

Pedro R. F. Medeiros¹

Sérgio N. Duarte^{2,3}

Ênio F. de F. e Silva^{1,3}

Eficiência do uso de água e de fertilizantes no manejo de fertirrigação no cultivo do tomateiro sob condições de salinidade do solo

RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito da salinidade do solo e do manejo da fertirrigação sob a produtividade e eficiência de uso da água do tomateiro, cultivado em solo franco argiloso e em casa de vegetação. Os tratamentos, seis níveis iniciais desalinidade do solo (1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0 dS m⁻¹) e dois manejo de fertirrigação em delineamento estatístico casualizado em blocos com 4 repetições. Foram avaliadas as produtividades comercial e total e a eficiência do uso de água, constatando-se que a maior produtividade total (17,1 Mg ha⁻¹) e a máxima eficiência do uso da água pelo tomateiro (0,12 Mg ha⁻¹ L⁻¹) são obtidas quando se utiliza o manejo da fertirrigação com controle da condutividade elétrica da solução do solo, interagindo com níveis baixos de salinidade do solo. E que o manejo da fertirrigação recomendado pela literatura para a cultura do tomate, pode acarretar em superestimativa das quantidades de fertilizante, podendo reduzir drasticamente a eficiência do uso.

Palavras-chave: adubação química, consumo hídrico, irrigação, *Lycopersicon esculentum* Mill.

Efficiency of water use and fertilizer in fertirrigation of management in the tomato crop under conditions of soil salinity

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of salinity of soil and of fertirrigation management on the productivity and efficiency of use of water in tomato crop, cultivated in sandy-clayey soil and greenhouse. The treatments consisted of six initial levels of soil salinity (1.0; 2.0; 3.0; 4.0; 5.0; 6.0 dS m⁻¹) and two fertirrigation management in statistic design in blocks with 4 repetitions. The greatest total productivity (17.1 Mg ha⁻¹) and the maximum efficiency of water use (0.12 Mg ha⁻¹ L⁻¹) are obtained when the fertirrigation management with control of the electric conductivity of soil solution is used, interacting with low levels of soil salinity. The fertirrigation management recommended in the literature for the tomato crop can over estimate the amount of fertilizers, reducing the efficiency of the use.

Key words: chemical fertilization, water consumption, irrigation, *Lycopersicon esculentum* Mill.

1 Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Tecnologia Rural, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife-PE, Brasil. Fone/Fax: (81) 3320-6279. E-mail: prfmede@yahoo.com.br; enio.silva@dtr.ufrpe.br

2 Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Departamento de Engenharia Rural, Avenida Pádua Dias, 11, Agronomia, CEP 13418-900, Piracicaba-SP, Brasil. Caixa Postal 9. Fone: (19) 3447-8543. Fax: (19) 3435-1840. E-mail: snduarte@esalq.usp.br

3 Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq

INTRODUÇÃO

O tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) é uma das principais hortaliças cultivada no Brasil e explorada em estufa plástica (Luz et al., 2007). O tomate de mesa tem larga adaptação climática; os fatores climáticos que influenciamna produção e desenvolvimento são temperatura, umidade do solo, umidade atmosférica e fotoperíodo.

Segundo Agriannual (2009), a produção de tomate na região Sudeste foi 1.558.099 Mg, representando 41% da produção no Brasil. A área colhida de tomate nesta região foi 23.081 ha, representando 38% da área plantada no Brasil. E estima-se que o custo de produção de tomate em ambiente protegido seja de R\$ 7.812,00 por 350 m² ano⁻¹.

Os principais insumos utilizados no cultivo de tomate são água e sais fertilizantes. Em relação a água, o uso de sistemas de irrigação por gotejamento funcionando com alta frequência de aplicação de água e com níveis de umidade no bulbo úmido estáveis e próximos do limite superior de água disponível, podem significar a maximização do uso da água (Phene et al., 1991). De acordo com Doorenbos&Kassan (2000), a eficiência do uso da água pode ser determinada tanto para a produtividade biológica, como para a produtividade de frutos.

Na obtenção de elevadas produtividades, os sais fertilizantes são usados de forma excessiva e inadequada, provocando desperdícios e aumento da salinidade dos solos. Porém o aumento das doses de N e K aplicadas via fertirrigação no tomateiro, irrigado com água de elevada condutividade elétrica, não promove aumento dos componentes de produção (Blanco &Folegatti, 2008).

A otimização da eficiência do uso dos fatores de produção de forma a contribuir para a sustentabilidade dos recursos diversos pode ser alcançada de duas formas: primeiramente, com base nas curvas de respostas físicas das culturas, e segundo a partir de técnicas que maximizem a redução dos insumos, sem ocasionar perda de produção (Coelho et al., 2005). Técnicas como aumento da frequência de irrigação e suspensão antecipada da irrigação em relação à data da colheita podem ser utilizadas para aumentar a eficiência do uso da água (EUA) na cultura do meloeiro (Souza et al., 2000).

Pereira et al. (2002) sugerem o uso de indicadores que podem servir para avaliar a eficiência do uso de água, como por exemplo, a resposta produtiva da cultura e o desempenho de aplicação de água no sistema de produção em relação à demanda hídrica máxima requerida pela cultura.

A eficiência do uso da água na produtividade da cultura do feijoeiro 'Talismã' foi reduzida com o aumento do teor salino das águas e com o aumento da severidade do estresse hídrico (Garcia et al., 2009). Para a cultura do tomate, cultivar Santa Rosa, com o aumento da salinidade ocorre uma redução na área foliar e conseqüentemente redução no consumo hídrico (Oliveira et al., 2007). Segundo Eloi (2007), para a cultivar de tomate de mesa 'Débora Plus' em ambiente protegido sob condições de salinidade do solo, a eficiência do uso da água foi de 2,2 e 2,1 Mgha⁻¹L⁻¹ para produção total e comercial, respectivamente.

A necessidade de consumo de água e fertilizantes para produzir uma unidade de massa seca depende de cada espécie

ou variedade vegetal, do estágio de desenvolvimento, da densidade da associação vegetal, das condições ambientais e, sobretudo da disponibilidade hídrica (Freire et al., 2010).

A capacidade das plantas em tolerar sais é determinada pelas múltiplas vias bioquímicas que promovem a retenção e/ou a aquisição de água (Esteves & Suzuki, 2008). As espécies tolerantes a salinidade acumulam metabólitos que realizam funções cruciais como osmoprotetores (Doorenbos & Kassan, 2000) e a síntese destes compostos podem ser relacionadas ao estresse induzido pela condição de salinidade do solo (Esteves & Suzuki, 2008).

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do manejo da fertirrigação e da salinidade do solo sob a maximização da produção de frutos, de massa seca, da eficiência do uso da água no cultivo do tomateiro em casa de vegetação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação na área experimental do Departamento de Engenharia de Biosistemas da ESALQ/USP, utilizando a cv. 'Débora Plus' de tomate. As mudas foram oriundas de um produtor idôneo, e transplantadas com três folhas definitivas e nesta fase o solo já encontrava-se salinizado nos respectivos níveis de salinidade desejados.

A irrigação utilizada foi a localizada por gotejamento, empregando emissores com vazão nominal de 0,0011 L.s⁻¹. Para auxiliar as irrigações, o método de manejo por tensiometria foi utilizado, sendo as irrigações realizadas quando a tensão na cápsula cerâmica dos tensiômetros atingia 20 kPa, e somente durante o tempo necessário para que a umidade do solo retornasse à capacidade de campo (2 kPa). Como também o método foi utilizado para calcular a quantidade de água consumida em todo o ciclo.

Foi utilizado um material de solo classificado como Nitossolo Vermelho Eutrófico (série "Luiz de Queiroz") de textura franco-argiloso (Tabela 1) (Embrapa, 2009) acondicionado em vasos de vinte e cinco litros; antes do acondicionamento foram realizadas operações de secagem ao ar e peneiramento, com o objetivo de homogeneizar a densidade do solo nos vasos.

O sistema de condução foi o de haste única, com desbastes semanais dos brotos nas axilas das folhas. O sistema de tutoramento utilizado foi o vertical, com o auxílio de fitilhos e arames lisos. Os tratamentos fitossanitários eram realizados semanalmente, com o objetivo de manter o *stand* sempre livre de pragas e doenças, afim de melhor evidenciar o efeito da salinidade do solo causada por sais fertilizantes.

As colheitas tiveram início aos 58 dias após o transplântio, sendo identificados frutos comerciais e não comerciais a partir de aspectos físicos e tamanho. Para as condições do experimento, obteve uma taxa de descarte de frutos em torno de 40 e 20% para o manejo de fertirrigação M1 e M2, respectivamente.

Os tratamentos foram compostos por dois tipos de manejo de fertirrigação (M1 e M2) interagindo com seis níveis iniciais de salinidade do solo (1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0 e 6,0 dS m⁻¹)

obtidos a partir da aplicação de sais fertilizantes.

Os seis níveis de salinidade do solo foram aplicados antes do transplantio, independente do manejo de fertirrigação adotado, de forma a simular solos salinos, em seis diferentes níveis, provocados por excesso de sais fertilizantes, em casa de vegetação. A salinização inicial do solo foi realizada por meio da aplicação de solução salina a partir da mistura dos sais fertilizantes (Medeiros, 2010).

O manejo M1, que representou o manejo tradicional de fertirrigação, obedeceu à recomendação de adubação proposta por Alvarenga (2004) para cultura do tomate, independente do nível de salinidade existente. O manejo M2, teve como principal objetivo controlar o nível inicial de salinidade do solo por meio de fertirrigação durante todo o ciclo da cultura, através de medições da condutividade elétrica (CE) da solução do solo. Correlacionado a CE e a concentração de sais da solução, obtendo curvas artificiais de salinização do solo; a manutenção dos níveis desejados de salinidade foi realizada a partir da retirada da solução do solo, com o uso de extratores de cápsula porosa, sempre depois de cada irrigação, e corrigidas pelo método padrão da pasta saturada (Eq. 1); as quantidades aplicadas de sais nas soluções obedeciam a proporcionalidade de recomendação da literatura para cada nutriente, como descrito na salinização inicial do solo; os níveis eram corrigidos a partir de variações de 10%. Para determinação das quantidades acumuladas de sais fertilizantes aplicados em todo o ciclo da cultura, utilizou a curva de salinização artificial do solo.

$$C_{estimadaCP} = (C_{cp} \cdot U_{cp} / U_s) \quad (1)$$

em que:

$C_{estimadaCP}$ - condutividade elétrica ou concentração de íons no extrato de saturação, estimada a partir dos valores medidos na solução do solo obtida com extrator de cápsula ($dS\ m^{-1}$);

C_{cp} - condutividade elétrica ou concentração de íons na solução do solo, obtida com extrator de cápsula porosa ($dS\ m^{-1}$);

U_{cp} - umidade do solo no momento da aplicação do vácuo no extrator de cápsula porosa ($g\ g^{-1}$);

U_s - umidade do solo na pasta saturada ($g\ g^{-1}$).

As parcelas foram distribuídas (sorteadas) em quatro blocos, sendo cada bloco considerado uma repetição. O delineamento estatístico adotado foi o aleatorizado em blocos completos, com quatro repetições, ficando os fatores arranjados em um esquema fatorial 6 x 2, totalizando 48 unidades experimentais. As variáveis respostas analisadas foram produção de frutos total (PT ($Mg\ ha^{-1}$)) e comercial (PC ($Mg\ ha^{-1}$)), produção de massa seca do caule (MSC ($g\ planta^{-1}$)), da folha (MSF ($g\ planta^{-1}$)) e total (MSPA ($g\ planta^{-1}$)), eficiência do uso da água para produção total (EUAPt ($Mg\ ha^{-1} \cdot L^{-1}$)) e comercial (EUAPc ($Mg\ ha^{-1} \cdot L^{-1}$)), eficiência do uso de fertilizantes na massa seca do caule (EUFc (%)), da folha (EUFf (%)) e da parte aérea (EUFpa (%)).

O cálculo de eficiência foi determinado pela relação entre a produção (frutos e massa seca) e a quantidade de insumos consumidos (água ou fertilizantes) (Igbadun et al., 2006;

Kahlow et al., 2007), em cada um dos seis níveis de salinidade do solo separadamente (Eq. 2).

$$E = (P_{ij} / Q_{kj}) \quad (2)$$

em que:

E – eficiência, a unidade depende das variáveis analisadas;

P_{ij} – produção (i) em j nível de salinidade do solo, a unidade depende das variáveis analisadas;

Q_{kj} – quantidade aplicada total (k) em j nível de salinidade do solo, a unidade depende das variáveis analisadas;

Tabela 1. Características químicas e físicas do solo

Table 1. Chemical and physical soil characteristics

Características químicas						
pH CaCl ₂	K	Ca	Mg mmol _c dm ⁻³	H+Al	S.B.	CTC
5,1	6,9	29	11	28	46,9	74,9
Características físicas						
CC (cm ³ cm ⁻³)	PMP (cm ³ cm ⁻³)	Dg (g cm ⁻³)	Frações Argila Silte Areia			Textura
0,41	0,05	1,25	41,23	13,68	45,09	Franco Argilosa

As variáveis foram analisadas estatisticamente pelo teste de F, desdobrando-se as análises sempre que a interação se mostrou significativa. O fator quantitativo, relativo aos níveis iniciais de salinidade do solo, foi analisado estatisticamente por meio de regressão (linear ou quadrática), visando o ajuste das equações. O fator manejo da fertirrigação foi analisado mediante teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade. O programa utilizado foi o Sisvar versão 5.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela comparação das médias dos tratamentos, constatou-se que as produtividades comerciais e totais de frutos variaram significativamente ($P < 0,01$) em função da salinidade do solo, do manejo da fertirrigação e na interação entre ambos os fatores (Tabela 2). Medeiros et. al. (2008) trabalhando com a cultura do melão, também verificaram que a salinidade interfere, significativamente, nas produtividades comerciais e totais. Resultado também encontrado por Eloi (2007) e Medeiros (2010) para a cultura do tomate.

Na produção de massa seca, também observa-se significância estatística ($P < 0,01$ e $P < 0,05$), para os fatores salinidade do solo e para a interação entre fatores, respectivamente; o manejo da fertirrigação não diferiu estatisticamente para esta variável (Tabela 2).

Em relação à quantificação da precisão do experimento, observam-se coeficientes de variação (CV) classificados como médios para produção total (PRODT) e comercial (PRODC) (Lima et al., 2004); valores bem aproximados aos encontrados por Freire et al., (2010) e Blanco & Folegatti, (2008), que também

Tabela 2. Resumo da análise de variância para as variáveis produção total (PT), produção comercial (PC), massa seca do caule (MSC), massa seca das folhas (MSF) e massa seca da parte aérea (MSPA), segundo os fatores níveis de salinidade do solo e manejo de fertirrigação

Table 2. Summary of variance analysis for the variables total production (PT), commercial production (PC), dry mass stems (MSC), dry mass leaves (MSF) and dry mass of the above-ground part (MSPA), for the factors levels of salinity of soil and fertigation management

Fatores	Estatística F				
	PT	PC	MSC	MSF	MSPA
- Salinidade (S)	0,14**	0,34**	5,79**	7,09**	9,03**
linear	0,64**	1,61**	15,24**	10,55**	17,47**
quadrática	0,07 ^{ns}	3,09 ^{ns}	10,44**	22,09**	27,51*
- Manejo (M)	0,17**	0,78**	0,75 ^{ns}	4,02 ^{ns}	7,00 ^{ns}
- S x M	0,09**	0,20**	3,36*	4,46*	5,01 ^{ns}
CV	22,49	35,73	19,21	11,41	15,21
Medias					
M1	8,4b	2,2b	82,4a	172,4a	259,2a
M2	11,0a	5,9a	92,5a	157,4a	249,9a

* e ** significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ns - não significativo
Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 0,05 de probabilidade

trabalharam com o efeito da salinidade sobre a cultura do tomate.

Nas Figuras 1A e 1B, observam-se as retas de regressão para as variáveis, produção total e produção comercial de frutos. Verifica-se uma diminuição gradativa de produção, todas lineares em diferentes taxas (0,24; 2,72; 0,37; 2,73%), por aumento de uma unidade da salinidade do solo. Resultado semelhante foi observado, para a cultura do tomate cultivar 'Santa Adélia', por Freire et. al. (2010).

Os maiores efeitos da variável produção de frutos, em relação aos níveis de salinidade do solo, foram encontrados para o manejo de fertirrigação M2 no qual os níveis de CE foram mantidos constantes ao longo do ciclo da cultura. Já para o manejo M1 o efeito foi pouco evidenciado devido ao fato das diferenças entre os valores de CE irem diminuindo ao longo do ciclo. Redução na produção de frutos de tomateiro, em função da salinidade, também foi observada por Campos et al. (2006).

Devido à significância estatística apresentada para a salinidade na variável massa seca, foram realizadas regressões, sendo o melhor ajuste (R^2) obtido para efeitos quadráticos (Figuras 2A, 2B e 2C). Para a variável produção de frutos e massa seca, elevados valores encontram-se nos níveis intermediários de salinidade do solo, podendo ter ocorrido, para as condições em estudo, um ajuste osmótico próximo do nível de tolerância da cultura do tomate à salinidade (2,5 dS m⁻¹) (Maas, 1984).

Em relação à parte aérea, Oliveira et al. (2007) e Campos et al. (2007) observaram que, com o aumento na salinidade da água de irrigação, houve reduções nos parâmetros de crescimento da cultura do tomate. Esse estresse deve ter sido causado principalmente pela redução na pressão de turgescência, em virtude da diminuição do conteúdo de água,

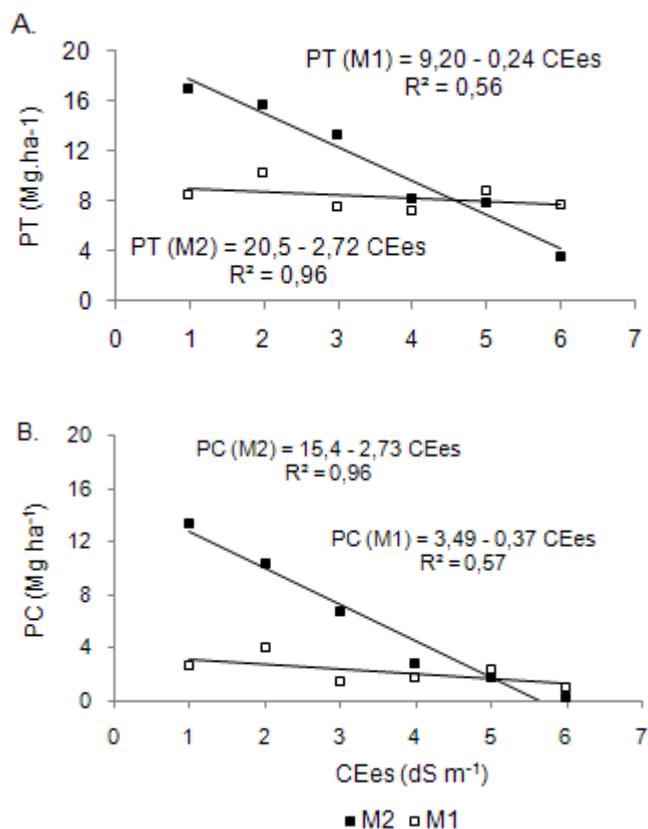


Figura 1. Diagrama de dispersão e equação de ajuste para produção total (PT)(A) e produção comercial (PC)(B) em função da salinidade do solo e do tipo de manejo de fertirrigação (M1 e M2)

Figure 1. Dispersion diagram and regression for total production (PT)(A), commercial production (PC)(B) as a function of soil salinity and type fertigation management (M1 and M2)

acarretando um declínio na expansão da parede celular, menor crescimento e baixa produção de massa seca (Pugnaire et al., 1993).

Na Tabela 3, encontram-se as médias referentes à interação entre os fatores salinidade e manejo de fertirrigação, com as devidas diferenças significativas avaliadas por Tukey. Analisando as diferenças entre os manejos, inicialmente para os níveis de salinidade S1 e S2, observa-se um aumento na produção de frutos se relacionando com baixa produção de massa seca, quando comparado ao nível S6 de salinidade.

Analisando os níveis de salinidade do solo no manejo de fertirrigação com controle da condutividade elétrica da solução do solo (M2), observa-se um aumento de produção tanto de fruto como de massa seca, e vice e versa, no mesmo nível, não configurando processos de translocação de fotoassimilados com o aumento da salinidade do solo. Resultado também foram encontrado por Gurgel et al. (2010), porém para a cultura do meloeiro.

Em relação às análises de eficiência realizadas, verificou-se que todas diferiram estatisticamente ($P < 0,01$ e $P < 0,05$) para os fatores salinidade do solo e manejo da fertirrigação. Em

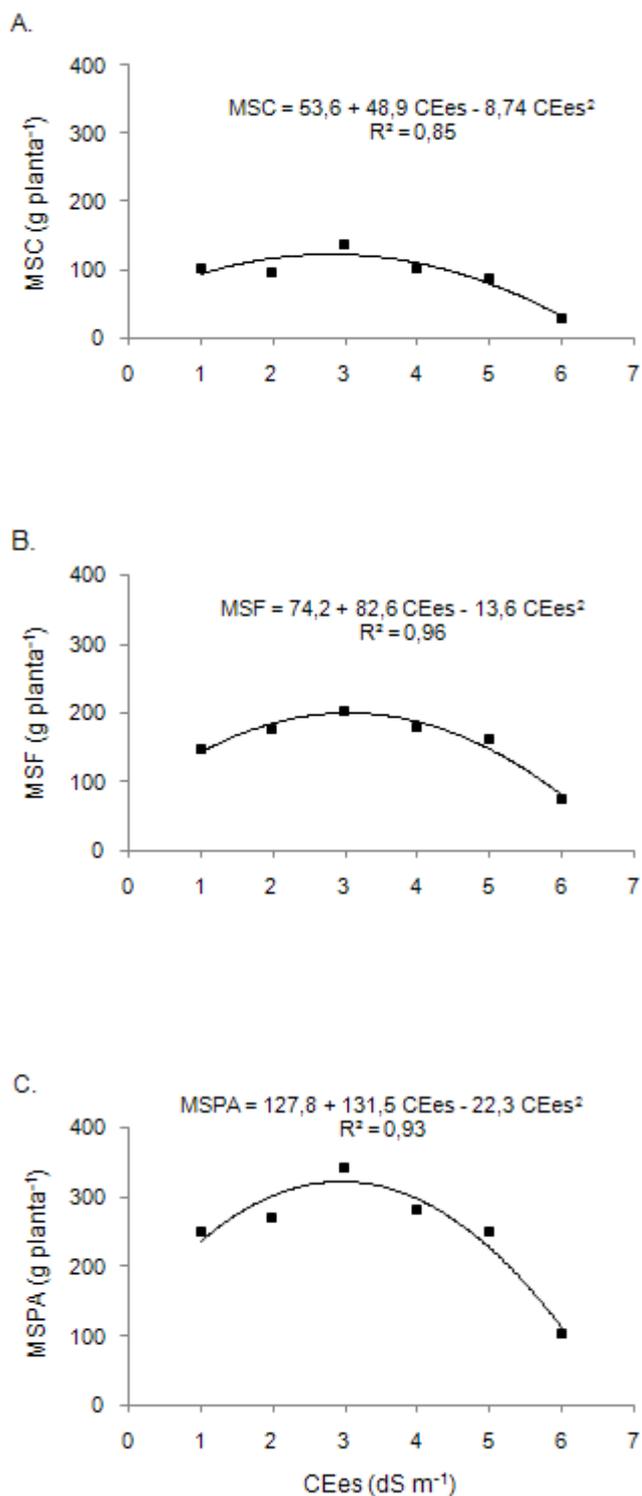


Figura 2. Diagrama de dispersão e equação de ajuste para produção de massa seca do caule (MSC)(A), da folha (MSF)(B) e total da parte aérea (MSPA)(C), para o manejo de fertirrigação M2 em função dos níveis de salinidade do solo

Figure 2. Dispersion diagram and regression for production of dry mass stems (MSC)(A), leaves (MSF)(B) and of the total above-ground part I (MSPA)(C), for fertigation management M2 as a function of levels soil salinity

Tabela 3. Valores médios das variáveis produção total e comercial, massa seca do caule e da folha, entre o manejo de fertirrigação e os níveis de salinidade do solo

Table 3. Average values of the variable total and commercial production, dry mass of stems and leaves, for different fertigation management and levels of soil salinity

Níveis de Salinidade (dS m ⁻¹)	PT (Mg ha ⁻¹)		PC (Mg ha ⁻¹)		MSC (g planta ⁻¹)		MSF (g planta ⁻¹)	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2
S1	8,5B	17,1A	2,6B	13,4A	91,7A	102,3A	178,5A	147,9A
S2	10,3B	15,7A	4,0B	10,3A	97,1A	95,7A	172,2A	174,4A
S3	7,6B	13,4A	1,5B	6,8A	91,9B	138,4A	175,2A	203,8A
S4	7,2A	8,2A	1,8A	2,8A	79,0A	101,3A	171,8A	180,3A
S5	8,8A	8,0A	2,3A	1,8A	81,4A	88,6A	179,8A	161,1A
S6	7,8A	3,7B	1,0A	0,2A	77,0A	28,4B	159,3A	74,8B

relação à interação entre os fatores, somente a análise de eficiência do uso da água para produção total (EUAPt) não diferiu estatisticamente (Tabela 4).

Nas Tabelas 5 e 6, são apresentados os totais acumulados de nutrientes e água pela cultura do tomate. Para os níveis elevados de salinidade do solo, o excesso de sais fertilizantes para manutenção dos níveis se caracteriza como um consumo de luxo de nutrientes, e para os menores níveis de salinidade uma redução substancial em quantidade aplicada, representando economia, sem perda de produção e de desenvolvimento vegetativo. As quantidades de nutrientes aplicados no manejo de fertirrigação com controle da condutividade elétrica (M2) representa 27,9; 52,7; 85,7; 131,5; 160,6 e 204,5%, respectivamente, das quantidades aplicadas no manejo de fertirrigação tradicional (M1).

O consumo de água pelas plantas evidencia o efeito da salinidade, causada por excesso de sais fertilizantes, no solo franco argiloso. O consumo hídrico diferencia-se entre os níveis de salinidade, principalmente no manejo de fertirrigação com controle dos níveis de salinidade. Para o manejo M1, observa-se a diferença de 28%, devendo-se ao fato dos níveis de salinidade se diferenciar somente no início do ciclo.

A salinidade reduz a capacidade das plantas de absorver água e, conseqüentemente, nutrientes, intensificando alterações metabólicas causadas pelo estresse hídrico. Sob estresse salino as plantas reduzem a taxa de transpiração diária e acumulada (mm dia⁻¹) devido ao fechamento dos estômatos, ocorrendo também uma diminuição gradual do potencial osmótico com o incremento da salinidade do solo (Nishida et al., 2009). As altas concentrações de sais no solo, além de reduzir o potencial hídrico do solo, podem provocar efeitos tóxicos nas plantas, causando distúrbios funcionais e injúrias no metabolismo (Silva et al., 2009).

No geral, as análises de eficiência tiveram um efeito decrescente linear para o manejo de fertirrigação com controle da condutividade elétrica da solução do solo, todas em função dos níveis de salinidade do solo, atingindo diferenças de até

Tabela 4. Resumo da análise da variância para as variáveis eficiência do uso da água para produção total (EUAPt) e comercial (EUAPc), eficiência do uso de fertilizantes na massa seca do caule (EUFc), da folha (EUFf) e da parte aérea (EUFpa), para os fatores níveis de salinidade do solo e manejo de fertirrigação

Table 4. Summary of variance analysis for the variable efficiency of water use for total production (EUAPt) and commercial production (EUAPc), efficiency of fertilizer use in the dry mass of stems (EUFc), of leaves (EUFf) and of the above-ground part (EUFpa), for the factors levels of soil salinity and fertigation management

Fatores	Estatística F				
	EUAPt	EUAPc	EUFc	EUFf	EUFpa
- Salinidade (S)	1,21*	18,14**	18,6**	11,40**	0,09**
Linear	3,44 ^{ns}	85,44**	82,4**	54,50**	35,72**
Quadrática	1,09 ^{ns}	1,59 ^{ns}	5,8*	0,63 ^{ns}	3,75 ^{ns}
- Manejo (M)	15,20**	52,20**	49,0**	2,20**	2,45**
- S x M	2,11 ^{ns}	11,63**	15,4**	11,40**	9,21**

* e ** significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ns - não significativo
Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 0,05 de probabilidade

Tabela 5. Quantidade de nutrientes acumulados (g planta⁻¹) aplicados ao longo do ciclo do tomate, em função do manejo de fertirrigação e dos níveis de salinidade do solo

Table 5. Amount of accumulated nutrients (g plant⁻¹) applied along the cycle of the tomato, in function of fertigation management and of levels soil salinity

Níveis de Salinidade	Manejo controlado (M2)						
	N	Ca	K	P	Mg	S	Total
S1	12,3	9,2	23,1	8,6	0,8	1,9	55,9
S2	23,4	17,5	43,1	16,4	1,6	3,6	105,5
S3	38,0	28,4	70,1	26,6	2,6	5,8	171,4
S4	58,3	43,6	107,6	40,7	3,9	8,9	263,0
S5	71,2	53,2	131,5	49,8	4,8	10,9	321,3
S6	89,9	67,1	169,5	62,8	6,1	13,7	409,1
Literatura	Manejo tradicional (M1)						
(Alvarenga, 2004)	35,0	28,0	75,0	30,0	9,0	23,0	200,0

Tabela 6. Médias do consumo de água (L.planta⁻¹) ao longo do ciclo do tomate, em função do manejo de fertirrigação e dos níveis de salinidade do solo

Table 6. Average of the water consumption (L.planta⁻¹) along the cycle of the tomato, in function of fertigation management and of levels soil salinity

Níveis de Salinidade	Manejo de Fertirrigação	
	M1	M2
S1	136,6	140,4
S2	144,0	147,8
S3	136,5	149,2
S4	112,3	97,7
S5	127,8	97,1
S6	100,3	60,9

430% em comparação entre os níveis extremos de salinidade do solo.

A EUAPt revelou efeito contrário no manejo de fertirrigação M1 em relação as outras análises de eficiências (Figura 3A): para o manejo M2 a tendência foi decrescente com uma perda de 0,05 Mg ha⁻¹ L⁻¹ (57%) no nível S6 de salinidade; para o manejo M1 a tendência foi um efeito crescente linear, com um aumento na eficiência de 0,02 Mg ha⁻¹ L⁻¹ (22%) no nível S6, todas em relação ao nível mais produtivo S1. Evidencia-se assim que dependendo do período de exposição das plantas ao estresse salino, somente no início ou durante todo o ciclo da cultura, a eficiência do uso da água pode aumentar ou diminuir, respectivamente.

A EUAPc apresentou efeito semelhante em relação a produção total, porém com efeito mais evidenciado para o manejo de fertirrigação com controle da condutividade elétrica (M2) (Figura 3B), com uma perda de 0,097 Mg ha⁻¹ L⁻¹ (96%) no nível S6 de salinidade, em relação ao nível S1. Entretanto, no manejo de fertirrigação tradicional (M1), o efeito foi praticamente nulo em relação aos níveis de salinidade do solo.

Para a variável EUF (Figuras 3C, 3D e 3E), o efeito foi praticamente o mesmo nas três análises, demonstrando uma tendência de diminuição da eficiência com o aumento do nível de salinidade do solo, quando se utiliza o manejo de fertirrigação com controle da condutividade elétrica (M2). Quando se utiliza o manejo de fertirrigação tradicional (M1), o resultado de eficiência foi praticamente o mesmo em todas as análises.

Os valores de eficiência observados na salinidade do solo S1 (1,0 dS m⁻¹) se devem, basicamente ao baixo consumo de água e sais fertilizantes, quando se pratica o manejo de fertirrigação com controle da condutividade elétrica da solução do solo; evidenciando que o monitoramento e a manutenção da condutividade elétrica da solução do solo auxiliam na técnica da fertirrigação.

CONCLUSÕES

As maiores produtividades e eficiências do uso foram obtidos para o manejo de fertirrigação alternativo (M2) sob condições de baixa salinidade do solo;

Simulando solos salinos (1,0 a 6,0 dS m⁻¹) por resíduos de sais fertilizantes e utilizando o manejo da fertirrigação recomendado pela literatura (M1) para a cultura do tomate, pode acarretar em superestimativa das quantidades de fertilizante e reduzir drasticamente a eficiência do uso;

Para a cultura do tomate cv. 'Débora Plus' nas condições estudadas, recomenda-se o manejo da fertirrigação com controle da condutividade elétrica da solução do solo, de modo a evitar níveis de salinidade do solo superior a 3,0 dS m⁻¹.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento

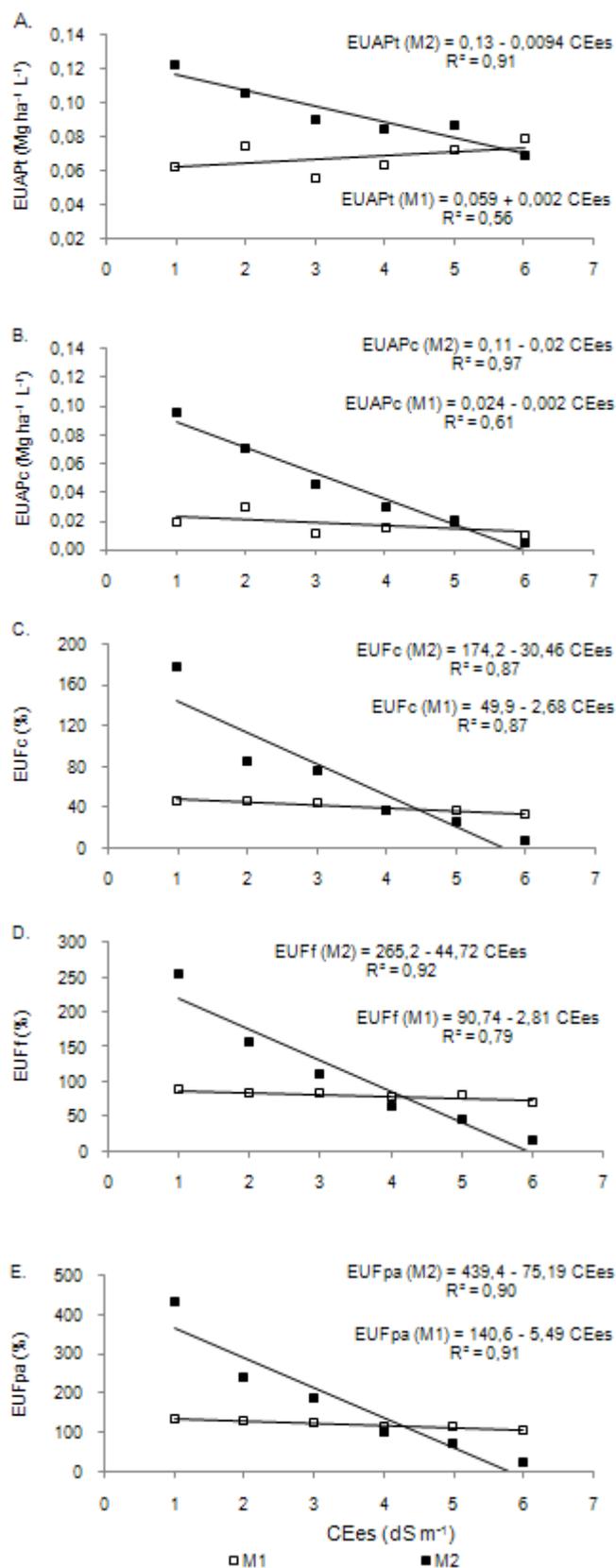


Figura 3. Diagrama de dispersão e equação de ajuste para as análises de eficiência em função do manejo de fertirrigação e dos níveis de salinidade do solo

Figure 3. Dispersion diagram and regression for the efficiencies a function of fertigation management and of levels soil salinity

Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio financeiro a esta pesquisa, por meio do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Engenharia da Irrigação (INCTEI).

LITERATURA CITADA

- Agrianual. Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira. 14 ed. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2009. p. 472-478.
- Alvarenga, M.A.R. Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia. Lavras: Editora UFLA, 2004. 400p.
- Blanco, F.F.; Folegatti, M.V. Doses de N e K no tomateiro sob estresse salino: III. Produção e qualidade de frutos. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.12, n.2, p.122-127, 2008. <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v12n2/v12n02a03.pdf>>. doi:10.1590/S1415-43662008000200003. 18 Abr. 2011.
- Campos, C.A.B.; Fernandes, P.D.; Gheyi, H.R.; Blanco, F.F. Tomato growth and dry matter partitioning as a function of the irrigation water quality. Revista Ciência Agrônômica, v. 38, n. 3, p. 239-246, 2007. <<http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/112/107>>. 22 Abr. 2011.
- Campos, C.A.B.; Fernandes, P.D.; Gheyi, H.R.; Blanco, F.F.; Gonçalves, C.B.; Campos, S.A.F. Yield and fruit quality of industrial tomato under saline irrigation. ScientiaAgricola, v. 63, n. 2, p. 146-152, 2006. <<http://www.scielo.br/pdf/sa/v63n2/28832.pdf>>. doi:10.1590/S0103-90162006000200006. 17 Fev. 2011.
- Coelho, E.F.; Coelho Filho, M.A.; Oliveira, S.L. Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. Bahia Agrícola, v.7, n.1, p. 57-60, 2005. <http://www.seagri.ba.gov.br/pdf/socioeconomia4_v7n1.pdf>. 11 Abr. 2011.
- Doorenbos, J.; Kassam, A.H. Efeito da água no rendimento das culturas. Campina Grande: UFPB, 2000, 221p. Estudos da FAO, Irrigação e drenagem, 33.
- Eloi, W.M. Níveis de salinidade e manejo da fertirrigação sobre o cultivo do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill) em ambiente protegido. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2007. 110 p. Tese Doutorado.
- Embrapa. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2009. 412p.
- Esteves, B.S.; Suzuki, M.S. Efeito da salinidade sobre as plantas. Oecologia Brasiliensis, v. 12, n. 4, p. 662-679, 2008. <<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2883337>>. 16 Mar. 2011.
- Freire, A.L.O.; Saraiva, V.P.; Miranda, J.R.P.; Bruno, G.B. Crescimento, acúmulo de íons e produção de tomateiro irrigado com água salina. Semina: Ciências Agrárias, v. 31, suplemento 1, p. 1133-1144, 2010. <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/2553/6914>>. 11 Mar. 2011.
- Garcia, G.O.; Martins Filho, S.; Nazário, A.A.; Moraes, W.B.;

- Gonçalves, I.Z.; Madalão, J.C. Estresse hídrico e salino na produção relativa e potencial de água na folha do feijoeiro. *Irriga*, v. 14, n. 4, p. 470-480, 2009. <<http://200.145.140.50/ojs1/viewarticle.php?id=466&layout=abstract>>. 21 Mai. 2011.
- Gurgel, M.T.; Gheyi, H.R.; Oliveira, F.H.T. Acúmulo de matéria seca e nutrientes em meloeiro produzido sob estresse salino e doses de potássio. *Revista Ciência Agronômica*, v. 41, n. 1, p. 18-28, 2010. <<http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/viewFile/343/402>>. 07 Mai. 2011.
- Igbadun, H.E.; Mahoo, H.F.; Tarimo, A.K.P.R.; Baanda A.S. Crop water productivity of an irrigated maize crop in Mkoji sub-catchment of the Great Ruaha River Basin, Tanzania. *Agricultural Water Management*, v. 85, n.1-2, p.141-150, 2006. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377406001211>>. doi:10.1016/j.agwat.2006.04.003. 11 Mai. 2011.
- Kahlow, M.A.; Raouf, A.; Zubair, M.; Kemper, W.D. Water use efficiency and economic feasibility of growing rice and wheat with sprinkler irrigation in the Indus Basin of Pakistan. *Agricultural Water Management*, v. 87, n.3, p. 292-298, 2007. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377406002198>>. doi:10.1016/j.agwat.2006.07.011. 11 Mai. 2011.
- Lima, L.L.; Nunes, G.H.S.; Bezerra Neto, F. Coeficientes de variação de algumas características do meloeiro: uma proposta de classificação. *Horticultura Brasileira*, v.22, n.1, p.14-17, 2004. <<http://www.scielo.br/pdf/hb/v22n1/a03v22n1.pdf>>. doi:10.1590/S0102-05362004000100003. 13 Mai. 2011.
- Luz, J.M.Q.; Shinzato, A.V.; Silva, M.A.D. Comparação dos sistemas de produção de tomate convencional e orgânico em cultivo protegido. *Bioscience Journal*, v. 23, n. 2, p. 7-15, 2007. <<http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/6842/4531>>. 10 Abr. 2011.
- Maas, E.V. Salt tolerance of plants. In: Christie, B.R. (ed.). *The handbook of plant science in agriculture*. Boca Raton: CRC Press, 1984. p.57-75.
- Medeiros, J.F.; Dias, N.S.; Barros, A.D. Manejo da irrigação e tolerância do meloeiro a salinidade da água de irrigação. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 3, n.3, p.242-247, 2008. <<http://www.agraria.pro.br/sistema/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=264&path%5B%5D=179>>. doi:10.5039/agraria.v3i3a264. 07 Mai. 2011.
- Medeiros, P.R.F. Manejo da fertirrigação em ambiente protegido visando o controle da salinidade para a cultura do tomate em solo franco-argiloso. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2010. 85 p. Tese Doutorado.
- Nichida, K.; Khan, N.M.; Shiozawa, S. Effects of salt accumulation on the leaf water potential and transpiration rate of pot-grown wheat with a controlled saline groundwater table. *Soil Science and Plant Nutrition*, v. 55, n. 3, p. 375-384, 2009. <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1747-0765.2009.00368.x/abstract>>. doi:10.1111/j.1747-0765.2009.00368.x. 11 Mar. 2011.
- Oliveira, B.C.; Cardoso, M.A.A.; Oliveira, J.C.; Oliveira, F.A.; Cavalcante, L.F. Características produtivas do tomateiro submetidas a diferentes níveis de sais, na água de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.11, n.1, p.11-16, 2007. <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v11n1/v11n1a02.pdf>>. doi:10.1590/S1415-43662007000100002. 11 Mai. 2011.
- Pereira, L.S.; Oewis, T.; Zairi, A. Irrigation management under water scarcity. *Agricultural Water Management*, v. 57, n.3, p. 175-206, 2002. <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377402000756>>. doi: 10.1016/S0378-3774(02)00075-6. 05 Mai. 2011.
- Phene, C.J.; Davis, K.R.; Hutmacher, R.B.; Bar-Yosef, B.; Meek, D.W.; Misaki, J. Effect of high frequency surface and subsurface drip irrigation on root distribution of sweet corn. *Irrigation Science*, v.12, n.3, p.135-140, 1991. <<http://www.springerlink.com/content/v10t04017u667p77/>>. doi:10.1007/BF00192284. 22 Mar. 2011.
- Pugnaire, F.I.; Endoliz, L.S.; Pardos, J. Constrains by water stress on plant growth. In: Pessarakli, P. (Ed.). *Handbook of plant and crop stress*. New York: Marcel Dekker, 1993. p. 247-259.
- Silva, E.N.; Silveira, J.A.G.; Fernandes, C.R.R.; Dutra, A.T.B.; Aragão, R.M. Acúmulo de íons e crescimento de pinhão-mansô sob diferentes níveis de salinidade. *Revista Ciência Agronômica*, v. 40, n. 2, p. 240-246, 2009. <<http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/517/335>>. 13 Abr. 2011.
- Souza, V.F.; Coelho, E.F.; Andrade Junior, A.S.; Folegatti, M.V.; Frizzone, J.A. Eficiência do uso da água pelo meloeiro sob diferentes frequências de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.4, n.2, p.183-188, 2000. <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v4n2/v4n2a09.pdf>>. doi:10.1590/S1415-43662000000200009. 17 Abr. 2011.