

Capítulo 16

Irrigação e fertirrigação na cultura da manga

 José Maria Pinto
Davi José da Silva
Eugênio Ferreira Coelho

Introdução

A irrigação teve avanço considerável nas últimas décadas tanto no que diz respeito ao aprimoramento de novos métodos de se levar água ao solo e às culturas, como no incremento de novas áreas irrigadas. Entre as vantagens da irrigação, está aquela que possibilita utilizar o próprio sistema de irrigação como meio condutor e distribuidor de produtos químicos como fertilizantes, inseticidas, herbicidas, nematicidas e reguladores de crescimento, simultaneamente com a água de irrigação, prática conhecida atualmente como “quimigação”.

Fertirrigação é a aplicação de fertilizantes via água de irrigação. Trata-se de uma técnica de aplicação simultânea de fertilizantes e água por meio de um sistema de irrigação. Caracteriza-se por ser uma prática agrícola essencial ao manejo de culturas irrigadas quando se utilizam sistemas de irrigação localizada, e por ser uma das maneiras mais eficientes e econômicas de aplicar fertilizante às plantas, principalmente em regiões de climas árido e semiárido. Aplicando-se os fertilizantes em menor quantidade por vez, mas com maior frequência, é possível manter um teor uniforme de nutrientes no solo durante o ciclo da cultura, o que aumentará a eficiência do uso de nutrientes pelas plantas e, conseqüentemente, a sua produtividade.

A agricultura irrigada no Nordeste brasileiro desempenha um papel significativo no desenvolvimento regional. A irrigação exige um alto padrão tecnológico, *que tem por objetivo proporcionar a melhor oportunidade de aplicação de novas tecnologias, e a redução de custos dessas tecnologias precisa ser estudada em profundidade.*

A mangueira é uma planta cultivada em todo o mundo, em diversas condições de solo e de clima. Muitas vezes, o desconhecimento do solo e, principalmente, da exigência nutricional da planta leva à prática de adubação inadequada, e isso afetará significativamente tanto o desenvolvimento quanto a produtividade da mangueira.

Embora a fertirrigação apresente vantagens, existe uma carência de informações sobre período de aplicação, frequência, doses e tipos de fertilizantes para a maioria das culturas irrigadas.

Com o objetivo de gerar tecnologias para áreas irrigadas, a Embrapa vem desenvolvendo pesquisas para solucionar os problemas e definir critérios técnicos da aplicação de fertilizantes por meio de sistemas de irrigação.

Métodos de irrigação

A cultura da manga em condições irrigadas vem sendo praticada principalmente no Semiárido, onde os recursos hídricos são escassos e a racionalidade no uso da água é um imperativo, isto é, a eficiência da irrigação deve ser a maior possível. Com relação a esse aspecto, o método de irrigação por superfície, que, em geral, é considerado de eficiência menor que os métodos pressurizados, tem sido o menos adotado.

A irrigação por aspersão, além do maior consumo de energia, apresenta eficiência de aplicação entre 50% e 75%, o que indica perdas significativas de água (ALLEN, 1992). Valores baixos do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) devem-se à interceptação do jato d'água pela copa das plantas e ao umedecimento das entrelinhas (100% de área molhada), o que favorece o desenvolvimento de plantas daninhas. Tais desvantagens agravam-se na floração, quando os jatos podem causar redução do número de panículas e afugentar os insetos polinizadores (SILVA et al., 1996).

O sistema de irrigação mais comumente usado para a mangueira é a microaspersão, principalmente pela maior área molhada que proporciona em relação ao gotejamento em solos de textura média a arenosa (ALLEN, 1992). Os sistemas de microaspersão geram eficiência de aplicação entre 70% e 95%. Os microaspersores apresentam vazões entre 15 L h^{-1} e 200 L h^{-1} , e operam com pressões na faixa de 80 kPa a 350 kPa.

O sistema de gotejamento é também de alta eficiência (70% a 95%) e de menor demanda de energia, embora o custo inicial seja alto. Para mangueiras com espaçamento de 8 m x 5 m, oito a dez gotejadores por planta resultam em porcentagens de área molhada acima de 20% em solos não arenosos. Pode-se usar apenas uma linha de gotejadores por fileira, disposta em anel ao redor da planta (Figura 1), com os gotejadores igualmente espaçados, ou uma ramificação por planta (rabo de porco).

No Semiárido, é necessário o uso de duas linhas laterais de gotejadores por fileira de plantas. Em solos de textura arenosa, sem gradientes texturais que retenham a infiltração no perfil, a microaspersão é aconselhável. Entretanto, apesar da diferença de área molhada entre os dois sistemas de irrigação localizada, não se pode afirmar de forma generalizada que a microaspersão seja a mais adequada à cultura da manga. O uso do gotejamento, em alguns casos, tem propiciado produtividades similares às obtidas com o emprego da microaspersão.



Figura 1. Disposição da linha lateral de irrigação em anel no entorno da mangueira.

Necessidades hídricas

As necessidades de irrigação da mangueira devem ser determinadas com base em avaliações do solo e do clima. Entretanto, devem ser feitas correções em razão do estágio de vida e da fenofase da planta. Soares e Costa (1995) recomendaram, para as condições do Semiárido, diferenciar o manejo de aplicação da água à mangueira em seis períodos distintos: pré-plantio, plantio e desenvolvimento inicial, desenvolvimento, repouso fenológico, estresse hídrico e reinício da irrigação. A irrigação é necessária em todas as fases, exceto no final do repouso fenológico, quando o estresse hídrico do solo retarda o crescimento das gemas vegetativas e colabora com o crescimento das gemas florais. A irrigação não é recomendável durante a diferenciação do broto floral e deve iniciar-se a partir da emergência da panícula (após a diferenciação do broto floral). A demanda hídrica ocorre de maneira mais crítica para a manga no período de 4 a 6 semanas após o estabelecimento dos frutos.

No que se refere à evapotranspiração da cultura da manga (*ET_c*), experimentos na África do Sul mostraram que o total anual de água exigido por uma cultura adulta (12 anos) foi de 1.197 mm, com demanda média que variou de 2,2 mm dia⁻¹ no inverno a 4,4 mm dia⁻¹ no verão (MOSTERT; WANTENAAR, 1994).

No Brasil, as pesquisas sobre evapotranspiração da mangueira são recentes e limitam-se a poucas regiões produtoras. A mangueira na região semiárida do

Nordeste brasileiro requer aproximadamente 1.370 mm de água por ano (SILVA et al., 1996), ou seja, $13.700 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Lopes (1999) avaliou a *ET* de mangueiras de 6 anos de idade na região do Submédio São Francisco por meio do balanço de massa (balanço hídrico) e do balanço de energia (razão de Bowen). O estudo cobriu o período de julho a dezembro de 1998. Segundo o autor, o método da razão de Bowen subestimou a *ET* da cultura ($3,4 \text{ mm dia}^{-1}$ a $6,1 \text{ mm dia}^{-1}$) em relação ao balanço hídrico ($3,6 \text{ mm dia}^{-1}$ a $10,1 \text{ mm dia}^{-1}$).

Em Petrolina, PE, Silva (2000) empregou os métodos do balanço de energia e do balanço hídrico no solo na determinação da evapotranspiração do pomar de mangueiras cv. Tommy Atkins, espaçadas em $8 \text{ m} \times 5 \text{ m}$, com 6 anos de idade. Para o cálculo da evapotranspiração de referência (*ET₀*), foi utilizado o método de Penman-Monteith. As fases fenológicas durante o ciclo produtivo de 1999 foram: floração (de 10 a 30 de junho); queda de frutos (de 1º de julho a 9 de agosto); formação de frutos (de 10 de agosto a 30 de setembro); maturação (de 1º de outubro a 9 de novembro). Para esses períodos fenológicos, os valores médios de *ET* da cultura (*ET_c*) foram, respectivamente, 3,5, 3,8, 4,5 e 4,9 mm dia^{-1} pelo método do balanço de energia, e 2,3, 3,2, 4,0 e 4,6 mm dia^{-1} pelo método do balanço hídrico.

No entanto, a evapotranspiração diária, obtida pelo método do balanço de energia, variou de $3,0 \text{ mm dia}^{-1}$, no início da floração, a $5,5 \text{ mm dia}^{-1}$ durante a formação de frutos; decresceu para $3,7 \text{ mm dia}^{-1}$ no início do estágio fenológico de maturação em razão do total pluviométrico registrado no período e, em seguida, apresentou tendência crescente acentuada, chegando a superar a taxa de $5,0 \text{ mm dia}^{-1}$ no final desse estágio fenológico. O consumo total foi de 642,9 mm, com uma média diária de 4,3 mm.

Com relação ao balanço hídrico no solo, a evapotranspiração aumentou de $2,4 \text{ mm dia}^{-1}$ (início da floração e ainda sem irrigação) para $7,9 \text{ mm dia}^{-1}$, no final da formação dos frutos, decrescendo em seguida para $3,5 \text{ mm dia}^{-1}$ na maturação dos frutos. Durante o ciclo produtivo (início da floração à maturação), a *ET_c* totalizou 612,4 mm, com uma média de $4,1 \text{ mm dia}^{-1}$.

Os valores do coeficiente de cultura (*K_c*) obtidos para o pomar de mangueiras pelo método do balanço hídrico no solo, em razão do número de dias após a floração (*DAF*), são apresentados na Figura 2. A equação 1, ajustada aos dados, permite a estimativa do *K_c* conhecendo-se o *DAF*.

$$K_c = 0,36 + 0,009DAF - 4 \times 10^{-5} \times DAF^2 \quad (r^2 = 0,79) \quad (1)$$

Com o método do balanço hídrico no solo, o K_c observado do pomar de mangueiras aumentou de 0,39 no estágio fenológico de floração para 0,85 no meio do estágio fenológico de formação de frutos, quando a planta encontrava-se em seu desenvolvimento vegetativo máximo. Em seguida, esse valor decresceu para 0,58 durante a maturação de frutos. A média do coeficiente de cultura do pomar de mangueiras foi de 0,71.

A Tabela 1 apresenta sugestões de K_c para as condições semiáridas brasileiras, considerando as fases de formação, de vegetação e de produção.

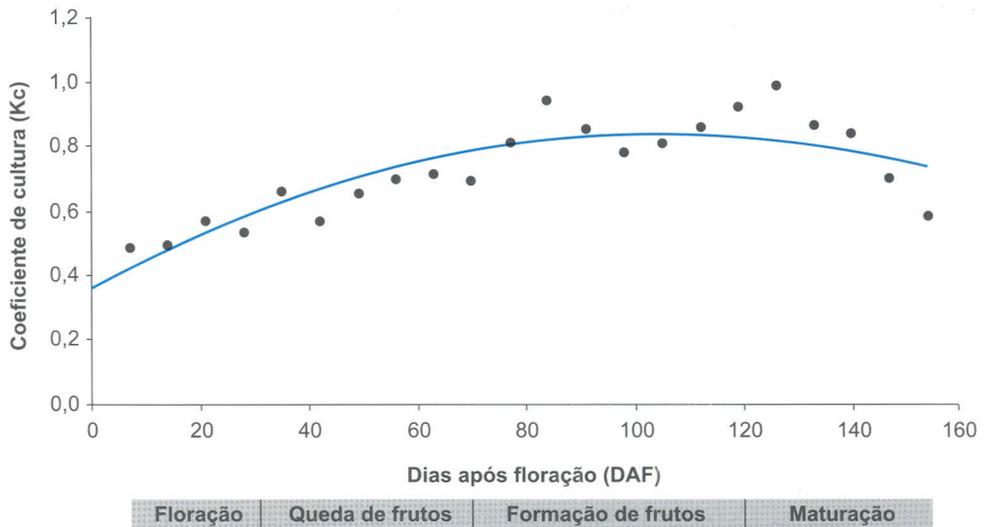


Figura 2. Comportamento do coeficiente de cultura ao longo do ciclo produtivo do pomar de mangueiras, cv. Tommy Atkins, em Petrolina, PE, obtido pelo método do balanço hídrico no solo, em 1999.

Fonte: Silva (2000).

Tabela 1. Valores de K_c para a mangueira em condições semiáridas.

Ano 1	Ano 2	Ano 3	Fase vegetativa	Acima de 3 anos			
				Dias a partir do início da floração			
				40 dias	90 dias	120 – 145 dias	>145 dias
0,40	0,45	0,50	0,65	0,80	0,95	1,00	0,80

Fonte: adaptada de Silva (2000).

Distribuição de raízes sob irrigação

Os padrões de distribuição do sistema radicular da mangueira ou de qualquer cultura são consequência das interações entre fatores genéticos inerentes à cultura e às disponibilidades de água e de nutrientes no solo (CLAUSNITZER; HOPMANS, 1994). A distribuição de água no solo depende principalmente do método e do sistema de irrigação em uso, que são responsáveis pela geometria de escoamento no meio poroso, pelo manejo da irrigação, pelo volume de água aplicado, pelas propriedades físicas do solo e de sua distribuição espacial e pela atividade das raízes no solo.

A distribuição de raízes pela mangueira tem sido mais abordada em condições não irrigadas do que irrigadas. De certa forma, tem havido concordância entre os autores quanto à definição dos padrões de distribuição das raízes da cultura. A distribuição de raízes de três cultivares de manga ('Haden', 'Kent' e 'Diplomático') em solo arenoso e irrigado por gotejamento, avaliada por Medina (1983), mostrou maior densidade de raízes para a cultivar Haden na camada de 0,2 m a 0,4 m. As cultivares Kent e Diplomático apresentaram maior densidade de raízes na camada de 0 m a 0,2 m.

A avaliação do sistema radicular de mangueiras de 11 anos de idade na Venezuela mostrou que a região de maior concentração de raízes correspondeu àquela limitada pelo raio de 1,5 m a partir do tronco e pelas profundidades entre 0,3 m e 0,5 m (AVILÁN ROVIRA et al., 1978). Em mangueiras de 8 anos de idade na região de Bangalore, na Índia, as raízes ativas localizaram-se a distâncias radiais do tronco de 1,0 m a 1,5 m e a 0,6 m de profundidade a partir da superfície (KOTUR et al., 1997).

Estudo sobre o sistema radicular da mangueira 'Tommy Atkins', sob irrigação por aspersão subcopa em solo arenoso no Submédio São Francisco, indicou que 68% das raízes de absorção e 86% das de sustentação localizaram-se horizontalmente na faixa de 0,9 m a 2,6 m em relação ao caule, e verticalmente na profundidade de até 1,0 m. Na distribuição vertical, 65% das raízes de absorção e 56% das de sustentação ocorreram nas profundidades do solo de 0 m a 0,6 m. Os autores recomendaram conclusivamente a localização dos fertilizantes na faixa de 0,9 m a 2,6 m de distância do caule. Recomenda-se o monitoramento da água do solo na distância de 2,6 m do caule e nas profundidades de 0,3 m a 0,6 m (CHOUDHURY; SOARES, 1992).

Coelho et al. (2001) avaliaram a distribuição de raízes de mangueiras sob irrigação localizada (gotejamento e microaspersão) em solo arenoso de Tabuleiros Costeiros. Em geral, no sistema de gotejamento, a distribuição de raízes da planta limitou-se a uma distância horizontal de 3,5 m do tronco e a uma profundidade de 1,4 m. Os máximos valores de densidade de comprimento de raízes foram observados a profundidades de até 0,7 m e a distâncias horizontais médias do tronco de 2,1 m (Figura 3).

A distribuição das raízes, no caso da microaspersão, foi limitada pela distância de 3,0 m do tronco. As maiores densidades de comprimento ocorreram em profundidades de 0 m a 1,4 m para distâncias radiais do tronco inferiores a 1,5 m, e em profundidades de 0 m a 0,6 m para distâncias radiais do tronco entre 1,5 m e 3,0 m (Figura 4).

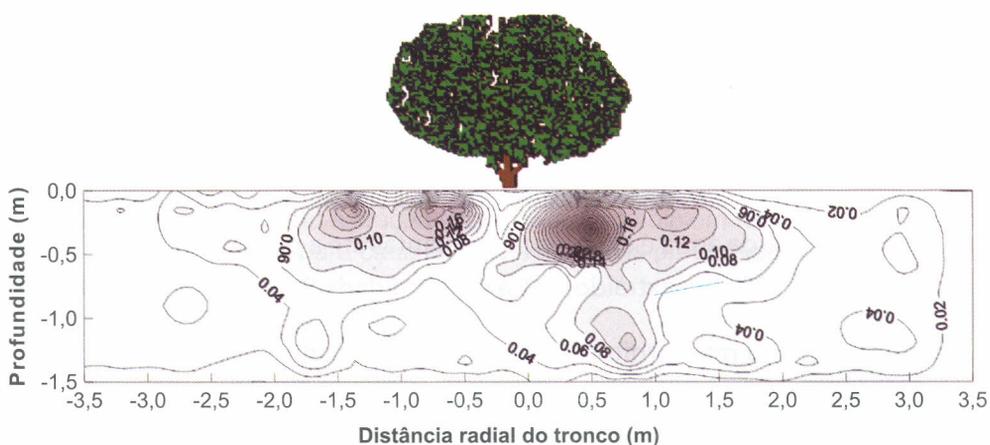


Figura 3. Distribuição da densidade de comprimento de raízes (cm cm^{-3}) no perfil do solo, sob gotejamento, em manga 'Tommy Atkins'.

Fonte: Coelho et al. (2001).

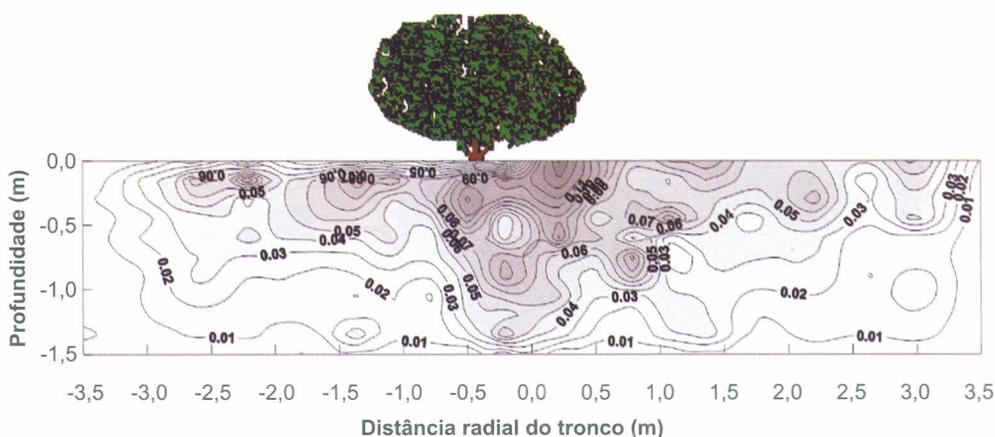


Figura 4. Distribuição da densidade de comprimento de raízes (cm cm^{-3}) no perfil do solo sob microaspersão.

Fonte: Coelho et al. (2001).

Distribuição de raízes sob irrigação

Os padrões de distribuição do sistema radicular da mangueira ou de qualquer cultura são consequência das interações entre fatores genéticos inerentes à cultura e às disponibilidades de água e de nutrientes no solo (CLAUSNITZER; HOPMANS, 1994). A distribuição de água no solo depende principalmente do método e do sistema de irrigação em uso, que são responsáveis pela geometria de escoamento no meio poroso, pelo manejo da irrigação, pelo volume de água aplicado, pelas propriedades físicas do solo e de sua distribuição espacial e pela atividade das raízes no solo.

A distribuição de raízes pela mangueira tem sido mais abordada em condições não irrigadas do que irrigadas. De certa forma, tem havido concordância entre os autores quanto à definição dos padrões de distribuição das raízes da cultura. A distribuição de raízes de três cultivares de manga ('Haden', 'Kent' e 'Diplomático') em solo arenoso e irrigado por gotejamento, avaliada por Medina (1983), mostrou maior densidade de raízes para a cultivar Haden na camada de 0,2 m a 0,4 m. As cultivares Kent e Diplomático apresentaram maior densidade de raízes na camada de 0 m a 0,2 m.

A avaliação do sistema radicular de mangueiras de 11 anos de idade na Venezuela mostrou que a região de maior concentração de raízes correspondeu àquela limitada pelo raio de 1,5 m a partir do tronco e pelas profundidades entre 0,3 m e 0,5 m (AVILÁN ROVIRA et al., 1978). Em mangueiras de 8 anos de idade na região de Bangalore, na Índia, as raízes ativas localizaram-se a distâncias radiais do tronco de 1,0 m a 1,5 m e a 0,6 m de profundidade a partir da superfície (KOTUR et al., 1997).

Estudo sobre o sistema radicular da mangueira 'Tommy Atkins', sob irrigação por aspersão subcopa em solo arenoso no Submédio São Francisco, indicou que 68% das raízes de absorção e 86% das de sustentação localizaram-se horizontalmente na faixa de 0,9 m a 2,6 m em relação ao caule, e verticalmente na profundidade de até 1,0 m. Na distribuição vertical, 65% das raízes de absorção e 56% das de sustentação ocorreram nas profundidades do solo de 0 m a 0,6 m. Os autores recomendaram conclusivamente a localização dos fertilizantes na faixa de 0,9 m a 2,6 m de distância do caule. Recomenda-se o monitoramento da água do solo na distância de 2,6 m do caule e nas profundidades de 0,3 m a 0,6 m (CHOUDHURY; SOARES, 1992).

Coelho et al. (2001) avaliaram a distribuição de raízes de mangueiras sob irrigação localizada (gotejamento e microaspersão) em solo arenoso de Tabuleiros Costeiros. Em geral, no sistema de gotejamento, a distribuição de raízes da planta limitou-se a uma distância horizontal de 3,5 m do tronco e a uma profundidade de 1,4 m. Os máximos valores de densidade de comprimento de raízes foram observados a profundidades de até 0,7 m e a distâncias horizontais médias do tronco de 2,1 m (Figura 3).

A distribuição das raízes, no caso da microaspersão, foi limitada pela distância de 3,0 m do tronco. As maiores densidades de comprimento ocorreram em profundidades de 0 m a 1,4 m para distâncias radiais do tronco inferiores a 1,5 m, e em profundidades de 0 m a 0,6 m para distâncias radiais do tronco entre 1,5 m e 3,0 m (Figura 4).

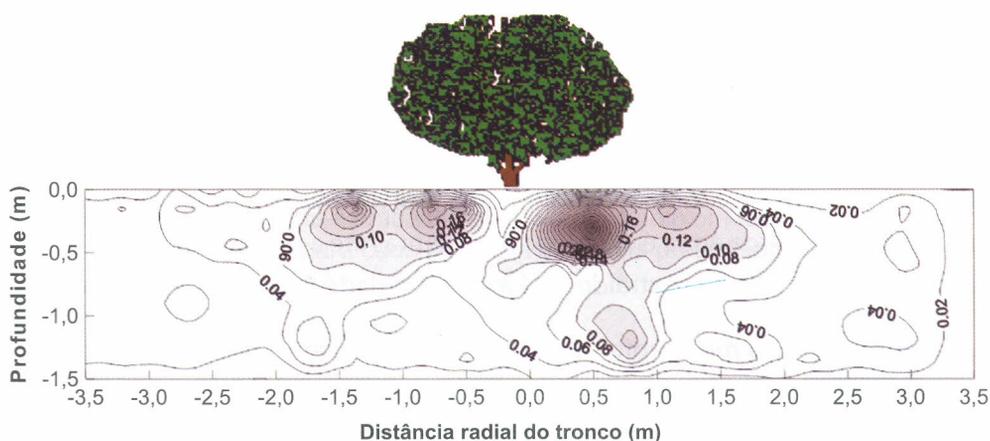


Figura 3. Distribuição da densidade de comprimento de raízes (cm cm^{-3}) no perfil do solo, sob gotejamento, em manga 'Tommy Atkins'.

Fonte: Coelho et al. (2001).

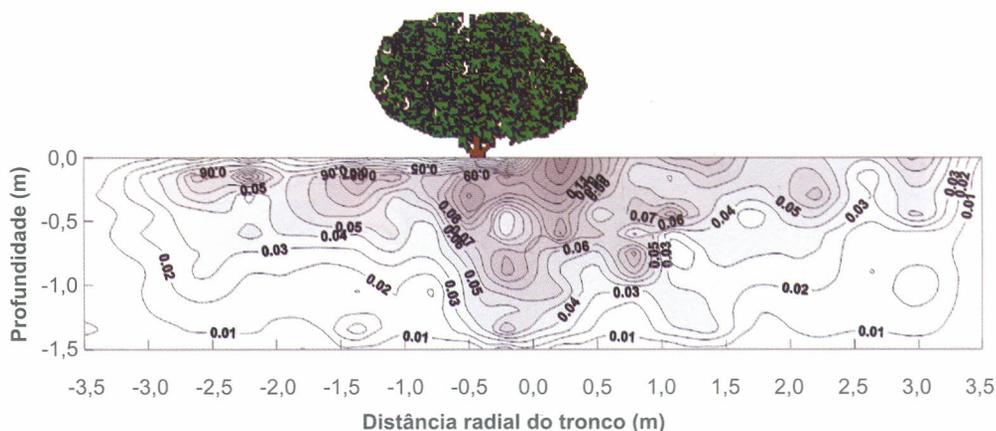


Figura 4. Distribuição da densidade de comprimento de raízes (cm cm^{-3}) no perfil do solo sob microaspersão.

Fonte: Coelho et al. (2001).

Extração de água pelo sistema radicular

A distribuição de água no volume molhado do solo, resultante de irrigação por microaspersão, foi avaliada por Coelho et al. (2001) para diferentes regimes de irrigação aplicados à manga cultivar Tommy Atkins, nas condições de Teresina, Piauí. As isolinhas de extração de umidade nos planos verticais e radiais à planta avaliados mostraram que a região limitada pela distância radial de 0,80 m da planta, e entre as profundidades 0,20 m e 0,70 m, concentrou em todos os casos maior atividade do sistema radicular. O centro da atividade localizou-se à distância de 0,50 m da planta (Figura 5).

Os totais da extração de água em todas as profundidades, tomados a cada distância radial monitorada, mostraram que 60% a 70% da água é extraída pelas plantas até a distância radial de 1,50 m, enquanto 80% a 85% são extraídos até a distância de 2,00 m da planta (Figura 6). Os totais da extração de água em todas as distâncias radiais a cada profundidade monitorada mostraram para todos os tratamentos que 40% a 50% da água é extraída pelas plantas até a profundidade de 0,50 m, enquanto 60% a 80% são extraídos até a profundidade 0,75 m do solo (Figura 7).

As camadas de solo mais profundas também podem contribuir para o processo de evapotranspiração da mangueira em consequência da presença de raízes em

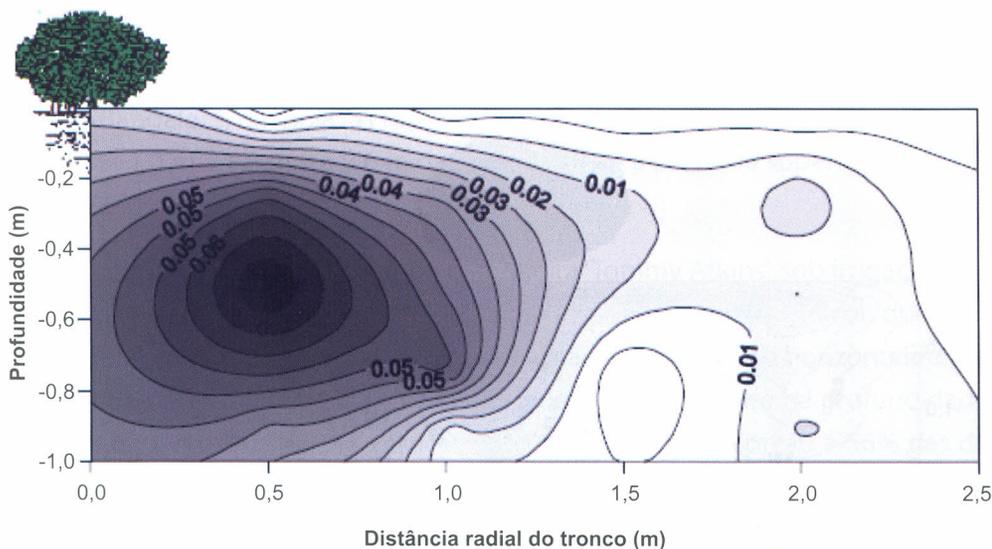


Figura 5. Distribuição dos teores equivalentes à extração de água do solo num plano bidimensional, radial à planta e ao microaspersor, 216 horas após a irrigação.

Fonte: Coelho et al. (2001).

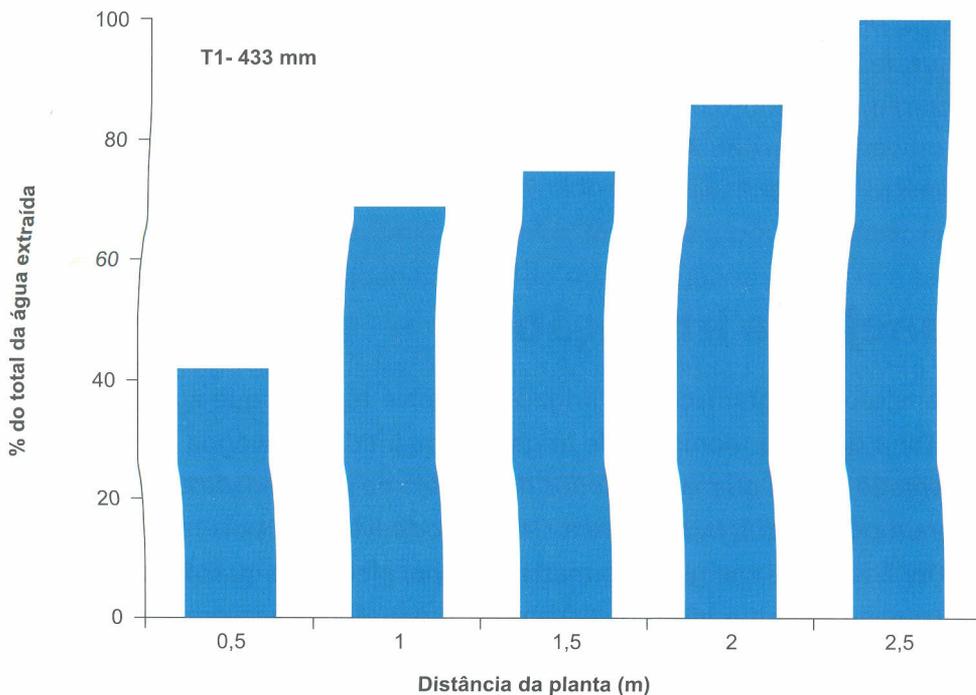


Figura 6. Porcentagens da extração total de água do solo em razão da distância radial da planta, incluindo, para cada distância, todas as profundidades monitoradas.

Fonte: Coelho et al. (2001).

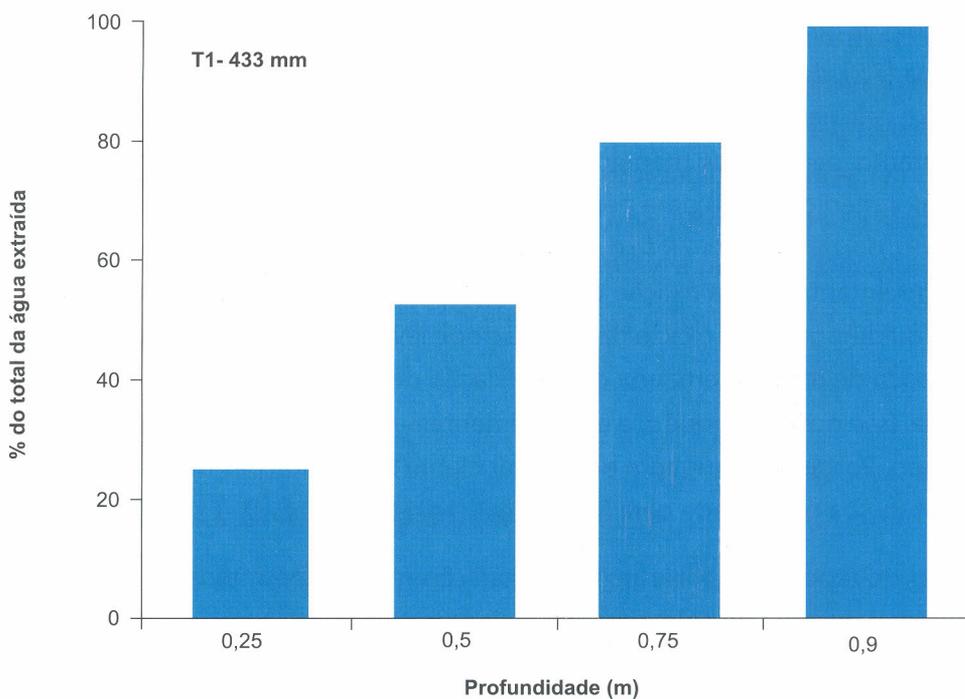


Figura 7. Porcentagens da extração total de água do solo em razão da profundidade do solo, incluindo, para cada profundidade, todas as distâncias radiais monitoradas.

Fonte: Coelho et al. (2001).

grande profundidade (2 m). Silva et al. (2001) observaram que houve a ascensão de água de 1,2 m e 1,4 m de profundidade durante a maturação dos frutos, quando ocorreu um grande consumo de água pelas mangueiras da cv. Tommy Atkins em Latossolo Vermelho Amarelo, com textura média, no Perímetro Irrigado de Bebedouro, em Petrolina, PE.

Manejo da irrigação

O manejo ou programação da irrigação envolve técnicas que auxiliam o manguicultor a definir o momento de irrigar e a quantidade de água a ser aplicada. O emprego de um ou mais métodos de manejo na propriedade é parte da agricultura moderna que busca garantir altas produtividades, pois reduz o desperdício de água e de energia e, ao mesmo tempo, melhora a qualidade dos frutos produzidos. Diferentes níveis de água no solo não afetam a coloração dos frutos, nem a incidência de colapso interno (FARRÉ et al., 1993). O manejo da irrigação que mantém o solo em tensões maiores implica maiores intervalos de irrigação e maior déficit hídrico no solo, o que promove frutos menores e em maior tamanho (MOSTERT; WANTENAAR, 1994).

O cálculo da quantidade de água a ser aplicada, quando se usa o método do turno de rega (TR), deve considerar que o TR na fase de elaboração do projeto de irrigação é calculado levando-se em conta o pico da ET_c dentro do ciclo da cultura. No entanto, para fins de manejo, comumente se usa um valor de ET_c a partir de um valor médio de ET_0 para períodos, por exemplo, de 15 dias, 30 dias, ou mais, levando, portanto, a um TR fixo dentro do correspondente período. Deve-se lembrar, no entanto, que a fixação do TR dentro de um período quinzenal, mensal, anual ou durante todo o ciclo da cultura pode levar à aplicação excessiva de água em época de menor demanda ou à aplicação deficitária em época de maior demanda. Isso ocorre porque z , e especialmente a ET_c , variam continuamente com o tempo. Portanto, o irrigante deve estar ciente das limitações da fixação do TR , apesar da sua praticidade para fins de manejo da irrigação.

O fator de reposição f corresponde à variação máxima permitida da disponibilidade total de água no solo, sem afetar significativamente o desenvolvimento da cultura em qualquer uma de suas fases fenológicas. O valor de f a ser adotado depende da importância econômica da cultura, do estágio fenológico (vegetativo, floração, etc.), da profundidade e da distribuição das raízes e da sensibilidade ao estresse. Soares e Costa (1995) sugerem para a mangueira, como no caso de ou-

tras fruteiras, um valor de f igual a 50%. Azzouz et al. (1977) estudaram a produtividade de mangueiras para uma redução máxima de 33% durante o período crítico (floração à colheita) e de 66% da disponibilidade total de água no restante do ano.

O momento da irrigação pode ser determinado de forma mais flexível, sem estar amarrado a um valor fixo da lâmina real necessária, isto é, pode ser determinado por meio de medidas do estado da água do solo, em que se monitora o teor de água ou o seu potencial matricial, verificando-se se a variação da água disponível para as plantas está dentro da fração de manejo recomendada, representada pelo fator de reposição de água f .

O estado da água no solo pode ser quantificado com o uso de instrumentos de medição de umidade (sonda de nêutrons, reflectômetros) que funcionam por meio do uso dos princípios da reflectometria no domínio do tempo (*TDR*) e da reflectometria no domínio da frequência (*FDR*), ou com o uso de instrumentos de medida do potencial de água do solo (tensiômetros e blocos de resistência).

Um ponto importante a ser observado com relação aos sensores em geral diz respeito à sua localização em relação às plantas e às profundidades de leitura no perfil do solo. Como regra, devem-se instalar os sensores no centro de atividade do sistema radicular ou numa região do sistema radicular representativa do cenário geral de extração de água. As posições mais adequadas de instalação de sensores de água do solo para irrigação localizada (microaspersão e gotejamento) devem situar-se entre 0 m e 2 m do tronco e nas profundidades entre 0 m e 0,6 m (COELHO et al., 2001). No caso da irrigação subcopia, recomenda-se a instalação dos sensores à distância de 0,9 m a 2,6 m da planta e a profundidades iguais ou inferiores a 0,6 m (SOARES; COSTA, 1995).

Uso da regulação do deficit de irrigação

O uso excessivo de água na irrigação tem reduzido os ganhos econômicos dos produtores em razão do aumento de custos com energia de bombeamento, sem efetivamente aumentar a produtividade do pomar. A mangueira é uma planta que tem características fisiológicas de adaptação ao deficit hídrico, adaptação essa que está relacionada à eficiente capacidade de regular a perda de água por meio dos estômatos e da capacidade de se ajustar osmoticamente, mantendo a

turgescência e níveis mais elevados de potenciais de água na folha quando em deficiência hídrica (SCHAFFER et al., 1994). A habilidade de resistir a períodos prolongados de estresse hídrico torna a mangueira uma planta com baixa necessidade hídrica durante o ano produtivo, quando comparada a outras culturas.

A regulação do deficit de irrigação (*RDI*) é um manejo de irrigação utilizado em fruteiras, aplicado durante a fase de crescimento de frutos, em que se observa que é possível a redução de gastos de água e energia sem grandes prejuízos na qualidade e na produtividade de pomares.

A mangueira no Semiárido apresenta um período de crescimento de frutos que pode ser dividido em três fases: a) fase 1, do início da floração até o pegamento completo dos frutos, que acontece ao redor de 65 dias após o início da floração (DAF); b) fase 2, que compreende a expansão do fruto, e ocorre até aproximadamente 95 DAF; c) fase 3, do final do crescimento até a maturação fisiológica do fruto, que ocorre ao redor dos 120 DAF.

Trabalho conduzido por Coelho Filho e Coelho (2005), aplicando diferentes níveis de redução da lâmina calculada na mangueira nas três fases, mostrou que a fase 1 não é adequada à redução da irrigação. A fase menos sensível é a fase 3. Nas fases 2 e 3, os níveis de irrigação podem ser reduzidos em até 20% da lâmina calculada pelos métodos convencionais, com perdas próximas de 16% na produtividade.

Exigências nutricionais da mangueira

Estudos realizados por Avilán Rovira (1983) demonstraram que os macronutrientes encontrados em maior concentração nos frutos são o potássio (60 g kg^{-1}) e o nitrogênio (57 g kg^{-1}), seguidos em ordem decrescente pelo cálcio (51 g kg^{-1}), magnésio (28 g kg^{-1}) e fósforo ($7,7 \text{ g kg}^{-1}$) (Tabela 2). Entre os micronutrientes, o ferro é o que apresenta maior teor, seguido pelo manganês, cobre, zinco e boro.

Considerando-se a exportação de nutrientes pelos frutos (casca, polpa e semente), o nitrogênio e o potássio foram os mais encontrados; em média, são exportados 1,23 kg de N, 0,15 kg de P, 1,57 kg de K, 0,28 kg de Ca, 0,20 kg de Mg, 0,15 kg de S, 1,22 g de B, 3,53 g de Cu, 4,19 g de Fe, 2,71 g de Mn e 3,27 g de Zn por

Tabela 2. Concentrações de macro e de micronutrientes na matéria seca de folhas de mangueira.

Variedade	Macronutriente					Micronutriente				
	N	P	K	Ca	Mg	Mn	B	Zn	Cu	Fe
	(g kg ⁻¹)					(mg kg ⁻¹)				
Glenn	41	11,0	54	53	19	46	7	19	30	84
Tommy Atkins	77	18,5	55	48	42	55	14	20	31	39
Irwin	40	14,8	64	74	28	54	7	18	24	56
Harris Sdg	46	5,2	53	43	28	35	8	22	27	82
Smith	71	8,3	64	56	20	55	10	28	28	110
Haden	33	6,7	71	45	20	91	8	22	33	39
Zill	65	5,1	42	44	26	15	9	21	37	95
Carrie	63	5,9	56	55	28	56	10	21	19	51
Manga Criolla	103	7,4	95	43	41	48	8	23	23	45
Edward	66	3,1	46	61	39	67	9	22	26	56
Kent	66	4,0	55	38	36	15	20	22	19	51
Springfelds	51	4,0	71	59	26	93	7	19	23	31
Ford	44	4,2	54	47	25	63	7	16	18	29
Bocado	41	9,7	63	48	20	26	7	18	20	37
Média	57	7,7	60	51	28	51,4	9,4	20,8	25,6	57,5

Fonte: Laborem et al. (1979 citado por AVILÁN ROVIRA, 1983).

tonelada de frutos (Tabela 3). Assim, os nutrientes exportados pelos frutos seguem a seguinte ordem decrescente: K > N > Ca > Mg > P = S > Fe > Cu > Zn > Mn > B.

Quanto à marcha de absorção de nutrientes, estudos com N, P, K e Ca mostraram que, nos períodos anteriores à floração, os teores de N, P e K foram máximos, havendo redução em seguida. Os valores mais baixos foram encontrados na fase de formação dos frutos. O inverso ocorreu com o cálcio. No entanto, maior absorção de P foi observada no início da formação de frutos. Assim, os períodos de floração e de início de formação dos frutos são mais críticos dentro do ciclo de produção. Podem-se considerar duas fases distintas: uma de acúmulo de nutrientes, iniciada após a colheita até o início da floração, e outra de diminuição dos níveis, durante a formação dos frutos. Nesta última fase, a maior absorção ocorre 52 dias após o aparecimento dos frutos.

Tabela 3. Quantidades médias de nutrientes exportadas pelos frutos frescos de diferentes cultivares de manga.

Cultivar	Haden ⁽¹⁾	Tommy Atkins ⁽¹⁾	Extrema ⁽²⁾	Manila ⁽³⁾	Sensation ⁽⁴⁾	Carlota ⁽⁵⁾	Média
Nutriente	kg t ⁻¹ frutos						
N	1,18	1,09	1,18	1,24	-	1,45	1,23
P	0,09	0,12	0,17	0,15	0,18	0,18	0,15
K	1,20	0,91	1,84	1,89	1,31	2,27	1,57
Ca	0,20	0,25	0,15	0,24	0,60	0,25	0,28
Mg	0,20	0,24	0,17	0,17	0,31	0,13	0,20
S	0,10	0,12	0,19	-	-	0,19	0,15
	g t ⁻¹ frutos						
B	1,40	1,80	0,90	-	-	0,80	1,22
Cu	4,80	9,00	0,90	1,43	-	1,50	3,53
Fe	6,10	2,20	3,90	5,36	-	3,40	4,19
Mn	2,30	2,80	3,80	0,36	-	4,30	2,71
Zn	5,80	5,40	1,50	2,14	-	1,50	3,27
Peso médio fruto (g)	420-540	460-600	320-400	280	350	180-250	
Idade cultura (anos)	9	9	-	31	2	-	

Fonte: ⁽¹⁾Haag et al. (1990 citado por QUAGGIO, 1996); ⁽²⁾Hiroce et al. (1978); ⁽³⁾Guzmán-Estrada (2006); ⁽⁴⁾Vuuren e Stassen (1997); ⁽⁵⁾Hiroce et al. (1977).

Fertirrigação com nitrogênio

O nitrogênio (N) é o nutriente mais aplicado via água de irrigação, pois apresenta alta mobilidade no solo, principalmente na forma de nitrato (NO₃⁻). Pela fertirrigação, é possível parcelar o N de acordo com a demanda da mangueira, reduzindo as perdas do nutriente, principalmente em solos arenosos (COELHO, 1994; VITTI et al., 1994).

Acredita-se que, quando o número de parcelamentos da adubação nitrogenada é aumentado, há maior eficiência do uso de N e redução de perdas, principalmente por lixiviação. Entretanto, existem evidências de que o processo de nitrificação em solos tropicais não é tão rápido, aumentando o tempo do N na forma amoniacal, com a redução das perdas por lixiviação de nitrato (COELHO, 1994). Dessa maneira, a aplicação do N pode ser efetuada na época de sua maior necessidade pela planta.

Samra e Arora (1997) citam trabalhos que mostram maior produtividade da mangueira, quando a adição de NPK foi realizada 50% no florescimento e 50% após a colheita. Contudo, existem recomendações de que o N deve ser aplicado até 60 dias após o florescimento.

Uma vez que a demanda por nutrientes não é constante durante todo o ciclo de desenvolvimento da planta, pode-se ter, numa determinada fase, maior demanda por outro nutriente (Ca, P ou K), o que irá definir o íon acompanhante do fertilizante nitrogenado.

Os fertilizantes nitrogenados sólidos são apresentados em quatro formas: amoniacal (sulfato de amônio), nítrica (nitrato de sódio), nítrico-amoniacal (nitrato de amônio, nitrocálcio) e amídica (ureia). São solúveis em água e adequados à fertirrigação, incluindo em sistema por gotejamento (COELHO, 1994). De modo geral, as fontes nitrogenadas têm apresentado comportamento similar, e podem diferir em razão da presença de outro nutriente ou pelo efeito sobre o pH do solo (COELHO, 1994). A Tabela 4 apresenta as características dos principais fertilizantes nitrogenados encontrados no mercado.

Tabela 4. Características dos fertilizantes nitrogenados utilizados na fertirrigação.

Fertilizante	Concentração de nutriente (g kg ⁻¹)	Solubilidade (g L ⁻¹)	Índice salino ⁽¹⁾	Índice acidez/basicidade ⁽²⁾
Nitrato de amônio	340 N	1.900	105	+60
Nitrato de cálcio	140 N + 280 Ca	1.200	61	-20
Nitrato de magnésio	70 a 110 N + 100 a 160 MgO	-	-	básico
Nitrato de potássio	130 N + 460 K ₂ O	310	-	-115
Sulfato de amônio	200 N + 240 S	730	69	+110
Ureia	450 N	1.000	75	+71
Nitrato de sódio	160 N	730	100	básico
Uran	320 N	-	-	-
DAP	170 N + 400 P ₂ O ₅	400	34	+88
MAP	110 N + 440 P ₂ O ₅	220	30	+60
MAP + ureia	125 N + 125 P ₂ O ₅	-	-	-
Magnittra-L	70 N + 100 MgO	-	-	-

⁽¹⁾Relativo ao valor do índice salino do nitrato de sódio (NaNO₃) igual a 100.

⁽²⁾+Quantidade de CaCO₃ necessária para neutralizar 100 kg do adubo.

- Quantidade de CaCO₃ "adicionada" pela aplicação de 100 kg de adubo.

Fonte: Frizzone e Botrel (1994) e Vitti et al. (1994).

Com relação às quantidades de nitrogênio aplicadas, deve-se observar a necessidade da mangueira em cada fase de desenvolvimento. O nitrogênio será aplicado durante toda a fase de crescimento, devendo-se reduzir as quantidades ou suspender a aplicação no período próximo à indução floral. Por meio da fertirrigação, parcela-se o nitrogênio de acordo com a textura do solo, reduzindo-se as perdas do nutriente, principalmente em solos arenosos. Nos solos argilosos, a fertirrigação com nitrogênio pode ser realizada uma vez por semana, enquanto nos solos arenosos, como as Areias Quartzosas (Neossolos Quartzarênicos), deve ser realizada de três a cinco vezes por semana.

Na fase de produção, as quantidades de nitrogênio a serem aplicadas são definidas em razão do teor de N nas folhas e da produtividade esperada. Os períodos de maior demanda são a pós-colheita e o período que vai do pegamento dos frutos até que eles atinjam 5 cm de diâmetro. O N deve ser igualmente parcelado nessas duas fases (50% em cada fase), observando-se sempre a textura do solo na frequência da fertirrigação.

Fertirrigação com fósforo

O fósforo (P) é um nutriente pouco utilizado em fertirrigação em virtude da sua baixa difusão no solo (COELHO, 1994). A adubação fosfatada apresenta efeito residual de longa duração, pois o P não se move a longas distâncias no solo e sua lixiviação no perfil do solo é pequena, até mesmo em solos mais arenosos. Contudo, trabalho citado por Coelho (1994), em solo arenoso, mostrou que houve movimentação de P em até 18 cm de profundidade, com a fertirrigação em cultura de ciclo curto. Acredita-se que o aumento da mobilidade de P, aplicado por gotejamento, seja em decorrência da saturação dos sítios de adsorção próximos ao ponto de saída da solução.

Samra e Arora (1997) apresentaram trabalhos que evidenciaram que a maior produtividade da mangueira foi obtida com 30 kg de P_2O_5 ha^{-1} , dos quais 50% foram aplicados no florescimento e 50% após a colheita. Contudo, outros trabalhos indicam doses de P_2O_5 de 87, 185 e 200 g $planta^{-1} ano^{-1}$.

Para realizar a aplicação de fósforo por fertirrigação durante a fase de formação da mangueira, devem-se observar tanto o pH quanto a presença de cálcio na água de irrigação, bem como a textura do solo e a compatibilidade com outros nutrientes. As quantidades a serem aplicadas são definidas conforme análise química do solo realizada antes do plantio.

Durante a fase de produção, além dos cuidados citados anteriormente, deve-se parcelar a adubação fosfatada nas fases de pós-colheita (60%) e de florescimento (40%). Na fase de pós-colheita, deve-se dar preferência ao MAP, ao DAP ou ainda ao fosfato de ureia; na fase de florescimento, pode-se utilizar o MKP caso as condições não sejam adequadas à aplicação de ácido fosfórico. Alguns desses produtos apresentam custo muito elevado, o que restringe a sua utilização. As quantidades de fósforo a serem aplicadas são definidas em razão do teor do nutriente no solo e da produtividade esperada.

Contudo, muitas vezes não se justifica a recomendação do fertilizante fosfatado via água de irrigação por causa da baixa solubilidade da maioria dos adubos fosfatados e da facilidade de sua precipitação, causando entupimento dos microaspersores e gotejadores. O ácido fosfórico, apesar do risco de corrosão em condutos metálicos, não causa problemas de entupimento dos emissores.

Fertirrigação com potássio

O potássio (K), apesar de não fazer parte de compostos estruturais da planta, é importante nos processos fotossintéticos, na respiração e na translocação da seiva. É um nutriente importante no estágio de frutificação da mangueira (RODRIGUEZ et al., 1986).

A aplicação de potássio via água de irrigação, juntamente com o nitrogênio, é viável uma vez que os fertilizantes potássicos são solúveis. No parcelamento desse nutriente, é importante considerar o seu potencial de perdas por lixiviação e a curva de absorção pela mangueira. Sabe-se que as perdas de K por lixiviação variam com a textura do solo, sendo maiores em solos arenosos e quando as doses aplicadas são muito elevadas.

Dessa maneira, a época de aplicação e o número de parcelamentos vão depender da dose a ser aplicada e da demanda da cultura. Segundo Avilán Rovira (1971), a absorção de K é maior antes do florescimento. Vuuren e Stassen (1997) verificaram maior quantidade de K nos frutos; assim, o K deve ser aplicado no início da produção dos frutos, os quais exigem a presença desse nutriente. Outra recomendação sugere a aplicação de 30% a 60% da dose no período de produção e de 40% a 70% após a colheita.

Na fase de crescimento, as aplicações de potássio devem ser realizadas da mesma forma que se realizam as aplicações de nitrogênio, durante toda a fase de cres-

cimento. A frequência de fertirrigação deve ser a mesma frequência da irrigação. As quantidades a serem aplicadas devem ser estabelecidas pela análise química do solo.

Na fase de produção, as quantidades de potássio a serem aplicadas são definidas em razão do teor do nutriente no solo e da produtividade esperada. O potássio pode ser aplicado durante todo o período. Após a colheita, devem ser aplicados de 25% a 35%, enquanto as demais aplicações devem ser concentradas no período do pegamento dos frutos até que atinjam 5 cm de diâmetro. Os fertilizantes potássicos, normalmente utilizados em fertirrigação, são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Características dos fertilizantes potássicos utilizados na fertirrigação.

Fertilizante	Concentração de nutriente (g kg ⁻¹)	Solubilidade (g L ⁻¹)	Índice salino ⁽¹⁾	Índice acidez/basicidade
Cloreto de potássio	600 K ₂ O + 480 Cl	340	115	-
Nitrato de potássio	440 K ₂ O + 140 N	320	31	Básico
Sulfato de potássio	520 K ₂ O + 170 S	110	46	-
Nitrato de sódio e potássio	140 K ₂ O + 140 N	-	31	-
Sulfato de potássio e magnésio (K-Mag)	220 K ₂ O + 220 S + 110 Mg	290	43	-
MKP	340 K ₂ O + 520 P ₂ O ₅	-	-	-

⁽¹⁾Relativo ao valor do índice salino do nitrato de sódio (NaNO₃) igual a 100.
Fonte: Coelho (1994) e Vitti et al. (1994).

Fertirrigação com cálcio e magnésio

Os fertilizantes que contêm cálcio (Ca) e magnésio (Mg) são normalmente supridos pela calagem. Contudo, o Ca pode ficar em desequilíbrio quando houver excesso de Mg e K, e também de N, o que pode levar à ocorrência de distúrbios fisiológicos nos frutos das variedades monoembriônicas e melhoradas como 'Tommy Atkins', 'Kent' e 'Keitt'. Em razão da sua importância na planta, outras aplicações de Ca podem ser necessárias, além da calagem, via solo, na forma de gesso ou de nitrato de cálcio em pulverização ou fertirrigação. O magnésio é integrante da molécula de clorofila e ativador de enzimas. É essencial à absorção de P; no entanto, altas concentrações de K inibem sua absorção. Normalmente, utiliza-se o sulfato como fonte de magnésio dada a sua boa solubilidade. O nitrato de magnésio e as formas quelatizadas de Mg, apesar de ter um custo mais elevado, são outras alternativas.

Fertilizantes com enxofre e micronutrientes

O suprimento de enxofre (S) pela fertirrigação não apresenta problemas, pois o íon SO_4^- é móvel no solo e está presente em fertilizantes com alta solubilidade, como o sulfato de amônio (24% S) e o sulfato de potássio. Porém, deve-se tomar cuidado com a incompatibilidade do sulfato com o cálcio.

Micronutrientes como o zinco (Zn), o ferro (Fe), o cobre (Cu) e o manganês (Mn) podem reagir com sais da água de irrigação e causar precipitação e entupimento de emissores. Por isso, os micronutrientes são aplicados como quelatos, que são solúveis e causam poucos problemas de precipitação.

O boro (B) é essencial na formação da parede celular e na divisão celular, aumentando o número de flores, o pegamento de fruto e a produtividade. Por causa da facilidade de lixiviação que esse nutriente apresenta, o parcelamento é a prática mais recomendada. Os micronutrientes utilizados em fertirrigação são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Características dos fertilizantes que contêm micronutrientes utilizados na fertirrigação.

Fertilizante	Concentração de nutriente (g kg ⁻¹)	Solubilidade (g L ⁻¹)
Sulfato de cobre	250 Cu	220
Sulfato de Cu penta-hidratado	-	240
Sulfato de manganês	280 Mn	1.050
Sulfato manganoso (MnSO ₄ ·3H ₂ O)	270 Mn	7.420
Molibdato de sódio	390 Mo	560
Molibdato de amônio	480 Mo	400
Sulfato de zinco	220 Zn	750
Ácido bórico	160 B	50
Bórax	110 B	50
Solubor [(Na ₂ B ₈)O ₁₃ ·4H ₂ O]	209 B	95 (32 °C a 50 °C)
Sulfato de ferro	190 Fe	240
Sulfato ferroso	-	330
Tenso TM Fe	60 Fe	Total
Quelatos (Fe, Cu, Mn e Zn) EDTA, DTPA	-	Alta
Hydroplus TM Micro	30 B + 120 Cu + 38 Fe-EDTA + 32 Fe-DTPA + 120 Mn + 41 Mo + 140 Zn	-
Tenso Cocktail	5,2 B + 25,7 Ca-EDTA + 5,3 Cu-EDTA + 21 Fe-EDTA + 17,4 Fe-DTPA + 25,7 Mn-EDTA + 1,3 Mo + 5,3 Zn-EDTA.	Completa

Fonte: Villas Boas et al. (1999) e Vitti et al. (1994).

Manejo da fertirrigação

Quando se prepara uma solução de fertilizantes que envolve mais de um tipo de fonte de nutrientes, deve-se verificar se são compatíveis para evitar problemas de entupimentos das tubulações e dos emissores. O cálcio não deve ser injetado com outro fertilizante que contém o radical sulfato. Esses cuidados devem ser ainda maiores quando a água usada na irrigação tem pH neutro, ou seja, quando as concentrações de Ca + Mg e de bicarbonatos são maiores que 50 ppm e 150 ppm, respectivamente. O ácido fosfórico não deve ser injetado via água de irrigação que contenha mais que 50 ppm de cálcio e nitrato de cálcio, bem como em água que contenha mais de 5,0 meq L⁻¹ de HCO₃, pois poderá formar precipitados de fosfato de cálcio.

Os procedimentos adequados à aplicação de fertilizantes via água de irrigação compreendem três etapas distintas. Durante a primeira etapa, o sistema de irrigação deve funcionar durante um quarto do tempo de irrigação para equilibrar hidráulicamente as unidades de rega como um todo. Na segunda etapa, faz-se a injeção dos fertilizantes no sistema de irrigação, por meio de equipamentos apropriados. Na terceira etapa, o sistema deve continuar funcionando, com o objetivo de complementar o tempo total de irrigação, lavar completamente o sistema de irrigação e carrear os fertilizantes da superfície para camadas mais profundas do solo.

A fertirrigação depende da taxa de injeção de fertilizantes, do tempo de irrigação por unidade de rega e dos tipos e doses de fertilizantes por unidade de rega, considerando-se as variedades e as respectivas fases fenológicas.

Como regra geral, dependendo da complexidade do desenho do sistema de irrigação com relação à fertirrigação, recomenda-se iniciar o processo com fertilizantes potássicos, seguido dos fertilizantes nitrogenados, administrando-se as quantidades desses fertilizantes aplicados por unidade de rega, com base no tempo de irrigação. As propriedades que utilizam o ácido fosfórico como fonte de fósforo, devem aplicá-lo no final da fertirrigação, pois isso pode também proporcionar a limpeza dos sistemas de irrigação. Caso os fertilizantes sejam aplicados na forma de mistura, as soluções de cada fertilizante devem ser preparadas em separado e misturadas na proporção desejada, de acordo com as necessidades nutricionais das plantas.

Uma alternativa mais recente, que visa a amenizar a complexidade da injeção de fertilizantes via água de irrigação, é a utilização de adutoras secundárias, paralelas às adutoras das unidades de rega, cuja finalidade é transportar a solução ou mistura concentrada de fertilizantes até a entrada da unidade de rega específica. Porém, é necessário que haja simultaneidade entre os tempos de irrigação e de

fertirrigação em cada unidade de rega, de modo que a injeção da solução que contém fertilizantes seja feita nos dois quartos intermediários do tempo de irrigação, pois a permanência do nitrogênio na tubulação, após a fertirrigação, pode favorecer o desenvolvimento de microrganismos que causam a obstrução dos emissores.

Deve-se também levar em consideração a localização do cabeçal de controle em relação às áreas irrigadas, para determinar o tempo exato em que a água demora para chegar a cada unidade de rega. Para o manejo de fertirrigação deve-se considerar o maior tempo, além de monitorar a condutividade elétrica da água de irrigação em todas as unidades de rega e efetuar os ajustes de pH da solução de nutrientes.

A relação entre a vazão de injeção de fertilizantes e a vazão do sistema de irrigação é de $0,2 \text{ L m}^{-1}$ a $0,4 \text{ L m}^{-1}$. Por sua vez, o aumento da salinidade da água de irrigação, provocada pela injeção de fertilizantes, é função da relação entre a frequência de irrigação e a frequência de fertirrigação, conforme Tabela 7.

Tabela 7. Salinidade máxima na água de irrigação após a dissolução de fertilizantes.

Frequência de irrigação/ frequência de fertirrigação	Concentração na água (g L^{-1})	Condutividade elétrica (mmhos cm^{-1} a 25°C)
1 dia	1,50	2,30
2 vezes por dia	2,00	3,10
4 vezes por dia	2,50	4,00
7 vezes por dia	4,00	6,30

Fonte: Burt et al. (1998).

Referências

ALLEN, R. G. **Irrigation engineering**: course lecture notes. Logan: Department of Agricultural Engineering-Utah State University, 1992. 297 p.

AVILÁN ROVIRA, L. La fertilización del mango (*Mangifera indica* L.) en Venezuela. **Fruits**, Paris, FR, v. 38, n. 7/8, p. 553-562, 1983. AVILÁN ROVIRA, L.; CHAURAN, O.; FIGUEROA, M. Evaluación del estado nutricional del mango (*Mangifera indica* L.) y el aguacate (*Persea americana* Mill) y distribución radicular del mango cultivado en los suelos de las mesas orientales de Venezuela. **Agronomía Tropical**, Maracay, v. 28, n. 1, p. 3-18, 1978.

AVILÁN ROVIRA, L. Variaciones de los niveles de nitrógeno, fósforo, potasio y calcio en las hojas de mango (*Mangifera indica* Linn.) a través de un ciclo de producción. **Agronomía Tropical**, Maracay, v. 21, n. 1, p. 3-10, 1971.

AZZOUZ, S.; EL-NOKRASHY, M. A.; DAHSHAN, I. M. Effect of frequency of irrigation on tree production and fruit quality of mango. **Agricultural Research Review**, Cairo, EG, v. 55, n. 3, p. 59-66, 1977.

BURT, C.; O'CONNOR, K.; RUEHR, T. **Fertigation**. San Luis Obispo: The Irrigation Training & Research Center, 1998. 320 p.

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

CLAUSNITZER, V.; HOPMANS, J. W. Simultaneous modeling of transient three-dimensional root growth and soil water flow. **Plant and Soil**, The Hague, v. 164, n. 2, p. 299-314, 1994.

COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F. Uso da regulação do déficit de irrigação e produtividade de mangueira tomy atkins em condições semi-áridas. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL DE USO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA AGRICULTURA IRRIGADA, 2005, Teresina. **Anais...** Teresina: ABID, 2005. 1 CD-ROM.

COELHO, A. M. Fertigação. In: COSTA, E. F. da; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. (Ed.). **Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação**. Brasília, DF: Embrapa-SPI, 1994. p. 201-227.

COELHO, E. F.; OLIVEIRA, F. C.; ARAÚJO, E. C. E.; VASCONCELOS, L. F. L.; LIMA, D. M. Distribuição do sistema radicular da mangueira sob irrigação localizada em solo arenoso de tabuleiros costeiros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 250-256, 2001.

FARRÉ, J. M.; HERMOSO, J. M. Mulching and irrigation effects on growth, cropping and fruit quality of the mango cv. Sensation. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 341, p. 295-302, 1993.

FRIZZONE, J. A.; BOTREL, T. A. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE FERTILIZANTES FLUIDOS, 1993, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Potafos, 1994. p. 227-260.

GUZMÁN-ESTRADA, C. Nutrient supply of mango in Southern Sinaloa, México. In: INTERNATIONAL MANGO SYMPOSIUM, 8., 2006, Sun City. **Abstract...** Sun City: [s.n.], 2006. p. 5-10.

HIROCE, R.; CARVAHO, A. M.; BATAGLIA, O. C.; FURLANIO, P. R.; FURLANI, A. M. C.; SANTOS, R. R. dos; GALLO, J. Composição mineral de frutos tropicais na colheita. **Bragantia**, Campinas, v. 36, p. 155-164, 1977.

HIROCE, R.; CARVALHO, A. M.; BATAGLIA, O. C.; FURLANI, P. R.; FURLANI, A. M. C.; SANTOS, R. R. dos; GALLO, J. R. Composição mineral de frutos tropicais na colheita. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 4., 1978, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1978. p. 357-364.

KOTUR, S. C.; IYENGAR, B. R.; SHIVANANDA, T. N. Distribution of root activity in young 'Alphonso' mango (*Mangifera indica*) trees as influenced by season and growth. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, New Delhi, IN, v. 67, n. 3, p. 113-116, 1997.

LOPES, P. M. O. **Evapotranspiração da mangueira na região do submédio São Francisco**. 1999. 104 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

MEDINA, U. V. M. Distribution of roots of native mango trees *Mangifera indica* L. grafted with three different cultivars. **Agricultura Técnica en Mexico**, México, DF, v. 9, n. 2, p. 165-178, 1983.

MOSTERT, P. G.; WANTENAAR, L. Water needs and irrigation of mature mango trees. **Yearbook South African Mango Growers' Association**, Tzaneen, v. 14, p. 21-23, 1994.

QUAGGIO, L. A. A adubação e calagem para mangueira e qualidade dos frutos. In: SÃO JOSÉ, A. R.; SOUZA, I. V. B.; MARTINS FILHO, J.; MORAIS, O. M. (Ed.). **Manga: tecnologia de produção e mercado**. Vitória da Conquista: DBZ/UES, 1996. p. 106-135.

RODRIGUEZ, A. P. M.; GUILHERME, M. R.; KLIEMANN, H. J.; GENÚ, P. J. de C.; QUEIROZ, E. F. de. Nutrição mineral e adubação da mangueira. In: HAAG, H. P. (Ed.). **Nutrição mineral e adubação de frutíferas tropicais no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1986. p. 205-245.

- SAMRA, J. S.; ARORA, Y. K. Mineral nutrition. In: LITZ, R. E. **The mango: botany, production and uses**. Homestead: CAB International, 1997. p. 175-201.
- SCHAFFER, B.; WHILEY, A. W.; CRANE, J. H. Mango. In: SCHAFFER, B.; ANDERSEN, P. (Ed.). **Handbook of environmental physiology of fruit crops**. Boca Raton: CRC, 1994. v. 2, p. 165-198.
- SILVA, E. M.; PINTO, A. C. Q.; AZEVEDO, J. A. **Manejo da irrigação e fertirrigação na cultura da mangueira**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 1996. 77 p. (EMBRAPA-CPAC. Documentos, 61).
- SILVA, V. P. R. **Estimativa das necessidades hídricas da mangueira**. 2000. 129 f. (Doutorado em Recursos Naturais) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.
- SILVA, V. P. R.; AZEVEDO, P. V.; SILVA, B. B.; BASSOI, L. H.; TEIXEIRA, A. H. C.; SOARES, J. M.; SILVA, J. A. M. Estimativa da evapotranspiração da mangueira com base no balanço hídrico no solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 3, p. 456-462, 2001.
- SOARES, J. M.; COSTA, F. F. Irrigação. In: MARQUES, M. E. de P.; MENEZES, E. A. (Ed.). **Informações técnicas sobre a cultura da manga no semi-árido brasileiro**. Brasília, DF: Embrapa-SPI; Petrolina: Embrapa-CPATSA, 1995. p. 41-80.
- VILLAS BOAS, R. L.; BULL, L. T.; FERNANDES, D. M. Fertilizantes em fertirrigação. In: FOLEGATTI, M. V. (Coord.). **Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças**. Guaíba: Agropecuária, 1999. p. 293-353.
- VITTI, G. C.; BOARETTO, A. E.; PENTEADO, S. R. Fertilizantes e fertirrigação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE FERTILIZANTES FLUIDOS, 1993, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Potafos, 1994. p. 261-281.
- VUUREN, B. P. H.; STASSEN, P. J. C. Seasonal uptake of macro elements by young bearing "sensation" mango trees. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 455, p. 167-174, 1997.