

PADRÃO DE DISTRIBUIÇÃO DE K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ E P NO SOLO DE UM POMAR DE CITROS EM FUNÇÃO DA FERTIRRIGAÇÃO¹

VALÉRIO T. LAURINDO², GUILHERME O. SILVA³, LUIZ C. PAVANI⁴,
JOSÉ A. QUAGGIO⁵

RESUMO: Em solos tropicais, a distribuição dos nutrientes no solo em função da fertirrigação realizada por meio de irrigação localizada (gotejamento e/ou microaspersão), na cultura de citros, é pouco conhecida. Este trabalho teve por objetivo avaliar os padrões de distribuição de potássio, cálcio, magnésio e fósforo em solo tropical, em função da fertirrigação, aplicada por dois sistemas de irrigação localizada (microaspersão e gotejamento), sendo que o sistema por gotejamento era composto por uma e duas linhas laterais por linha de plantas, e o de microaspersão por apenas uma linha, e com três dotações hídricas (100%, 75% e 50%) da evapotranspiração da cultura (ETc), em um pomar de laranja. As fontes de fertilizantes utilizadas na fertirrigação foram o nitrato de amônio (fonte de N), o cloreto de potássio (fonte de K⁺) e o ácido fosfórico (fonte de P). Observou-se que, sob o emissor, nos tratamentos com gotejamento, houve depleção nos teores de Ca⁺⁺ e Mg⁺⁺ desde a superfície do solo até 60 cm de profundidade em relação aos teores anteriores às fertirrigações, enquanto os teores de P aumentaram, principalmente na camada de 0 cm a 20 cm. Na microaspersão, esses efeitos não foram observados, ocorrendo distribuição mais homogênea desses nutrientes tanto na direção transversal à linha de plantas quanto em profundidade. As lâminas de irrigação aplicadas por irrigação localizada não interferem na distribuição de K⁺ aplicado por fertirrigação e do Ca⁺⁺ e Mg⁺⁺ no solo em profundidade, porém menores lâminas de irrigação promovem maior concentração de P na camada mais superficial do solo, e lâminas maiores carregam o P para camadas mais profundas.

PALAVRAS-CHAVE: macronutrientes, lixiviação, gotejamento, microaspersão.

DISTRIBUTION PATTERN OF K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ AND P IN SOIL OF A CITRUS ORCHARD DEPENDING ON FERTIGATION

ABSTRACT: There is few knowledge of the localized fertigation effect (dripping and micro sprinklers irrigation) on nutrients distribution in tropical soils in a citrus orchard. The objective of this research was to evaluate the distribution of potassium (K⁺), calcium (Ca⁺⁺), magnesium (Mg⁺⁺) and phosphorus (P) in a tropical soil, under three water distribution patterns by localized irrigation method – micro sprinklers, single dripping line and double dripping lines per line of trees, and three irrigation depths - 100%, 75% and 50% of the crop evapotranspiration (ETc) in an orange orchard. The sources of nutrients applied by fertigation were ammonium nitrate (N source), potassium chloride (K source) and phosphoric acid (P source) applied by fertigation parcelled in 28 times. The results obtained showed that under the emitter, in the dripping treatments, there was depletion in Ca⁺⁺ and Mg⁺⁺ from the soil surface to 60 cm depth compared to prior levels to fertigation, whereas the P levels increased mainly in the 0 cm to 20 cm. In the micro sprinklers these effects were not observed, occurring more homogeneous distribution of these nutrients as in the transverse direction to the plant row as in the depth. The irrigation water applied by irrigation did not interfere the distribution of K⁺ applied by fertigation and Ca⁺⁺ and Mg⁺⁺ in the soil depth, but lower irrigation levels promote greater P concentrations in the most superficial layer of soil and larger water depths carry the P for deeper layers.

KEYWORDS: macronutrient, leaching, drip irrigation, micro sprinkler irrigation.

¹ Extraído da dissertação de mestrado do primeiro autor.

² Eng^o Agrônomo, M.Sc., FORBB - Serviços na Área de Agricultura, valerio@techs.com.br.

³ Eng^o Agrônomo, M.Sc., FORBB - Serviços na Área de Agricultura, guiolsilva@techs.com.br.

⁴ Eng^o Agrônomo, Prof. Doutor, Departamento de Engenharia Rural, FCAV/UNESP, Jaboticabal - SP, lcpavani@fcav.unesp.br.

⁵ Eng^o Agrônomo, Pesquisador Doutor, Centro de Solos e Recursos Ambientais, IAC, Campinas - SP, quaggio@iac.sp.gov.br.

Recebido pelo Conselho Editorial em: 2-3-2009

Aprovado pelo Conselho Editorial em: 7-8-2010

INTRODUÇÃO

A irrigação é uma técnica agrícola utilizada na cultura de citros, e cerca de 45% de sua produção mundial provêm de áreas irrigadas.

As irrigações insuficientes, bem como em excesso, resultam em perdas e prejuízos consideráveis às plantas e ao solo, diminuindo a eficiência do uso dessa técnica (SILVA et al., 1993).

Os métodos de irrigação mais utilizados na cultura de citros no Estado de São Paulo são o de aspersão (autopropelido) e o de irrigação localizada (gotejamento e microaspersão). O sistema autopropelido demanda maiores consumos energético e volume de água, enquanto os de irrigação localizada, por aplicar água em apenas uma porcentagem mais restrita de área e utilizar emissores de baixas vazão e pressão, têm maior potencial em economia de energia e água.

Para o sistema de gotejamento, há controvérsias sobre a sua eficácia e consequências produtivas e econômicas da adoção de uma ou duas linhas de emissores por linha de plantas quando se consideram a extensão da superfície molhada e a distribuição da água e dos nutrientes aplicados em cada uma dessas condições. Teoricamente, é de se esperar que a maior porcentagem de área molhada, proporcionada pela linha dupla de gotejadores, em comparação com apenas uma linha, proporcionando disponibilidade de água no solo a um volume maior de raízes, tenha condições de suprir mais eficientemente as demandas hídricas das plantas adultas e em seu maior vigor produtivo, minimizando a ocorrência de estresse hídrico nos períodos fisiológicos mais críticos da planta, assim como facilitar a “quebra” do estresse hídrico induzido pela paralisação ou diminuição da lâmina de irrigação por 30 a 60 dias com o objetivo de tentar garantir maior quantidade de flores e maior uniformidade de florada.

A determinação da lâmina de irrigação a ser aplicada pode ser feita por meio de métodos climatológicos, em que a evapotranspiração da cultura (ET_c) é obtida multiplicando-se a evapotranspiração de referência (ET_o) por um coeficiente de cultura (K_c). ALLEN et al. (1998) sugerem valores de K_c de 0,75; 0,70 e 0,75, para o período inicial, médio e final do ciclo anual da cultura de citros .

Tradicionalmente, a adubação dos citros é realizada espalhando-se sobre o solo, manual ou mecanicamente, fertilizantes sólidos na forma de grânulos, contendo nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). Nas áreas com irrigação localizada, fertilizantes líquidos ou sólidos solúveis podem ser aplicados com água de irrigação, em menores quantidades e com maior frequência. No entanto, o parcelamento da adubação por meio da fertirrigação pode não resultar em resposta favorável da produtividade pela capacidade de as plantas cítricas, quando adequadamente cultivadas, utilizarem-se das suas próprias reservas e absorverem bem os nutrientes do solo por um período relativamente longo (DUENHAS et al., 2005).

A eficiência de absorção de N, P e K pode sofrer variações da ordem de 40%, 10% e 60%, respectivamente, para sistema de irrigação por sulco e de até 85%, 35% e 90%, para irrigação localizada (PAPADOPOULOS, 2001)

A aplicação de P via gotejamento pode aumentar em cinco vezes o movimento desse nutriente no solo se comparada com a aplicação convencional, e a utilização de ácido fosfórico proporciona maior mobilidade do P no solo do que o superfosfato triplo (VIVANCOS, 1996; ZANINI et al., 2002).

As plantas cítricas são muito exigentes em Mg⁺⁺ e, principalmente, em Ca⁺⁺, sendo este último dominante na composição da parte vegetativa da laranjeira (MALAVOLTA & VIOLANTE NETO, 1989). Esses dois nutrientes devem ser aplicados antes do plantio por meio da calagem e apenas complementados via fertirrigação (VILLAS BÔAS et al., 1999).

Nutrientes como P, Ca e Mg que, em condições de sequeiro, são mais retidos no solo, quando aplicados por fertirrigação, têm a movimentação através do perfil do solo acelerada, o que, em parte, pode explicar os ganhos de eficiência com esse sistema (VITTI et al., 1994).

O movimento de K⁺ no solo depende do tipo de solo e, na maioria dos casos, move-se com limitação, podendo, no entanto, ser lixiviado em solos arenosos e com baixa CTC e na presença de ânions fracamente adsorvidos, como cloretos e sulfatos (WADT & WADT, 1999). Em irrigação por gotejamento, ZANINI (1991) verificou que a distribuição de K⁺ no bulbo de solo molhado pelo gotejador se correlacionou com a distribuição da água no solo nesse bulbo.

Tendo em vista que pouco se conhece sobre a distribuição quantitativa e sobre o padrão de distribuição dos macronutrientes no solo em condições de fertirrigação e também a dependência destas variáveis à forma de aplicação de água e de nutrientes por irrigação localizada, em solos tropicais e com a cultura de citros, este trabalho teve por objetivo avaliar a distribuição espacial de potássio (K⁺), cálcio (Ca⁺⁺), magnésio (Mg⁺⁺) e fósforo (P) aplicados por fertirrigação localizada por gotejamento e microaspersão, com três lâminas de irrigação, em relação à evapotranspiração máxima da cultura (ETc), em pomar de laranja.

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida no município de Nova Europa, Estado de São Paulo, situado a 21°42'06" S, 48°31'45" W e 532 m de altitude, no período de 15-9-2003 a 30-10-2004, em área de Argissolo Vermelho-Amarelo epieutrófico (EMBRAPA, 1999), em pomar de laranja 'Valência' (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck), enxertada sobre porta-enxerto do híbrido Citrumelo 'Swingle' (*Poncirus trifoliata* (L.) Raf. X *Citrus paradisi* Macfad.), plantada em dezembro de 1999, em espaçamento de 7,0 m entre linhas e 3,5 m entre plantas, e conduzida até 15-9-2003 (início do experimento), sem irrigação, e adubada convencionalmente por meio de aplicação tratorizada a lanço, na projeção da copa das plantas.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos casualizados, com nove tratamentos, quatro repetições e vinte e uma plantas por parcela, distribuídas em três linhas de sete plantas (514,5 m²), considerando-se como parcela útil as cinco plantas centrais de cada parcela (122,5 m²).

Os tratamentos foram assim definidos: G1-50, G1-75 e G1-100 - gotejamento com uma linha de gotejadores por linha de plantas e lâminas de irrigação de 50%, 75% e 100% da ETc, respectivamente; G2-50, G2-75 e G2-100 - gotejamento com duas linhas de gotejadores por linha de plantas e lâminas de irrigação de 50%, 75% e 100% da ETc, respectivamente; M-50, M-75 e M-100 - microaspersão com um microaspersor por planta e lâminas de irrigação de 50%, 75% e 100% da ETc, respectivamente.

O microaspersor utilizado (marca Carborundum[®], modelo MF Rotativo) possuía vazão de 31 L h⁻¹ para um intervalo de pressões entre 150 kPa e 350 kPa (autocompensado) e raio de molhamento de 2,6 m. Cada planta foi irrigada por um microaspersor, posicionado na direção da linha de plantas e a 30 cm do tronco da planta.

Cada linha lateral dos sistemas de gotejamento possuía gotejadores inseridos internamente na tubulação (integrados), e vazão regulada de 4,2 L h⁻¹, para pressões de trabalho entre 100 e 350 kPa (autocompensados), da marca Carborundum[®], tipo Carbo Drip PC. O espaçamento entre gotejadores, nos tratamentos onde foram instaladas duas linhas laterais, foi de 1,0 m, e cada linha lateral foi posicionada paralelamente à linha de plantio e a 0,8 m do tronco das plantas, em ambos os lados da copa. Para os tratamentos com uma linha de gotejadores, esta foi posicionada junto ao tronco das plantas, e o espaçamento entre gotejadores foi de 0,5 m.

Considerando-se uma eficiência de aplicação de 90% para a microaspersão e de 95% para o gotejamento, a lâmina líquida de irrigação era aplicada a uma taxa de 1,14 mm h⁻¹.

A análise textural do solo, como média de oito amostras desde a superfície (0 cm) até 80 cm de profundidade, foi de 317 g kg⁻¹ de argila, 47 g kg⁻¹ de silte e 636 g kg⁻¹ de areia, caracterizando o solo da área experimental como de textura média (EMBRAPA, 1999).

A quantidade total de N, P e K aplicada foi baseada em RAIJ et al. (1997) para uma expectativa de produtividade de frutos entre 31 e 40 t ha⁻¹, considerando os teores de P e K⁺ no solo (Tabela 1) obtidos de amostragem prévia realizada em 1^o-10-2003.

Os resultados dessa análise indicam que, na camada de 0-20 cm de profundidade, os teores de Ca⁺⁺ e de Mg⁺⁺ no solo eram altos (> 7 e 8 mmol_c dm⁻³, respectivamente), os de P (entre 13 e 30 mg dm⁻³) e de K⁺ (entre 1,6 e 3,0 mmol_c dm⁻³) eram médios, segundo a classificação proposta por RAIJ et al. (1997), e a saturação por bases (V%) era adequada à cultura de citros (60 a 70%), segundo VIOLANTE NETO et al. (1988) e MALAVOLTA & VIOLANTE NETTO (1989).

TABELA 1. Resultados da análise química de solo da área experimental. Coleta em 1^o-10-2003.
Results of the soil chemical analysis of the experimental area. Collection in 10-1st -2003.

Profundidade (cm)	pH em CaCl ₂	M.O. (mg dm ⁻³)	P resina (mg dm ⁻³)	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	H ⁺ + Al ⁻ (mmol _c dm ⁻³)	SB	T	Al ⁻	V %
0 - 20	5,4	14	23	1,8	22	14	20	37,8	57,8	0,0	65
20 - 40	4,9	12	7	1,2	17	10	28	28,2	56,2	1,0	50
40 - 60	4,8	9	2	0,7	12	7	22	19,7	41,7	1,0	47

A amostragem do solo para a avaliação final dos nutrientes foi realizada em 10-8-2004, cuja coleta foi efetuada tomando-se como referência o ponto de maior precipitação em cada um dos emissores utilizados. Nos tratamentos de gotejamento, o ponto de maior precipitação (ponto zero) situou-se abaixo do gotejador e, nos de microaspersão, o ponto zero foi considerado a 30 cm do microaspersor, conforme teste fornecido pelo fabricante. A partir deste ponto, foram coletadas 12 amostras por parcela a 0 cm, 25 cm, 50 cm e 75 cm, ortogonalmente à linha de plantas e em três camadas de solo: 0 - 20 cm, 20 - 40 cm e 40 - 60 cm de profundidade.

Os resultados foram avaliados estatisticamente, considerando-se um fatorial com três fatores, sendo três níveis para lâminas de irrigação, três sistemas de irrigação e quatro distâncias a partir do ponto de maior precipitação do emissor (ponto zero). Cada camada amostrada foi avaliada independentemente. O teste F a, no mínimo, 5% de probabilidade foi aplicado para a análise de variância dos dados, e a comparação estatística das médias foi realizada por meio do teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Na fertirrigação, foram utilizados os seguintes fertilizantes: nitrato de amônio (94% do total anual de N aplicado), cloreto de potássio (100% do total anual de K⁺ aplicado) e ácido fosfórico (30% do total anual de P aplicado). A complementação de N e P foi feita por aplicação a lanço com monoamônio fosfato (MAP - 6% do total anual de N e 70% do total anual de P aplicados). Não foram aplicados Ca⁺⁺ e Mg⁺⁺ nem a lanço nem por fertirrigação. O total anual de N, P₂O₅ e K₂O aplicados por fertirrigação e a lanço foram, respectivamente, 130 kg ha⁻¹, 60 kg ha⁻¹ e 80 kg ha⁻¹. As doses de nutrientes aplicadas por fertirrigação foram parceladas em 28 vezes, semanalmente, entre 12-10-2003 e 30-4-2004.

A aplicação de P₂O₅ foi dividida, sendo 70% do total realizada em 12-10-2003, utilizando-se o MAP, espalhado manualmente a lanço, e os 30% restantes foram parcelados na fertirrigação, utilizando como fonte o ácido fosfórico.

O manejo de água estabelecido para reposição da lâmina evapotranspirada pela cultura foi baseado nos dados de evapotranspiração de referência (ET_o) diária, estimada por meio do modelo de Penman-Monteith - FAO (ALLEN et al., 1998). A evapotranspiração da cultura (ET_c) foi estimada diariamente, multiplicando-se o valor diário de ET_o obtido pelo coeficiente de cultura

adotado ($K_c = 0,70$), segundo proposição de ALLEN et al. (1998), sendo o resultado considerado como a lâmina diária de irrigação para os tratamentos de 100% da ET_c (G1, G2 e M).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os sistemas de distribuição de água por irrigação localizada (SDA) influenciaram significativamente sobre os teores de K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ e P, nas três profundidades de solo amostradas (Tabela 2- $p < 0,01$ e $p < 0,05$), com exceção do Ca⁺⁺, na camada de 40 - 60 cm ($p > 0,05$), assim como em todas as profundidades, nas distâncias horizontais, a partir do ponto de maior precipitação do emissor (DP). Esses dois fatores, SDA e DP, excetuando-se para o Ca⁺⁺ na camada de 40 - 60 cm, apresentaram interação significativa ($p < 0,01$ e $p < 0,05$) para os quatro macronutrientes e nas três profundidades (0 - 20 cm; 20 - 40 cm e 40 - 60 cm).

O fator lâminas de irrigação (LI) influenciou significativamente somente os teores de P e apenas na camada de 0 - 20 cm ($p < 0,05$). Nesta, o teor de P no tratamento de 75% da ET_c foi superior ao de 100% da ET_c ($p < 0,05$) e foi semelhante ao de 50%. Este, por sua vez, não diferiu do teor a 100% ($p > 0,05$) (Tabela 2). Isto pode estar relacionado com o menor volume de água aplicado no solo nas menores lâminas, o que resultou em menor taxa de aplicação, gerando menor fluxo de massa para induzir o caminhamento do P das camadas superficiais para as mais profundas, uma vez que, segundo VILLAS BÔAS et al. (2002), a textura do solo, a taxa de aplicação e a quantidade de água aplicada são as variáveis que mais afetam o movimento do P no solo.

TABELA 2. Teores de K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ e P em três profundidades de solo, em função dos sistemas de distribuição de água (SDA), das lâminas de irrigação (LI) e das distâncias do ponto de maior precipitação dos emissores - ponto zero (DP).¹ **Levels of K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ and P in three soil depths according to water distribution systems (SDA), irrigation depths (LI) and distances from the highest precipitation point of the emitters - zero point (DP).**¹

Tratamentos	K ⁺			Ca ⁺⁺			Mg ⁺⁺			P		
	mmolc dm ⁻³											
	Profundidades (cm)											
	0 - 20	20 - 40	40 - 60	0 - 20	20 - 40	40 - 60	0 - 20	20 - 40	40 - 60	0 - 20	20 - 40	40 - 60
SDA												
Teste F	21,3 **	18,3 **	8,9 **	11,9 **	6,6 **	0,5 ns	17,4 **	20,4 **	6,7 **	14,1 **	9,3 **	4,7 *
dms (5%)	0,27	0,24	0,41	2,4	1,8	1,7	1,7	1,3	1,2	5,1	1,5	0,78
LI												
100% ET _c	1,95 a	1,13 a	0,85 a	13,5 a	10,1 a	8,9 a	8,3 a	7,3 a	6,3 a	14,6 b	3,3 a	2,1 a
75% ET _c	1,92 a	1,18 a	0,86 a	14,3 a	9,9 a	8,2 a	9,5 a	7,1 a	5,9 a	20,9 a	4,4 a	2,4 a
50% ET _c	1,82 a	0,99 a	0,73 a	14,2 a	10,5 a	9,3 a	9,1 a	7,4 a	6,7 a	18,9 ab	3,4 a	2,1 a
Teste F	0,7 ns	1,7 ns	1,5 ns	0,4 ns	0,3 ns	1,3 ns	1,5 ns	0,2 ns	1,1 ns	4,5 *	1,9 ns	0,6 ns
dms (5%)	0,27	0,24	0,19	2,4	1,8	1,7	1,7	1,3	1,2	5,1	1,5	0,78
DP												
Teste F	20,9 **	20,6 **	19,9 **	24,9 **	10,7 **	4,7 **	26,7 **	16,0 **	8,3 **	44,9 **	10,3 **	2,9 *
dms (5%)	0,25	0,31	0,25	3,0	2,2	2,1	2,2	1,6	1,5	6,4	1,9	0,99
Interações												
SDA x LI	3,6 **	2,1 ns	0,9 ns	1,4 ns	1,8 ns	0,5 ns	1,7 ns	0,9 ns	0,6 ns	0,9 ns	2,3 ns	1,2 ns
SDA x DP	2,6 *	5,3 **	7,2 **	7,6 **	2,8 *	0,2 ns	6,3 **	5,6 **	3,6 **	16,5 *	5,8 **	2,3 *
LI x DP	2,1 ns	1,2 ns	1,9 ns	1,1 ns	0,6 ns	38,7 ns	1,1 ns	0,4 ns	0,6 ns	1,1 ns	1,6 ns	0,9 ns
C.V. (%)	29,3	45,4	50,3	34,9	35,4	38,7	39,7	36,8	39,4	57,6	83,2	73,9

¹ Valores seguidos por letras iguais nas colunas não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p < 0,05$); * e **Valores significativos a 5% ($p < 0,05$) e 1% ($p < 0,01$) de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Distribuição de K⁺ no solo

Na camada de 0 - 20 cm de profundidade (Tabela 3), em G1, a concentração de K⁺ foi semelhante ($p < 0,05$), de 0 cm até 25 cm de distância, sendo que o teor de K⁺ no ponto de emissão (ponto zero) foi superior ($p < 0,05$) aos teores a 50 cm e 75 cm de distância. A 25 cm, o teor de K⁺

foi semelhante ($p>0,05$) ao teor a 50 cm, mas foi superior ($p<0,05$) ao teor a 75 cm. No tratamento G2, o teor de K no ponto zero foi maior ($p<0,05$) do que os teores nas demais distâncias, enquanto o teor a 25 cm não diferiu ($p>0,05$) do teor a 50 cm e foi maior do que o teor a 75 cm ($p<0,05$); entre as distâncias de 50 e 75 cm, os teores de K^+ foram semelhantes ($p>0,05$). No tratamento de microaspersão (M), os teores de K^+ no solo foram semelhantes em todas as distâncias avaliadas ($p>0,05$).

TABELA 3. Teores de K^+ no solo, nas camadas de 0 - 20 cm, 20 - 40 cm e 40 - 60 cm de profundidade e a diferentes distâncias do ponto de maior precipitação do emissor - ponto zero (DP).¹ **Levels of K^+ in the soil layers of 0 - 20 cm, 20 - 40 cm and 40 - 60 cm depths and at different distances from the highest precipitation point of the emitters - zero point (DP).**¹

SDA [§]	K^+ (mmol _c dm ⁻³)											
	DP (cm)											
	0			25			50			75		
	0 - 20 cm											
G1	2,7	A a		2,6	AB a		2,0	BC a		1,9	C a	
G2	2,6	A a		1,9	B b		1,4	BC b		1,1	C b	
M	1,7	A b		1,9	A b		1,6	A ab		1,3	A b	
	20 - 40 cm											
G1	2,0	Aa		1,7	AB a		1,2	BC a		1,0	C a	
G2	1,9	Aa		0,8	B b		0,6	B b		0,6	B a	
M	0,9	Ab		0,9	A b		0,9	A ab		0,8	A a	
	40 - 60 cm											
G1	1,8	A a		1,0	B a		0,7	BC a		0,5	C a	
G2	1,3	A b		0,6	B a		0,5	B a		0,5	B a	
M	0,7	A c		0,7	A a		0,8	A a		0,7	A a	

¹ Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade ($p>0,05$); [§] Sistemas de distribuição de água: G1 - gotejamento com 1 linha lateral; G2 - gotejamento com duas linhas laterais, e M - microaspersão.

Entre sistemas de irrigação, no ponto zero, os tratamentos G1 e G2 não diferiram ($p>0,05$) e apresentaram teores de K^+ na camada de solo de 0 - 20 cm superiores ($p<0,05$) ao teor encontrado para a microaspersão (M). Nas distâncias de 25 e 75 cm do ponto zero, o tratamento G1 apresentou teores de K^+ maiores do que os dos tratamentos G2 e M ($p<0,05$). A 50 cm, os teores de K^+ , nos tratamentos G1 e M, não diferiram ($p>0,05$), mas o teor em G1 foi maior do que em G2 ($p<0,05$), e este não diferiu do teor em M ($p>0,05$). Na camada intermediária, 20 - 40 cm, o mesmo padrão de distribuição dos teores de K^+ verificado na camada mais superficial, de uma forma geral, foi mantido, mas com teores menores. Isto pode ser observado tanto entre as distâncias horizontais, a partir do ponto zero, para cada sistema de distribuição de água, quanto entre esses sistemas e para cada distância amostrada. Na camada mais profunda (40 - 60 cm), os sistemas de irrigação só se diferenciaram no ponto zero ($p<0,05$), com o G1 apresentando o maior teor de K^+ , seguido do G2 e este pelo M, com o menor valor. Entre as distâncias a partir do ponto zero, a distribuição dos teores de K^+ seguiu o mesmo padrão apresentado nas camadas de 0 - 20 cm e 20 - 40 cm (Tabela 3).

Os dois sistemas de irrigação, gotejamento e microaspersão configuraram padrões distintos de distribuição do K^+ no solo a partir do emissor (Figura 1).

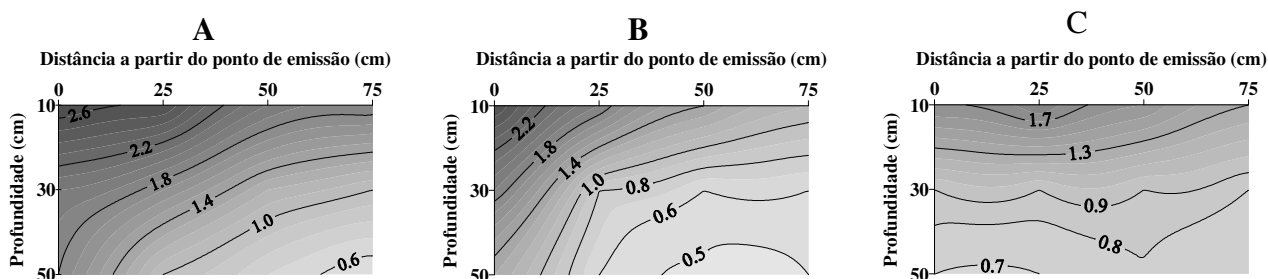


FIGURA 1. Distribuição de K^+ no solo ($mmol_c dm^{-3}$) em função da profundidade média de amostragem e da distância horizontal transversal à linha de plantas, a partir do ponto de emissão de água (ponto zero), nos sistemas: **A** - gotejamento com uma linha lateral por linha de plantas (G1); **B** - gotejamento com duas linhas laterais por linha de plantas (G2) e **C** - microaspersão (M). **Distribution of K^+ in the soil ($mmol_c dm^{-3}$) according to the average depth of sampling and the horizontal distance across the line of plants from the point of water emission (zero point), in the systems: A - dripping with one lateral line per line of plants (G1); B - dripping with two lateral lines per line of plants (G2) and C - micro sprinklers (M).**

Nos sistemas de gotejamento (G1 e G2), a distribuição dos teores de K^+ foi radialmente decrescente nos sentidos vertical e horizontal, a partir do ponto de emissão de água pelos gotejadores (Figuras 1A e 1B), enquanto no sistema de microaspersão (M), o gradiente vertical decrescente de concentração de K^+ foi mais pronunciado do que o gradiente horizontal, produzindo isolinhas de concentração de K^+ quase paralelas à superfície do solo (Figura 1C). Esse padrão diferenciado de distribuição de K^+ entre o gotejamento e a microaspersão está relacionado ao padrão diferenciado de distribuição de água pelos emissores de cada um dos sistemas, gotejador e microaspersor, respectivamente. O gotejador aplica água em um ponto concentrado do solo, e, a partir desse, a água redistribui-se em todas as direções, após cessada a irrigação, em função do gradiente de potencial do solo. Os teores de K^+ são, por isso, maiores no ponto de aplicação, onde o teor de água no solo é maior e vai decrescendo radialmente em todas as direções com a diminuição da umidade do solo.

Já o microaspersor que foi utilizado, distribui a água radialmente sobre a superfície do solo em uma área muitas vezes maior do que a do gotejador e a uma taxa de aplicação (vazão aplicada/área de aplicação) muitas vezes menor. Portanto, o mesmo volume de água resultou em profundidade menor de solo umedecido durante a irrigação, concentrando o K^+ em uma camada mais superficial do que a do gotejamento, com menor aprofundamento por percolação e redistribuição depois de cessada a irrigação, criando um gradiente vertical mais acentuado. No sentido horizontal, do ponto de aplicação para a periferia, a distribuição da água e, conseqüentemente do K^+ nela dissolvido, fez-se principalmente em função do perfil de distribuição de água pelo microaspersor na superfície do solo. Como esse perfil era aproximadamente triangular, ou seja, a lâmina aplicada decrescia radialmente do microaspersor para a periferia da área molhada, a variação da concentração de K^+ seguiu esse padrão.

Distribuição de Ca^{++} e Mg^{++} no solo

Os teores de Ca^{++} e Mg^{++} na camada 0 - 20 cm apresentaram as mesmas tendências (Tabelas 4 e 5). Nas distâncias horizontais a partir do ponto de maior emissão de água (ponto zero) e nos sistemas G1 e G2, ocorreu aumento dos teores destes dois elementos até os 50 cm de distância ($p > 0,05$) para depois manter, a 75 cm, teores semelhantes aos encontrados a 50 cm. Para o sistema M, a distribuição dos teores de Ca^{++} e de Mg^{++} foram uniformes em todas as distâncias ($p > 0,05$), evidenciando maior homogeneidade de distribuição de Ca^{++} e Mg^{++} por este sistema, à semelhança do que foi verificado para o K^+ (Tabela 3).

TABELA 4. Teores de Ca^{++} no solo, nas camadas 0 - 20 cm, 20 - 40 cm e 40 - 60 cm de profundidade, a diferentes distâncias horizontais do ponto de maior precipitação do emissor - ponto zero (DP).¹ **Levels of Ca^{++} in the soil layers of 0 - 20 cm, 20 - 40 cm and 40 - 60 cm at different horizontal distances from the highest precipitation point of the emitters - zero point (DP).**¹

SDA [§]	Ca^{++} ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)								Médias		
	DP (cm)										
	0		25		50		75				
0 - 20 cm											
G1	3,1C	b	12,8	B	a	20,1	A	a	15,2	AB	a
G2	5,3C	b	11,7	B	a	15,6	AB	a	17,3	A	a
M	17,2A	a	15,8	A	a	16,6	A	a	17,8	A	a
20 - 40 cm											
G1	3,9B	b	9,9A	a		10,8A	a		12,0	A	a
G2	6,9B	b	9,3AB	a		11,5A	a		11,3	A	a
M	11,4A	a	11,7A	a		11,3A	a		12,4	A	a
40 - 60 cm											
G1	5,2		9,2			9,9			9,8		8,5 a
G2	6,8		10,4			10,7			8,8		9,2 a
M	9,1		9,1			8,3			9,0		8,9 a
Médias	7,0B		9,6A			9,6A			9,2	A	

¹Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na horizontal e minúscula na vertical, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade ($p>0,05$); [§]Sistemas de distribuição de água: G1 - gotejamento com 1 linha lateral; G2 - gotejamento com duas linhas laterais, e M - microaspersão.

Os teores de Ca^{++} e de Mg^{++} na microaspersão (M) não diferiram ($p>0,05$) entre as distâncias do ponto zero, enquanto nos tratamentos G1 e G2 os teores destes elementos foram menores nesse ponto ($p<0,05$) do que nas demais distâncias.

TABELA 5. Teores de Mg^{++} no solo, nas camadas 0 - 20 cm, 20 - 40 cm e 40 - 60 cm de profundidade e a diferentes distâncias do ponto de maior precipitação do emissor - ponto zero (DP). **Levels of Mg^{++} in the soil layers of 0 - 20 cm, 20 - 40 cm and 40 - 60 cm at different distances from the highest precipitation point of the emitters - zero point (DP).**

SDA [§]	Mg^{++} ($\text{mmol}_c \text{dm}^{-3}$)								Médias			
	DP (cm)											
	0		25		50		75					
0 - 20 cm												
G1	1,3	C	b	7,1	B	b	12,7	A	A	9,9	AB	a
G2	2,2	C	b	6,9	B	b	10,2	AB	A	11,6	A	a
M	11,3	A	a	10,7	A	a	11,4	A	A	12,3	A	a
20 - 40 cm												
G1	1,3	B	b	5,5	A	b	7,6	A	A	8,2	A	a
G2	3,2	B	b	8,0	A	ab	8,6	A	A	8,0	A	a
M	9,4	A	a	9,2	A	a	8,8	A	A	9,2	A	a
40 - 60 cm												
G1	1,9	C	b	6,0	B	b	6,7	A	A	6,8	AB	a
G2	4,0	CA	b	6,8	B	b	7,7	AB	A	6,6	A	a
M	7,6	A	a	7,3	A	a	6,8	A	A	7,2	A	a

Com relação ao Mg^{++} , o tratamento G1 apresentou o mesmo comportamento do G2 e de forma similar ao verificado para o Ca^{++} . Os teores de Ca^{++} na camada 40 - 60 cm (Tabela 4) diminuíram mais acentuadamente no ponto zero do que nas demais distâncias, independentemente do sistema de aplicação de água (G1, G2 e M). No entanto, verifica-se que essa tendência é clara para os sistemas G1 e G2, enquanto para o M a distribuição é mais homogênea em todas as distâncias. Os teores de Mg^{++} no ponto zero, sob os tratamentos G1 e G2 (Tabela 5), não diferiram entre si ($p>0,05$), mas foram menores do que os do tratamento M ($p<0,05$).

Os tratamentos G1 e G2 apresentaram menor teor de Mg^{++} no ponto zero do que nas distâncias de 25; 50 e 75 cm, entre as quais não houve diferença nos teores desse nutriente ($p>0,05$). Para o sistema de microaspersão (M), nenhuma diferença nos teores desse elemento ($p>0,05$) foi observada entre as distâncias.

Os menores teores de Ca^{++} e Mg^{++} no ponto zero dos gotejadores (G1 e G2) do que no do microaspersor (M), desde 0 até 60 cm de profundidade, podem significar que a alta taxa de aplicação de água pelos gotejadores, tendo em vista que aplicam água de forma pontual, promoveu maior percolação e, conjuntamente, lixiviação de Ca^{++} e Mg^{++} , para profundidades além da camada mais profunda avaliada (Figura 2, A e B; D e E), independentemente da lâmina de irrigação aplicada (Tabelas 6 a 10). Isto corrobora a afirmação de COELHO (1973), de que quanto maior a quantidade de água que percola através do perfil do solo, maior é o empobrecimento deste em Ca^{++} e Mg^{++} .

Estes elementos movem-se no solo mediante fluxo de massa (MALAVOLTA et al., 1989). Se no solo houver ânions como NO_3^- , $H_2PO_4^-$, Cl^- e SO_4^{--} que podem acompanhar tanto o Ca^{++} como o Mg^{++} , estes podem ser arrastados para camadas mais profundas do solo, e, no caso do Ca^{++} , esta lixiviação acontece mais facilmente em solos de textura arenosa e média (MALAVOLTA & VIOLANTE NETTO, 1989).

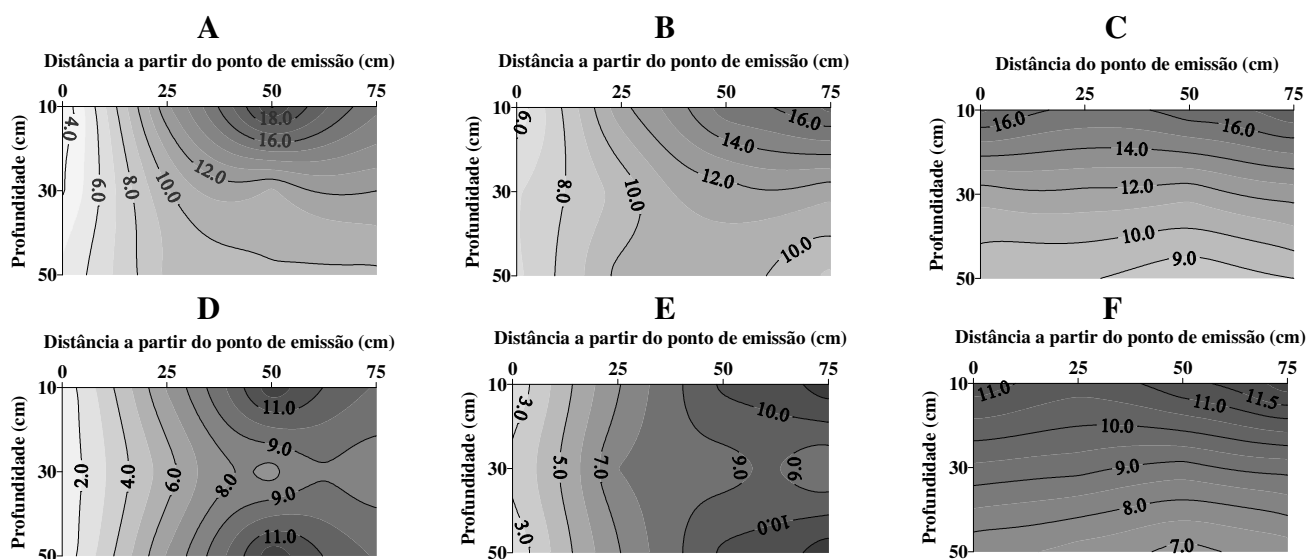


FIGURA 2. Distribuição de Ca^{++} (A, B e C) e de Mg^{++} (D, E e F) no solo ($mmol_c dm^{-3}$), em função da profundidade média de amostragem e da distância horizontal transversal à linha de plantas, a partir do ponto de emissão de água (ponto zero), nos sistemas: A e D - gotejamento com uma linha lateral por linha de plantas (G1); B e E - gotejamento com duas linhas laterais por linha de plantas (G2); C e F = microaspersão (M). **Distribution of Ca^{++} (A, B and C) and Mg^{++} (D, E and F) in the soil ($mmol_c dm^{-3}$) according to the average depth of the sampling and the horizontal distance across the line of the plants from the point of water emission (zero point) by the systems: A and D - dripping with one lateral line per line of plants (G1); B and E- dripping with two lateral lines per line of plants (G2); C and F- micro sprinklers (M).**

Sob a microaspersão (M), a distribuição de Ca^{++} e de Mg^{++} foi homogênea em todas as profundidades, desde o ponto de maior precipitação (ponto zero) até 75 cm de distância (Figuras 2C e 2F), evidenciando que a distribuição de água não se concentra em um ponto, característica desse sistema, não provocou a lixiviação do Ca^{++} e do Mg^{++} , conforme se verificou com o gotejamento. Os efeitos para Ca^{++} e Mg^{++} refletem a interferência do sistema de irrigação na dinâmica de distribuição desses elementos no solo, com maior impacto para o sistema de gotejamento (G1 e G2), uma vez que estes não foram adicionados durante o período experimental.

Distribuição de P no solo

Para a distribuição de P, a interação entre sistemas de distribuição de água e distâncias do ponto zero, na camada 0 - 20 cm de profundidade (Tabela 6), evidenciou diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os três sistemas de distribuição de água, apenas no ponto de maior precipitação (ponto zero), com maior teor de P no solo no tratamento G1, seguido pelo tratamento G2, e este, por sua vez, foi superior ao teor de P no tratamento M, em ordem decrescente.

Os teores de P no solo entre as distâncias, a partir do ponto zero para o tratamento M, não foram diferentes ($p > 0,05$), enquanto para os tratamentos G1 e G2, nas distâncias de 25; 50 e 75 cm, os teores desse nutriente, em cada um desses tratamentos, não diferiram entre si e foram menores ($p < 0,05$) do que o teor no ponto zero.

Para a profundidade de 20 - 40 cm, houve diferença entre sistemas somente no ponto zero, com maior teor de P no tratamento G1, que diferiu do tratamento G2 e do M ($p < 0,05$), os quais não diferiram entre si ($p > 0,05$). Na camada de 40 - 60 cm de profundidade, verificou-se que, no ponto zero, o teor de P no solo, no tratamento G1, foi superior aos dos tratamentos G2 e M, que não diferiram entre si ($p > 0,05$), à semelhança do verificado na camada de 20 - 40 cm. Apenas no tratamento G1, o teor de P sob o ponto zero foi superior ($p < 0,05$) aos das demais distâncias (25; 50 e 75 cm - Tabela 6).

A interação entre sistemas de irrigação e distâncias do ponto zero, nas diferentes profundidades (Tabela 6), evidenciou maior concentração de P no solo sob a região de maior precipitação dos emissores (ponto zero), principalmente na camada superficial de 0 - 20 cm, mas também na camada abaixo (20 - 40 cm), em que os teores de P foram superiores aos inicialmente encontrados na análise anterior ao início da aplicação das fertirrigações (Tabela 1).

Nas demais distâncias (25; 50 e 75 cm), os teores de P foram semelhantes ($p > 0,05$), indicando menor mobilidade horizontal do que vertical desse elemento.

Entre os sistemas de irrigação, a maior concentração de P foi encontrada sob o ponto de emissão de água pelos gotejadores, principalmente no tratamento G1, em que o espaçamento entre os gotejadores era a metade do espaçamento dos gotejadores em G2.

Na microaspersão (M), a distribuição da fertirrigação dá-se em área maior e de forma não pontual. Assim, os teores de P no solo, no ponto zero e nas demais distâncias avaliadas, foram semelhantes ($p > 0,05$).

Dessa forma, verificou-se que a dinâmica da água no solo, em função da aplicação frequente de água, e as diferentes formas de distribuição espacial do P, propiciadas pelos dois sistemas de gotejamento (G1 e G2) e pela microaspersão (M), influenciaram na mobilidade do P no solo (Figura 3, A, B e C).

TABELA 6. Teores de P no solo, nas camadas de 0 - 20 cm, 20 - 40 cm e 40 - 60 cm de profundidade, e a diferentes distâncias do ponto de maior precipitação do emissor - ponto zero (DP). **Levels of P in the soil layers of 0 - 20 cm, 20 - 40 cm and 40 - 60 cm at different distances from the highest precipitation point of the emitters – zero point (DP).**

SDA [§]	P (mg dm ⁻³)				Médias
	DP (cm)				
	0	25	50	75	
0 - 20 cm					
G1	55,5 A a	16,1 B a	14,2 B a	9,8 B a	23,8 a
G2	42,0 A b	9,8 B a	9,3 B a	11,1 B a	18,1 b
M	9,5 A c	13,4 A a	13,1 A a	14,2 A a	12,5 c
Médias	35,7 A	13,1 B	12,2 B	11,7 B	
20 - 40 cm					
G1	11,2 A a	3,2 B a	4,0 B a	2,7 B a	5,3 a
G2	4,4 A b	3,7 A a	2,0 A a	2,2 A a	3,1 b
M	2,8 A b	3,0 A a	2,6 A a	2,8 A a	2,8 b
Médias	6,1 A	3,3 B	2,9 B	2,5 B	
40 - 60 cm					
G1	4,4 A a	1,8 B a	2,8 AB a	1,8 B a	2,7 a
G2	2,5 A b	2,2 A a	2,0 A a	1,8 A a	2,1 ab
M	1,5 A b	1,8 A a	1,8 A a	1,7 A a	1,7 b
Médias	2,8 A	1,9 AB	2,2 AB	1,8 B	

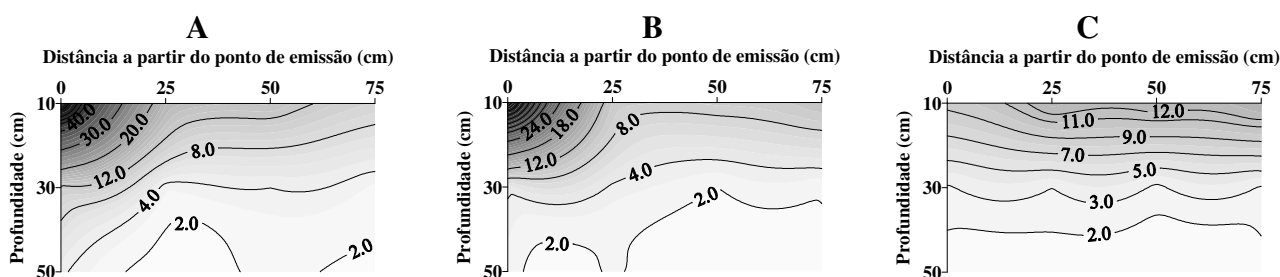


FIGURA 3. Distribuição de P no solo (mmol_c dm⁻³), em função da profundidade média de amostragem e da distância horizontal transversal à linha de plantas, a partir do ponto de emissão de água (ponto zero), nos sistemas: **A** - gotejamento com uma linha lateral por linha de plantas (G1); **B** - gotejamento com duas linhas laterais por linha de plantas (G2), e **C** - microaspersão (M). **Distribution of P in the soil (mmol_c dm⁻³) according to the average depth of the sampling and the horizontal distance across the line of the plants from the point of water emission (zero point), in the systems: A - dripping with one lateral line per line of plants (G1); B – dripping with two lateral lines per line of plants (G2) and C – micro sprinklers (M).**

Sabendo-se que, em condições não irrigadas, o fósforo caminha no solo por difusão a curtas distâncias, dentro de uma fase líquida estacionária (MALAVOLTA et al., 1989), o que lhe confere mobilidade baixa, porque sua taxa de fixação ao solo é alta, sendo, portanto, desprezível a perda deste elemento por lixiviação (COELHO, 1973), a fertirrigação localizada com alta frequência de aplicação de água e de fertilizantes modifica essa situação, uma vez que passa a existir fluxo de massa contínuo e forçado a partir da superfície para o interior do solo. No caso da fertirrigação com P, a saturação dos sítios de fixação no solo devido às altas frequência e taxa de aplicação, libera mais P para a solução que, combinada com o fluxo forçado de água para o interior do solo, facilita a

distribuição e o conseqüente aumento dos teores de P (DUENHAS et al., 2002) em camadas do solo um pouco mais profundas e um pouco mais distantes, horizontalmente, do ponto de emissão.

CONCLUSÕES

Os sistemas de irrigação localizada por gotejamento e por microaspersão definem, em função das características intrínsecas de distribuição de água de cada um desses sistemas, padrões diferenciados de distribuição vertical e horizontal de K^+ , Ca^{++} e Mg^{++} , e de P no solo.

Os teores de K^+ no solo, quando a fertirrigação com este elemento é feita por gotejamento, diminuem radialmente com o aumento da distância horizontal do ponto de aplicação, na direção ortogonal à linha de plantas, até a profundidade de 60 cm. Quando feita por microaspersão, a distribuição horizontal é uniforme em cada camada de 20 cm de espessura amostrada verticalmente, até os 60 cm de profundidade.

O sistema de gotejamento promove lixiviação de Ca^{++} e de Mg^{++} sob o ponto de aplicação de água pelos gotejadores, o que não se verifica no sistema de microaspersão.

As lâminas de irrigação aplicadas por irrigação localizada não interferem na distribuição de K^+ aplicado por fertirrigação e de Ca^{++} e do Mg^{++} no solo em profundidade, porém menores lâminas de irrigação promovem maior concentração de P na camada mais superficial do solo, e lâminas maiores carregam o P para camadas mais profundas.

O sistema de gotejamento com uma linha de gotejadores por linha de plantas concentra no solo, sob o gotejador, maior quantidade de P aplicado por fertirrigação do que o de duas linhas, até a profundidade de 60 cm.

O sistema de microaspersão promove aplicação e distribuição de P no solo mais homogênea e com teores menores do que nos sistemas de gotejamento com uma ou duas linhas de gotejadores por linha de plantas, sob a região de maior precipitação do microaspersor e ao longo do raio molhado pelo emissor.

AGRADECIMENTOS

Às empresas Amanco do Brasil, Cambuhy Agrícola S.A., Forbb - Serviços na Área de Agricultura, e ao Instituto Agrônômico (IAC).

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. *Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements*. Rome: FAO, 1998. 300 p. (Irrigation and Drainage Paper, 56).
- COELHO, F.S. *Fertilidade do solo*. 2.ed. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973. 384 p.
- DUENHAS, L.H.; VILLAS BÔAS, R.L.; SOUZA, C.M.P.; RAGOZO, C.R.A.; BÜLL, L.T. Fertirrigação com diferentes doses de NPK e seus efeitos sobre a produção e qualidade de frutos de laranja (*Citrus sinensis* O.) `Valência`. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v.24, n.1, p.214-218, abril 2002.
- DUENHAS, L.H.; VILLAS BÔAS, R.L.; SOUZA, C.M.P.; OLIVEIRA, M.V.A.M.; DALRI, A.B. Produção, qualidade dos frutos e estado nutricional da laranja Valência sob fertirrigação e adubação convencional. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.25, n.1, p.154-160, 2005.
- EMBRAPA. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. Brasília: EMBRAPA, 1999. 412 p.
- MALAVOLTA, E.; VIOLANTE NETTO, A. *Nutrição mineral, calagem, gessagem e adubação dos citros*. Piracicaba: POTAFÓS, 1989. 153 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. *Avaliação do estado nutricional das plantas*. Piracicaba: POTAFÓS, 1989. 201 p.

PAPADOPOULOS, I. Processo de transição da fertilização convencional para fertirrigação. In: FOLLEGATTI, M.V.; CASARINI, E.; BLANCO, F.F.; BRASIL, C.R.P.; RESENDE, R.S. (Coord.) *Fertirrigação: flores, frutas e hortaliças*. Guaíba: Agropecuária, 2001. cap.1, p.9-69.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2.ed. rev. atual. Campinas: IAC, 1997. 285 p. 1997.

SILVA, A.A.G. da; ANGELOCCI, L.R.; NOGUEIRA, L.C.; ANDRADE, C.L.T. Avaliação da eficiência de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22., 1993, Ilhéus. *Anais...* Ilhéus: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 1993. p.2.465-2.478.

VILLAS BÔAS, R.L.; BÜLL, L.T.; FERNANDES, D.M. Fertilizantes em fertirrigação. In: FOLLEGATTI, M.V. (Coord.) *Fertirrigação: cítrus, flores, hortaliças*. Guaíba: Agropecuária, 1999. cap. 4, p.293-319.

VILLAS BÔAS, R.L.; ZANINI, J.R.; DUENHAS, L.H. Uso e manejo de fertilizantes em fertirrigação. In: ZANINI, J.R.; VILLAS BÔAS, R.L.; FEITOSA FILHO, J.C. *Uso e manejo da fertirrigação e hidroponia*. Jaboticabal: FUNEP, 2002. p.1-25.

VIOLANTE NETTO, A.; RAIJ, B. Van; BLASCO, E.E.A.; VITTI, G.C.; CANTARELLA, H.; TEÓFILO SOBRINHO, J.; QUAGGIO, J.A.; NEGRI, J.D.; RODRIGUEZ, O.; BATAGLIA, O. C.; MALAVOLTA, E. *Recomendações de adubação e calagem para citros no Estado de São Paulo*. Cordeirópolis: Estação Experimental de Limeira, 1988. 13 p.

VITTI, G. C.; BOARETTO, A.E.; PENTEADO, S.R. Fertilizantes e fertirrigação In: VITTI, G.C.; BOARETTO, A.E. *Fertilizantes fluidos*. Piracicaba: POTAFÓS, 1994. p.261-281.

VIVANCOS, A.D. *Fertigación*. 2.ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1996. 233 p.

WADT, P.G.S.; WADT, L.H.O. Movimentação de cátions em amostras de um Latossolo Vermelho-Amarelo incubadas com duas fontes de cálcio. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v.56, n.4, p.1.157-1.164, 1999. Suplemento.

ZANINI, J.R. Distribuição de água e de íon potássio no solo, aplicados por fertirrigação em gotejamento. Formação do bulbo molhado. *Irrigação & Tecnologia Moderna*, Brasília, v.45, n.1, p.13-24, 1991.

ZANINI, J.R.; VILLAS BÔAS, R.L.; FEITOSA FILHO, J.C. *Uso e manejo da fertirrigação e hidroponia*. Jaboticabal: Funep, 2002. 65 p.