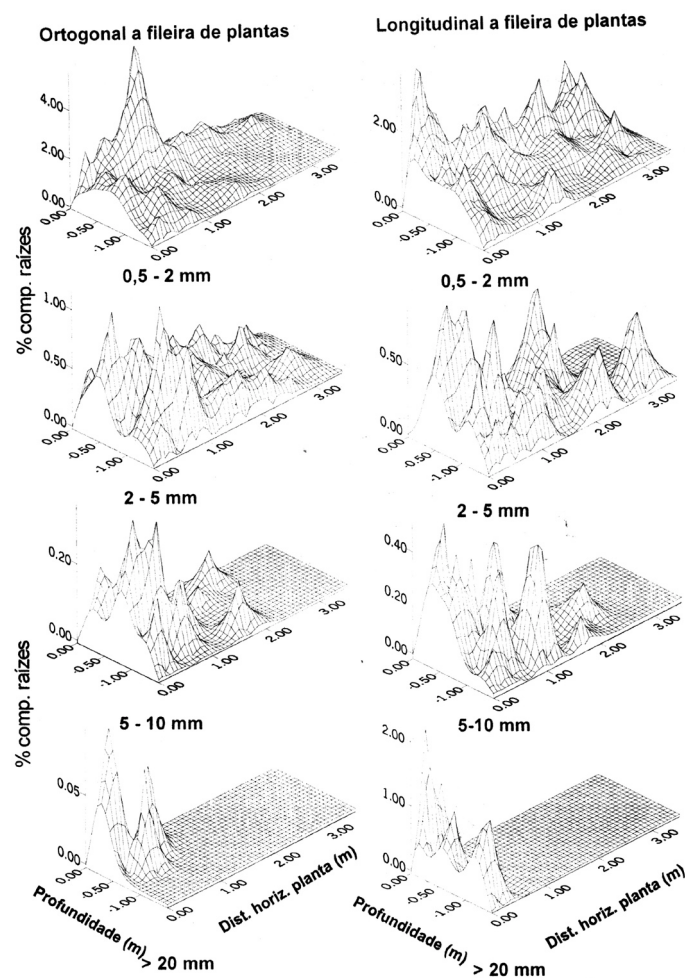


FIGURA 5 - Percentagens de comprimento de raízes de diferentes diâmetros relativo ao comprimento total de raízes em dois perfis (ortogonal a fileira de plantas e longitudinal a fileira de plantas), sob microaspersão, tendo a planta na posição (0, 0, 0).

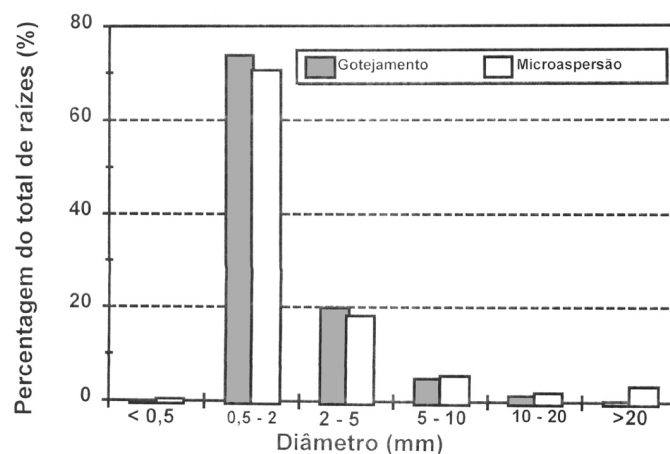


FIGURA 6 - Percentagem de comprimento de raízes em diferentes classes de diâmetro relativa ao comprimento total de raízes de todos os perfis avaliados, sob gotejamento e microaspersão.

diâmetros e DCR sejam uniformes. A uniformidade desses padrões de distribuição de raízes deve-se, principalmente, ao fato de que a tensão de água do solo, ou o teor de água, é o fator principal que favorece o desenvolvimento e a atividade das raízes durante o período seco do ano que se estende por, pelo menos, seis meses. A uniformidade de distribuição dos gotejadores e dos microaspersores em relação às plantas resulta numa geometria de fluxo de água uniforme no solo nas áreas sob os dois sistemas de irrigação.

As distribuições de raízes avaliadas nos dois sistemas de irrigação permitem definir as regiões do solo ao redor da planta mais propícias tanto para aplicação de fertilizantes como para instalação de sensores de água do solo para monitoramento da irrigação.

Considerando o sistema de irrigação por gotejamento, com oito gotejadores de 4 L.h⁻¹ em linha, verifica-se que as posições mais adequadas de instalação de sensores de água do solo variam com a direção em relação ao tronco: (i) na direção longitudinal à fileira de plantas, os sensores devem ser instalados entre 0 e 2 m do tronco e nas profundidades entre 0 e 0,6m; (ii) na direção ortogonal à direção da fileira de plantas, a posição mais adequada para a instalação dos sensores está entre 0 e 1,7m do tronco e nas profundidades entre 0 e 0,6 m.

As posições mais adequadas para a instalação dos sensores de água do solo no volume molhado gerado por microaspersores de vazão nominal de 70 Lh⁻¹, tanto na direção longitudinal como ortogonal à fileira de mangueiras de oito anos, situam-se entre 0 e 0,6m de profundidade, principalmente entre 0,4 e 0,6m e à distância horizontal do tronco de 0 a 2,0m, principalmente a distâncias próximas de 1,0m.

As profundidades de instalação dos sensores, com base na distribuição do sistema radicular para as condições desse trabalho, coincidem com aquelas sugeridas por Soares e Costa (1995) para mangueira com irrigação subcopa; entretanto, as distâncias horizontais do tronco para o gotejamento e microaspersão são, em geral, inferiores às recomendadas pelos mesmos autores para irrigação subcopa.

Os resultados de distribuição de raízes para gotejamento e microaspersão apresentados reforçam a recomendação da

TABELA 2 - Percentagens dos comprimentos de raízes referentes a classes de diferentes diâmetros em relação ao comprimento total coletado nos perfis, na direção da fileira de plantas (P) e ortogonal à direção das fileiras (F).

Sistema irrigação	Posição do perfil	Classes de diâmetro (mm)					
		< 0,5	0,5 – 2,0	2,0 – 5,0	5,0 – 10,0	10,0 – 20,0	> 20
		% comprimento total de raízes					
Gotejamento	F	0	73,6	20,1	5,0	1,1	2,0
Gotejamento	P	0	73,8	19,5	4,7	1,5	0,4
Microaspersão	F	0,2	68,9	22,4	5,4	2,5	0,6
Microaspersão	P	0,7	72,1	13,9	5,7	1,5	6,0

fertirrigação como alternativa mais adequada de aplicação de fertilizantes ao solo, uma vez que, com a fertirrigação, todo o volume de solo explorado pelas raízes de absorção (provavelmente as finas e muito finas) recebe os nutrientes num pequeno período de tempo, permitindo absorção quase simultânea de uma maior quantidade de raízes, enquanto, na aplicação via solo a distâncias determinadas do tronco, apenas parte do sistema tem acesso aos nutrientes, sendo necessário um maior tempo para a mobilização dos mesmos no solo ou para o desenvolvimento das raízes em direção aos mesmos.

O comprimento total de raízes amostradas nos perfis sob gotejamento foi 21% superior ao comprimento total das raízes nos perfis sob microaspersão, o que demonstra que o número adequado de gotejadores em fruteiras compensa a maior distribuição superficial de água e a aparente maior área molhada resultante da microaspersão. A Tabela 2 apresenta os valores absolutos das percentagens dos comprimentos de raízes referentes às diferentes classes de diâmetros em relação ao comprimento total, para os perfis longitudinais e ortogonais à fileira de plantas sob irrigação por microaspersão e gotejamento. As maiores diferenças entre as percentagens de comprimento de raízes ocorreram para os diâmetros acima de 10mm.

A Figura 6 mostra as percentagens de comprimento de raízes para dada classe de diâmetro em relação ao comprimento total de raízes dos perfis sob gotejamento e microaspersão. No caso do gotejamento, 93% do comprimento total de raízes pertenceu às classes de diâmetro entre 0,5 e 5,0mm; no caso da microaspersão, 88,7% do comprimento total de raízes pertenceu a essa mesma classe, tendo havido, portanto, maior comprimento de raízes pertencentes às classes de diâmetro maior (acima de 5mm) para a planta sob microaspersão. Esse comportamento indica que a atividade do sistema radicular das plantas sob gotejamento pode ser mais eficiente que a atividade do sistema radicular das plantas sob microaspersão.

CONCLUSÕES

1 - Houve coincidência entre as regiões de maiores valores de densidade de comprimento das raízes e as regiões de maior percentagem de raízes muito finas e finas, consideradas as maiores responsáveis pela atividade de absorção de água e nutriente.

2 - Nos perfis avaliados, nos dois sistemas de irrigação, não houve

simetria quanto à distribuição das raízes em relação à posição do tronco, tanto para densidade de comprimento como para diâmetro de raízes.

3 - As posições mais adequadas de instalação de sensores de água do solo para os dois sistemas de irrigação devem situar-se entre 0 e 2 m do tronco e a profundidades entre 0 e 0,6m.

4 - Houve maior percentagem de raízes muito finas e finas nos perfis de solo sob gotejamento em relação à microaspersão, indicando a possibilidade de maior atividade do sistema radicular nesse sistema de irrigação com oito gotejadores por planta.

5 - Os resultados de distribuição de raízes para gotejamento e microaspersão apresentados reforçam a recomendação da fertirrigação como alternativa mais adequada de aplicação de fertilizantes ao solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AVILAN, L. R.; GARCIA, M. L.; LEAL, F.; SUCRE, R. Estudio del sistema radical del limon criollo (*Citrus aurantifolia*) swing, en un suelo de origen aluvial. **Revista Faculdade Agronomia**, Maracay, v. 13, p. 61-72, 1984.

AVILAN, L.R.; MENESES L. Efecto de las propiedades físicas del suelo sobre la distribución de las raíces del mango (*Mangifera indica* L.). **Turrialba** v.29, n. 2, p.117-121, 1979.

BOHM, W. **Methods of studing root systems**. New York: Springer verlag, 1979. 190 p.

BOX, J.E. Modern methods for root investigations. In: WAISEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKAFI, U. (Ed.) **Plant roots: The hidden half**. New York: Marcel Dekker, 1996. p. 193-233.

BOWEN, G.D. Roots as a component of tree productivity. In: CANNELL, M.G.R.; JACKSON, J.E. **Trees as crop plants**. Great Britain: Institute of Terrestrial Ecology, 1985. p.303-315.

COELHO, E.F.; D. OR. A parametric model for two-dimensional water uptake by corn roots under drip irrigation. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 60, p.1039-1049, 1996

COELHO, E.F.; OLIVEIRA, F.C.; VASCONCELOS, L.F.L.; ARAUJO, E.C.E. Comparação de métodos de obtenção de

imagens digitais de raízes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28., 1999, Pelotas. **Anais...** Pelotas:SBEA/UFPEL-FEA, 1999. CD-ROM.

CHOUDHURY, E.N.; SOARES, J.M. Comportamento do sistema radicular de fruteiras irrigadas. I. Mangueira em solo arenoso sob irrigação por aspersão sobcopia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.14, n.3, p.169-176, 1992.

CRESTANA, S.; GUIMARÃES, M.F.; JORGE, L.A.C.; RALISCH, R.; TOZZI, C.L.; TORRE, A.; VAZ, C.M.P. Avaliação da distribuição de raízes no solo auxiliada por processamento de imagens digitais. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v.18, n.3, p.365-371, 1994.

EMBRAPA. Centro Nacional de Agricultura Irrigada (Parnaíba, PI). **Boletim Agrometeorológico**. Parnaíba: EMBRAPA-CNPAP, 1992, 44p. (EMBRAPA-CNPAP. Boletim Agrometeorológico, 3).

EWING, R.P.; KASPAR, T.C. Accurate perimeter and length measurement using the edge cord algorithm. **Journal Computer-Assisted Microscopy**, v.7, p. 91-100. 1993.

GREGORY, P.J. Development and growth of root systems In plant communities. In: Gregory, P.J.; Lake, J.V.; Rose, D.A. **Root development and function**. New York: Cambridge University Press. 1987. p.146-166.

KASPAR, T. C. ; EWING, R. P. Rootedge: Software for measuring root length from desktop scanner images. **Agronomy Journal**, v. 89, p.932-940. 1997.

KLEPPER, B. Origin, branching and distribution of root systems. In plant communities. In: Gregory, P.J.; Lake, J.V.; Rose, D.A. **Root development and function**. New York: Cambridge University Press. 1987. p.103-123.

SANTOS, C. A. S. **Distribuição espacial e absorção de água pelo sistema radicular da cultura da manga (*Mangifera indica* L.) irrigada por microaspersão**. Piracicaba: USP, 1997. 51p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz, Universidade de São Paulo, 1997.

SOARES, J.M; COSTA, F.F. Irrigação. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico semi-árido (Petrópolis-PE), **Informações técnicas sobre a cultura da manga no semi-árido brasileiro**. Brasília:EMBRAPA - SPI, 1995.p.43-80.