

PRODUÇÃO DE MUDAS CÍTRICAS UTILIZANDO ÁGUAS SALINAS

Tales Miler Soares¹; Sergio Nascimento Duarte¹; Christiano César Dibbern Graf²; Marcelo Zanetti²; Silvio Sandoval Zocchi³

¹Departamento de Engenharia Rural, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, talesmiler@bol.com.br

²Citrograf Mudás.

³Departamento de Ciências Exatas, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP

1 RESUMO

Considerando que o atual sistema de produção de mudas cítricas no Estado de São Paulo potencializou os riscos de salinização do meio de cultivo, conduziu-se um trabalho objetivando investigar o crescimento da laranjeira 'Valência' enxertada em três porta-enxertos ('Cravo', 'Cleópatra' e 'Swingle'), utilizando três qualidades de água: natural (1,19 dS m⁻¹), dessalinizada (0,02 dS m⁻¹) e residual (2,11 dS m⁻¹). Também foram estudados dois níveis de Ca(NO₃)₂: 0 e 2,105 g L⁻¹, conformando um esquema fatorial 3x3x2. As águas salinas e a aplicação de Ca(NO₃)₂ salinizaram o substrato, a despeito da lixiviação observada. O Ca(NO₃)₂, além de não incrementar o desenvolvimento das mudas, mostrou-se prejudicial às raízes, devido ao exacerbado estresse osmótico proporcionado. A água natural implicou em prejuízos às raízes, mas proporcionou desenvolvimento da parte aérea compatível à água dessalinizada. A irrigação com água residual promoveu depreciação das raízes, do diâmetro do caule e da massa seca da parte aérea, com reflexo negativo na acumulação de massa seca na planta, quando comparada à água dessalinizada. A altura das plantas e o número de folhas não foram prejudicados pela salinidade das águas.

UNITERMOS: *Citrus*, salinidade, irrigação, mudas, qualidade da água, fertirrigação.

SOARES, T.M.; DUARTE, S.N.; GRAF, C.C.D.; ZANETTI, M.; ZOCCHI, S.S. CITRUS NURSERY TREE PRODUCTION USING SALINE WATER

2 ABSTRACT

Considering that current system for citrus nursery tree production in São Paulo State, Brazil, increased the medium salinisation risk, this experiment was carried out aiming to investigate the growth of 'Valencia' sweet orange nursery trees, budded on three rootstocks ('Rangpur' lime, 'Cleopatra' mandarin and 'Swingle' citrumelo), using three water qualities: natural (EC_w = 1.19 dS m⁻¹), desalinated (EC_w = 0.02 dS m⁻¹) and reject brine (EC_w = 2.11 dS m⁻¹). Two Ca (NO₃)₂ levels were also studied: 0 and 2.105 g L⁻¹, according to a 3 x 3 x 2 factorial scheme. Saline waters and Ca (NO₃)₂ application increased media growth salinity, despite the registered lixiviation. The Ca (NO₃)₂ did not enhance plant growth, damaging the roots, due the osmotic stress. Natural water application resulted in significant damage to roots, but provided scion growth (diameter, dry mass) compatible to desalinated water. Irrigation with rejected water, compared to desalinated water, resulted in decrease of stem diameter and roots, and scion dry mass accumulation. Water salinity did not affect the shoot length and the number of leaves.

KEYWORDS: *Citrus*, salinity, irrigation, water quality, fertirrigation

3 INTRODUÇÃO

No atual sistema de produção de mudas cítricas vigente no Estado de São Paulo (CARVALHO, 2003), em conformidade com a maior seguridade fitossanitária que vem se estabelecendo, tem-se que compulsoriamente produzir sob ambiente protegido. Além disto, neste sistema, tem-se a alternativa de irrigar com águas subterrâneas (OLIVEIRA et al., 2001; GRAF, 2001), que geralmente têm maior qualidade sanitária que as águas superficiais não tratadas.

A despeito da qualidade fitossanitária, as águas subterrâneas podem ter qualidade química, ou seja, conter sais dissolvidos, em concentrações limitantes ao desenvolvimento vegetal. Ainda que o Estado de São Paulo, de modo geral, detenha águas subterrâneas de baixa salinidade, como informado pelo DAEE (1988), peculiaridades existem na caracterização dos tipos hidroquímicos segundo os sistemas de aquíferos. Oliveira e Salati (1981), estudando poços tubulares profundos tão somente na região de Piracicaba – SP, classificaram águas de qualidades satisfatória, utilizável e não utilizável para fins de irrigação, devendo-se registrar que as águas de pior qualidade foram principalmente ricas em cloreto (concentração de até 32,4 mmol_c L⁻¹) e sódio (concentração de até 56,5 mmol_c L⁻¹), atingindo valores de condutividade elétrica às vezes superiores a 3 dS m⁻¹.

Além da prerrogativa de utilização das águas subterrâneas, tem-se que registrar também que no atual sistema de produção de mudas cítricas os riscos de salinização do meio de cultivo aumentaram, considerando que as plantas passaram a ser cultivadas em recipientes, o que restringiu o volume explorado pelo sistema radicular, fato que se compensa, como demonstrado por Rezende et al. (1995), com a aplicação de maiores doses de fertilizantes.

Como informado por Silva et al. (1999), os excessos de nutrientes no solo, assim como o acúmulo de íons tóxicos oriundos de águas salinas, são favorecidos sob ambiente protegido, considerando a ausência de chuvas que promoveriam sua lixiviação. Estes mesmos autores, tratando da salinização de solos sob estufas, informam que as causas mais freqüentes deste processo no Estado de São Paulo são: a utilização de águas de qualidade inferior providas de poços, e a adição de sais fertilizantes, de elevados índices salinos, em quantidades superiores às requeridas para a nutrição das plantas, sendo esta última causa a mais recorrente. Além disto, informa Milner (2002) que o cultivo em substratos, como pregado pelo atual sistema, em substituição ao solo, tem como importante desvantagem a baixa capacidade tampão, significando baixa tolerância a erros no manejo da irrigação e da fertirrigação.

Os riscos da salinização do meio de cultivo tornam-se importantes porque os citros são sensíveis aos sais (AYERS; WESTCOT, 1999), tolerando, conforme Maas (1993), uma salinidade limiar de 1,4 dS m⁻¹, e porque o estresse salino pode causar redução no crescimento pelo déficit hídrico (LLOYD et al., 1987; WALKER et al., 1983), pela toxidez de íons específicos (COOPER, 1961; WALKER et al., 1983), pelo desbalanço iônico (WALKER, 1986; RUIZ et al., 1997) ou por uma combinação destes fatores.

Neste sentido, objetivou-se no presente trabalho avaliar a produção de mudas de laranja 'Valência' sobre os porta-enxertos limoeiro 'Cravo', tangerineira 'Cleópatra' e citrumeleiro 'Swingle', submetidas à influência de águas salinas, verificando se a aplicação de nitrato de cálcio mitiga os eventuais prejuízos da toxidez causada pelas presenças do cloreto e do sódio na água de irrigação.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Rio Claro – SP (coordenadas geográficas 22° 33' e 22° 14' S, 47° 46' e 47° 27' W), em estufa da empresa Citrograf Mudas, obedecendo-se a todas as normas exigidas pelo Programa de Certificação de Mudas Cítricas vigente no Estado de São Paulo. A fase de produção dos três porta-enxertos avaliados, quais sejam, o limoeiro 'Cravo' (*Citrus limonia* Osbeck), a tangerineira 'Cleópatra' (*C. reshni* Hort. ex Tan.) e o citrumeleiro

‘Swingle’ (*C. paradisi* Macf. x *Poncirus trifoliata* [L.] Raf.), até o ponto de enxertia, está descrita em Soares (2003). Nesta fase, para a adubação do meio de cultivo, constituído à base de cascas de *Pinus*, utilizou-se fertilizante de liberação lenta na formulação de 22-04-08 contendo micronutrientes, aplicado na dosagem de 2,46 kg m⁻³ de substrato. No Quadro 1, têm-se os resultados da análise do substrato, por ocasião do transplantio.

Quadro 1. Caracterização química do substrato orgânico

Determinações (110 °C)		Determinações (110 °C)	
pH em CaCl ₂ 0,01M*	5,8		970 mmol _c kg ⁻¹
Densidade absoluta*	0,58 g cm ⁻³	Cálcio (Ca) total	
Umidade total (110 °C)*	52,50%	Magnésio (Mg) total	1.492 mmol _c kg ⁻¹
Matéria orgânica total (combustão)	53,16%	Potássio (K) total	61,70 mmol _c kg ⁻¹
	48,48%	Sódio (Na) total	20,61 mmol _c kg ⁻¹
Matéria orgânica compostável		Relação C/N (C total e N total)	51:1
Carbono total (orgânico e mineral)	29,54%	Relação C orgânico/N total	47:1
Carbono orgânico	26,93%	Cobre (Cu) total	42 mg kg ⁻¹
Resíduo mineral total	46,84%	Manganês (Mn) total	253 mg kg ⁻¹
Nitrogênio total	0,57%	Zinco (Zn) total	112 mg kg ⁻¹
Fósforo (P ₂ O ₅) total	0,67%	Ferro (Fe) total	25.076 mg kg ⁻¹
Enxofre (S) total	0,53%	Boro (B) total	11 mg kg ⁻¹

*Base úmida

Com 90 dias do transplantio, os porta-enxertos produzidos foram enxertados (enxertia tipo ‘T’ invertido) com borbulhas recém-colhidas de laranjeira ‘Valência’ (*C. sinensis* (L.) Osbeck), sendo continuamente submetidos aos mesmos tratamentos, por mais 181 dias (até 266 dias após o transplantio, DAT). Durante a fase de formação das mudas, não foram aplicados fertilizantes ao substrato.

As mudas de laranjeira enxertadas sobre os três porta-enxertos foram submetidas aos seguintes tipos de água de irrigação: água natural (N), água doce (D) e água residual (R), cujas salinidades expressas em condutividade elétrica (CE_a) são, respectivamente: 1,19; 0,02 e 2,11 dS m⁻¹. Avaliou-se, concomitantemente, os efeitos da adição de nitrato de cálcio às águas de irrigação, conforme os tratamentos demonstrados na Tabela 1, e nos quais está fixada em 2,105 g L⁻¹ a concentração deste fertilizante, quando aplicado.

Decorrida uma semana da enxertia, efetuou-se o “forçamento” da brotação das borbulhas mediante o curvamento dos porta-enxertos acima do ponto de enxertia. Almejando maior pegamento dos enxertos, aplicou-se citocinina (benziladenina - 1,9%) (ZANETTI et al., 2003), diluída em água a 25%, sobre as borbulhas, tão logo liberadas dos fitilhos plásticos, aos 17 dias da enxertia. Efetuou-se ainda uma redução do volume aéreo dos porta-enxertos, aos 25 dias de seu encurvamento, visando a manutenção da qualidade da irrigação.

O experimento foi conduzido no delineamento aleatorizado em blocos, com 18 tratamentos arrançados em um esquema fatorial de 3 x 3 x 2 (tipo de porta-enxerto x tipo de água x aplicação de nitrato de cálcio), com 6 repetições. Cada parcela foi representada por 8 mudas ensacoladas. A análise estatística foi efetuada no programa SAS, sendo a comparação das médias realizada pelo teste de Tukey quando a razão F acusava possível significância a 5%.

O controle e o procedimento de irrigação, além da coleta da água drenada, seguiram a metodologia descrita por Soares (2003), e à semelhança deste autor, reitera-se que tanto as lâminas de irrigação quanto as frações de lixiviação foram computadas por tipo de porta-enxerto e não por tratamento, portanto, desconsiderando as eventuais diferenças no consumo de água ocasionadas pelos níveis de salinidade e pela presença do nitrato de cálcio.

Ao final do período experimental, avaliou-se a salinização do substrato mediante a leitura da condutividade elétrica, do pH e das concentrações de cálcio, de cloreto e de sódio no extrato de

saturação do substrato, utilizando-se para isto amostras compostas de todas as repetições para cada tratamento.

A avaliação final do desenvolvimento das mudas foi realizada aos 266 DAT, correspondentes a 247 dias de exposição acumulada às águas, desde a fase de pré-enxertia (SOARES, 2003). Mensurou-se, mediante amostragem simples nos blocos (6 plantas por tratamento), os seguintes parâmetros: altura da muda, diâmetro do caule, número de folhas, massa seca das folhas, massa seca do caule, massa seca da parte aérea, massa seca das raízes, massa seca total e relação entre as massas de matéria seca das raízes e da parte aérea.

Tabela 1 . Caracterização química das águas às quais foram submetidas as mudas de laranjeira ‘Valência’ sobre os três porta-enxertos

Abreviação	Tratamento	Cl	Na	Ca	K	Mg	RAS	CE _a
		----- (mmol _c L ⁻¹) -----					(mmol _c L ⁻¹) ^{1/2} (dS m ⁻¹)	
D	Água doce	0,05	0,25	0,01	0,003	0,003	3,16	0,02
D+Nit	Água doce + Ca(NO ₃) ₂	0,05	0,25	20,01	0,003	0,003	0,08	2,13
N	Água natural	4,69	10,57	0,10	0,013	0,008	45,40	1,19
N+Nit	Água natural + Ca(NO ₃) ₂	4,69	10,57	20,10	0,013	0,008	3,33	2,83
R	Água residual	9,41	17,17	0,17	0,023	0,008	57,51	2,11
R+Nit	Água residual + Ca(NO ₃) ₂	9,41	17,17	20,17	0,023	0,008	5,41	3,66

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Irrigação e salinização do substrato

Acompanhando a tendência já registrada na fase de pré-enxertia (SOARES, 2003), para as mudas enxertadas sobre o limoeiro ‘Cravo’ se repuseram maiores lâminas de irrigação (5,53 mm d⁻¹) que para aquelas sobre o citrumeleiro ‘Swingle’ (4,04 mm d⁻¹) e tangerineira ‘Cleópatra’ (4,06 mm d⁻¹), sendo que para as plantas sobre estes dois últimos porta-enxertos se aplicou ao substrato praticamente as mesmas lâminas brutas necessárias ao alcance da umidade à ‘capacidade de container’. A maior necessidade de reposição de água para as plantas enxertadas sobre o limoeiro ‘Cravo’ está em concordância com a observação de Medina (1997), que verificou maior condutância hidráulica do sistema radicular desse porta-enxerto, em relação a ‘Cleópatra’, ‘Troyer’ e *Poncirus trifoliata*, cultivados em vasos e sem deficiência hídrica, condição para qual também registrou maior assimilação diária de CO₂ pelo ‘Cravo’, alcançado neste parâmetro apenas por *P. trifoliata*.

Conforme discutido por Soares (2003), a velocidade de infiltração da água parece ser menor que sua velocidade de retenção pelo substrato utilizado, o que, associado ao procedimento de irrigação (entornando-se o volume ao substrato), levou às perdas de água por percolação, mesmo não se adotando fração de lixiviação no cálculo da lâmina a aplicar. Em relação à fase de pré-enxertia, registraram-se na fase de pós-enxertia maiores perdas por percolação, as quais foram quantificadas nos seguintes valores médios, respectivos para as mudas sobre o citrumeleiro ‘Swingle’, a tangerineira ‘Cleópatra’ e o limoeiro ‘Cravo’: 37,74%; 32,38% e 29,49%. Este aumento na percolação se explica pela menor frequência de irrigação adotada nesta fase de pós-enxertia, com irrigações que passaram a ser realizadas a cada dois dias, o que refletiu na exteriorização da característica hidrofóbica (GERVÁSIO, 2003; SOARES, 2003) do substrato, com conseqüente redução da qualidade da irrigação, seja mediante a menor retenção de água pelo substrato, seja pela diminuição da efetividade da lixiviação. Observou-se ao longo da fase em discussão, pelo mesmo motivo supracitado, dificuldade em se estabelecer os novos valores de umidade à ‘capacidade de container’, gastando-se muito mais água e mais tempo para se re-

hidratar, à necessária saturação, o substrato das plantas-teste. É pertinente ressaltar que as frações de lixiviação encontradas referem-se à drenagem natural do processo de irrigação, não podendo ser consideradas no computo do real consumo de água pelas plantas.

Os resultados acima apresentados concordam com as observações de Francescato (1995), ao informar que uma maior frequência de irrigação é necessária para manutenção de maiores valores de umidade em substratos à base de casca de *Pinus*. O autor observou maiores oscilações na umidade dos substratos irrigados com menor frequência de irrigação, o que dificultou a retenção de água, principalmente em substratos com maior granulometria, com reflexo significativo no crescimento das mudas de citros.

A Tabela 2 expressa os valores finais de pH, de CE_{es} , da RAS e das concentrações de Ca, Mg, K, Cl e Na no extrato de saturação do substrato. Estes valores não devem ser tomados como se mantidos ao longo do experimento, mas sim como os valores pontuais instantâneos que são, referentes à época de encerramento da pesquisa, representativos, pois, de toda acumulação e exportação (plantas e drenagem) de elementos do meio de cultivo.

Analisando-se a Tabela 2, percebe-se que o pH do extrato de saturação do substrato pouco oscilou em função do tipo de água de irrigação, podendo-se afirmar que foi tênue a elevação de seu valor em função do aumento da salinidade da água. A aplicação corretiva do nitrato de cálcio tendeu a diminuir o valor do pH, ainda que a diminuição tenha sido discreta e ficando limitada a no máximo 0,5 unidade de pH. Em relação a CE_{es} , pôde-se verificar que a salinidade do meio foi crescente em função do tipo de água (CE_{es} da água doce < CE_{es} da água natural < CE_{es} da água residual) e da aplicação do nitrato de cálcio (CE_{es} da água não corrigida < CE_{es} da água corrigida).

Tabela 2 . Resultado da análise do extrato de saturação do substrato, por tratamento, realizada ao final do experimento

Tratamento	pH	K	Ca	Mg	Cl	Na	CE	RAS
		----- mmol _c L ⁻¹ -----					dS m ⁻¹	(mmol _c L ⁻¹) ^{1/2}
Tangerineira 'Cleópatra'								
D	5,9	4,25	35,18	28,31	4,53	9,00	3,27	1,60
D+Nit	5,6	3,91	63,02	29,36	2,81	6,20	4,91	0,91
N	6,1	3,4	27,34	16,24	12,42	31,02	3,91	6,65
N+Nit	5,8	3,8	49,3	17,91	8,21	26,01	4,74	4,49
R	6,3	3,73	28,42	17,41	21,05	48,02	5,16	10,03
R+Nit	6,0	3,32	42,66	16,74	14,68	45,02	5,48	8,26
Limoeiro 'Cravo'								
D	6,1	3,23	34,13	28,51	4,32	10,60	2,93	1,89
D+Nit	5,6	2,63	73,04	35,05	3,67	8,02	5,53	1,09
N	6,1	3,48	36,13	31,78	31,96	54,03	5,96	9,27
N+Nit	5,9	2,72	65,12	28,62	15,44	42,13	6,42	6,15
R	6,4	3,06	29,17	18,69	29,15	62,12	6,08	12,7
R+Nit	6,0	2,8	51,13	18,62	21,59	57,08	6,58	9,67
Citrumeleiro 'Swingle'								
D	6,2	3,57	28,27	17,94	3,78	9,02	2,63	1,88
D+Nit	5,7	4,5	68,18	38,91	3,56	9,80	5,37	1,34
N	6,3	3,99	29,06	19,42	16,84	37,16	4,22	7,55
N+Nit	5,9	4,84	62,31	35,52	14,46	40,13	6,38	5,74
R	6,3	4,16	28,19	17,73	25,05	50,08	5,28	10,45
R+Nit	5,8	4,08	50,12	25,76	19,43	53,21	6,42	8,64

As concentrações de Ca, Mg e K no extrato de saturação diminuíram quando se irrigou as mudas de laranja 'Valência' enxertadas sobre tangerineira 'Cleópatra' com água natural, em relação à água doce, mas aumentaram na irrigação das plantas sobre limoeiro 'Cravo' e citrumeleiro 'Swingle'. O uso da água residual, quando comparado ao da água natural, na irrigação das plantas sobre 'Cleópatra', elevou as concentrações destes mesmos nutrientes. Nesta comparação, na irrigação das mudas sobre o 'Cravo' e o 'Swingle', as concentrações diminuíram, a exceção do K. O aumento da salinidade da água, em função apenas do tipo de água, resultou em maiores quantidades de Cl e Na e, por conseguinte, elevou o valor da RAS, no extrato de saturação. Verificou-se ainda, que, para mudas sobre o limoeiro 'Cravo', o aumento das concentrações do Cl e do Na no extrato saturado foi ainda mais pronunciado, possivelmente em virtude da aplicação de maiores lâminas de irrigação e do maior esgotamento nutricional do meio, devido ao maior crescimento deste porta-enxerto, com resultante acúmulo de Cl e de Na no substrato (Tabela 2).

Avaliando apenas os tratamentos na presença do nitrato de cálcio, os usos das águas natural, em relação ao da água doce, e da residual, em relação ao da natural, fizeram diminuir as concentrações de Ca e Mg, e aumentar as dos íons tóxicos Cl e Na, ficando as concentrações do K variáveis (Tabela 2). Para um mesmo tipo de água, as concentrações de Mg e Ca aumentaram no extrato de saturação quando da aplicação de nitrato de cálcio, sendo que a de Mg deve representar um deslocamento deste cátion do complexo sortivo para a solução, uma vez que está ausente no fertilizante. Para um mesmo tipo de água, a concentração de K, quando se aplicou o fertilizante corretivo, foi variável.

A adição de nitrato de cálcio às águas diminuiu a concentração de Cl no extrato de saturação do substrato, sob todos os porta-enxertos. Além disto, a presença do nitrato de cálcio nas águas de irrigação diminuiu a concentração de Na no meio, mas, tão somente sob os porta-enxertos tangerineira 'Cleópatra' e limoeiro 'Cravo', sendo que sob o citrumeleiro 'Swingle' foi registrado aumento da concentração, o que poderia representar um efeito positivo do nitrato de cálcio na expressão da habilidade do citrumeleiro em evitar a absorção e o transporte de sódio.

Conforme Ayers e Westcot (1999), o limite máximo de Cl no extrato de saturação permissível para o limoeiro 'Cravo' e a tangerineira 'Cleópatra' é de 25 mmol_c L⁻¹, sendo de 10 mmol_c L⁻¹ para o citrumeleiro 'Swingle'. No presente trabalho (Tabela 2), este limite máximo não foi alcançado na zona radicular da 'Cleópatra'. Quando se irrigou com as águas natural e residual, este limite tanto para o 'Cravo' quanto para o 'Swingle' foi atingido, registrando-se que a aplicação de nitrato de cálcio nestas águas foi capaz de reduzir o nível de Cl abaixo de sua concentração intolerada para o 'Cravo', não o sendo para o 'Swingle'. Os mais elevados níveis de Cl foram encontrados no substrato cultivado com limoeiro 'Cravo', o que está de acordo com o maior montante de água aplicado para este porta-enxerto. Esperou-se, entretanto, verificar maiores níveis de Cl no substrato cultivado com tangerineira 'Cleópatra' do que com o citrumeleiro 'Swingle', já que para ambos se repôs praticamente a mesma quantidade de água. Como é sabido, é o primeiro porta-enxerto mais hábil em evitar o acúmulo de Cl na parte aérea, fato este que deveria representar mais Cl, não absorvido, presente no substrato cultivado com a tangerineira, o que não ocorreu. Isto pode ser explicado pelo menor vigor da tangerineira (Tabela 3), representando uma possível menor extração absoluta de íons, mas também a possibilidade de percolações mais efetivas à lixiviação.

5.2 Análise de crescimento das mudas

Conforme esperado, a salinização do substrato, avaliada pela condutividade elétrica do extrato de saturação, foi potencializada com a salinidade inicial da água de irrigação e pela aplicação do nitrato de cálcio, devendo-se registrar que o valor da salinidade limiar reconhecido na literatura para citros (estabelecido por Maas (1993) em 1,4 dS m⁻¹) foi superado em todos os tratamentos, com especial magnitude naquelas irrigadas com as águas mais concentradas em sais (Tabela 1). Estes resultados por si só criaram a expectativa de se comprovar a hipótese investigada, de que o desenvolvimento das mudas cítricas pode ser prejudicado pela aplicação de águas moderadamente salinas. Diferentemente de Soares (2003), que não conseguiu comprová-la, neste trabalho, verificou-se diminuição no desenvolvimento das mudas de laranja 'Valência' (Tabela 3) sob a ação das águas salinas.

Deve-se registrar, entretanto, que o trabalho de Soares (2003) abordou tão somente a fase de pré-enxertia, a qual durou apenas 66 dias, precocidade esta, proporcionada pelo atual sistema de produção de mudas cítricas vigente em São Paulo, o que pode ter influenciado na não valoração estatística da depreciação do crescimento vegetal promovida pelos sais dissolvidos nas águas. No presente trabalho, que trata da fase de pós-enxertia das mudas e que durou 181 dias, certamente houve tempo suficiente para a manifestação dos efeitos depreciativos das águas salinas investigadas, considerando-se ainda que estes são em parte acumulativos da fase de pré-enxertia, totalizando uma exposição de 247 dias às mesmas águas. Nesta comparação de resultados, entretanto, há que se ponderar pela presença da copa, levando a três combinações copa/porta-enxerto, o que se constitui outro fator diferenciador das duas fases.

Tabela 3. Médias de valores* tomados aos 266 DAT para: número de folhas (NF), altura do enxerto (ALT), diâmetro do enxerto (D), matéria seca da parte aérea (MSPA), logaritmo neperiano da matéria seca das raízes (MSR), matéria seca total (MST) e relação raiz/parte aérea (r)

Fator	NF (cm)	ALT (cm)	D (mm)	lnMSR ln(g)	MSPA (g)	MST (g)	r
Parâmetros avaliados							
Porta-enxerto							
‘Cleópatra’	33,37 b	77,03 b	6,32 b	2,0080 c	18,37 c	26,16 c	0,42 b
‘Cravo’	37,61 a	92,89 a	7,27 a	2,7046 a	31,64 a	47,42 a	0,52 a
‘Swingle’	35,25 ab	83,44 b	6,06 b	2,4306 b	24,68 b	36,48 b	0,48 a
d.m.s.	4,03	7,62	0,45	0,1608	4,41	6,18	0,041
Nitrato de Cálcio							
Sem	35,10 a	85,30 a	6,65 a	2,4647 a	25,48 a	38,33 a	0,51 a
Com	35,78 a	83,76 a	6,46 a	2,3058 b	24,41 a	35,20 a	0,45 b
d.m.s.	2,74	5,19	0,31	0,1094	3,00	4,20	0,028
Tipo de água							
Dessalinizada	37,26 a	87,66 a	6,95 a	2,5529 a	27,38 a	41,14 a	0,50 a
Natural	35,08 a	85,61 a	6,66 a	2,3621 b	25,56 ab	37,15 ab	0,46 b
Residual	34,00 a	80,39 a	6,05 b	2,2433 b	22,00 b	32,19 b	0,47 ab
d.m.s.	4,03	7,62	0,45	0,1608	4,41	6,18	0,041
C.V. (%)	20,1	16,0	12,3	11,9	31,3	29,7	15,2

*Médias seguidas pelas mesmas letras nas colunas não diferem significativamente entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Foi interessante observar que a salinidade das testemunhas absolutas por si só supera a salinidade limiar ($1,4 \text{ dS m}^{-1}$), indicando que o substrato utilizado, como customizado à Citrograf Mudas, pode apresentar risco (dependendo do porta-enxerto e da copa) ao pleno desenvolvimento das plantas em função, pelo menos, do elevado potencial osmótico, restritivo aos citros. Acrescenta-se, no entanto, que parte considerável da salinidade verificada nestes e nos demais tratamentos foi oriunda de sais fertilizantes e, portanto, constituídos de íons não tóxicos, especialmente Ca e Mg (Tabela 2). Conforme já demonstrado para outras culturas, como no caso do pimentão (SILVA, 2002), sabe-se que o limite de salinidade tolerado pelas plantas é maior quando a salinidade é provocada por sais fertilizantes. Assim, pressupõe-se que a salinidade limiar de $1,4 \text{ dS m}^{-1}$ não se aplica ao caso em estudo, até porque este valor se obtém como média da compilação de dados com alguma amplitude, o que por si só não o estabelece como definitivo para todas as situações.

Considerando a inexistência de significância nas interações duplas e tripla, conforme análise de variância para os parâmetros de desenvolvimento, avaliaram-se as médias separadamente para os três fatores de variação, quais sejam, tipo de porta-enxerto, tipo de água e aplicação de nitrato de cálcio (Tabela 3). Entender-se-á, com a análise da Tabela 3, que o porta-enxerto limoeiro ‘Cravo’ proporcionou, à laranjeira ‘Valência’, um desenvolvimento superior em relação aos porta-enxertos

tangerineira 'Cleópatra' e citrumeleiro 'Swingle', o que corrobora com os resultados de outros estudos (MOURÃO FILHO et al., 1998). Considerando as massas de matéria seca das raízes, da parte aérea e da planta como um todo, as mudas de 'Valência' apresentam maior desenvolvimento sobre 'Swingle' que sobre 'Cleópatra'. Por outro lado, mediante os parâmetros altura de planta e diâmetro do caule, que na prática são os mais interessantes às decisões dos viveiristas, as plantas sobre citrumeleiro 'Swingle' e tangerineira 'Cleópatra' não diferiram entre si.

O nível de nitrato de cálcio aplicado não incrementou o desenvolvimento das plantas (Tabela 3), atuando, pelo contrário, negativamente no crescimento do sistema radicular, com especial prejuízo na fase de pré-enxertia (SOARES, 2003) por estar associado aos elevados níveis de fertilizantes no substrato decorrentes da difusão iônica do adubo de liberação lenta, o que provocou um exacerbado potencial osmótico na solução do meio, com possível barreira fisiológica às raízes, além da possibilidade de desbalanço nutricional. Tal observação está de acordo com os resultados obtidos em outros estudos (BERNARDI et al., 2000; SMITH, 1965; FORD et al., 1957), nos quais se relatam reduções no sistema radicular de plantas cítricas, em função da utilização de elevadas doses de N.

A relação raiz/parte aérea é útil para estudar o equilíbrio entre os órgãos, devido às modificações no ambiente, uma vez que indica a existência de uma interdependência entre os órgãos no balanço por água, nutrientes e carbono (BERNARDI et al., 2000). Segundo Marschner (1995) e Witt (1997), o N altera a morfologia das plantas, interferindo diretamente neste balanço. Trabalhando com mudas de citros, Bernardi et al. (2000) observaram efeito negativo do N sobre a relação raiz/parte aérea, isto porque no excesso do nutriente, apesar da demasiada divisão das raízes, o sistema radicular é mais reduzido, havendo ainda estímulo para o desenvolvimento da parte aérea. No presente trabalho, além da aplicação do nitrato de cálcio, o aumento da salinidade da água fez diminuir esta razão (Tabela 3).

Em relação ao tipo de água, a análise dos dados da Tabela 3 revela que a altura e o número de folhas não foram prejudicados pela salinidade da água de irrigação. A água natural diferiu estatisticamente da água doce apenas no acúmulo de matéria seca pelas raízes, revelando potencialidade de uso na irrigação (sub-copa), para a atividade estudada. Já a água residual diferiu da água doce para o engrossamento do caule e para o acúmulo de matéria seca das raízes, da parte aérea e da planta como um todo, ficando demonstrado o elevado risco a ser assumido pelo seu uso na produção de mudas cítricas. De qualquer maneira, o uso do rejeito da dessalinização por osmose reversa (água residual) na produção de mudas ou de plantas envasadas dá a prerrogativa aos produtores de exportar os sais com a emissão das plantas comercializadas, implicando em menor impacto ambiental (menor salinização do solo local e menor eutrofização de águas receptoras), devendo para isto se refinar mais o manejo da irrigação. Portanto, os resultados aqui apresentados não são proibitivos ao uso deste rejeito, mas apenas indicadores de que para a condição estudada seu aproveitamento pressupõe a adoção de técnicas aqui não experimentadas.

Não foram verificadas importantes distinções em função dos tratamentos para a duração e o número de surtos de crescimento do enxerto. É interessante notar que os parâmetros usuais à eleição dos lotes de plantas a expedir, quais sejam, a altura de planta e o diâmetro do caule, pareceram sofrer menos influência da salinidade do meio (em irrigação sub-copa) que o acúmulo de matéria do sistema radicular (Tabela 3). A implicação prática desta observação reside na possibilidade de se comercializar mudas aparentemente bem desenvolvidas, mas que precisarão de cuidados adicionais no seu estabelecimento em campo, especialmente quanto à irrigação, já que deverão permanecer por mais tempo sobre menor volume de solo explorado.

As raízes também foram o órgão mais prejudicado pela salinidade quando Ruiz et al. (1997) irrigaram plantas de tangerineira 'Cleópatra', citrange 'Carrizo', *C. macrophylla* e laranjeira doce com níveis crescentes de NaCl. Estes autores atribuíram este efeito à elevada razão Na/Ca promovida pela redução da absorção de Ca. No presente trabalho, o estresse osmótico parece ter exercido efeito mais direto na depreciação do sistema radicular.

6 CONCLUSÕES

Para as condições do estudo, foi possível concluir que:

- O porta-enxerto limoeiro 'Cravo' proporcionou maior desenvolvimento às copas de laranja 'Valência' que os porta-enxertos citrumeleiro 'Swingle' e tangerineira 'Cleópatra';
- A combinação tangerineira 'Cleópatra'/laranja 'Valência' foi a que produziu as mudas menos vigorosas;
- A salinidade da água não prejudicou os principais parâmetros utilizados para a comercialização das mudas cítricas, quais sejam a altura do enxerto e o diâmetro do caule;
- O sistema radicular foi o órgão mais sensível à salinidade excessiva do meio, tanto na presença do nitrato de cálcio quanto na presença dos íons tóxicos (sódio e cloreto);
- A água natural apresenta potencial de uso para a atividade;
- As águas natural e residual fizeram aumentar as concentrações de cloreto e de sódio no extrato de saturação, o que foi corrigido com a aplicação do nitrato de cálcio;
- O nível de nitrato de cálcio aplicado não incrementou o desenvolvimento das mudas. Pelo contrário, influenciou negativamente no crescimento das raízes.

7 AGRADECIMENTOS

O primeiro autor agradece à Citrograf Mudas pelo apoio dado e pela boa vontade em auxiliar a pesquisa.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **Qualidade de água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p. (FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 29).
- BERNARDI, A. C. C.; CARMELLO, Q. A. C.; CARVALHO, S. A. Desenvolvimento de mudas de citros cultivadas em vasos em resposta à adubação NPK. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.4, p.733-738, 2000.
- CARVALHO, S. A. Regulamentação atual da agência de defesa agropecuária para produção, estocagem, comércio, transporte e plantio de mudas cítricas no Estado de São Paulo. **Laranja**, Cordeirópolis, v.24, n.1, p.199-239, 2003.
- COOPER, W. C. Toxicity and accumulation of salts in citrus trees on various rootstocks in Texas. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Lake Alfred, v. 74, p.95 – 104. 1961.
- DAEE. Água subterrânea: reserva estratégica. **Revista Águas e Energia Elétrica**, n. 13, p.14-23, 1988.
- FORD, H. W.; REUTHER, W.; SMITH, P. F. Effect of nitrogen on root development of Valencia orange trees. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Lake Alfred, v. 70, p.234-244. 1957.
- FRANCESCATO, R. D. C. **Influência de frequência de irrigação, substrato e adubo de liberação lenta na produção de porta-enxerto cítrico de limão 'Cravo' (Citrus limonia, Osbeck)**. 1995. 116 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba, 1995.

GERVÁSIO, E. S. **Efeito de lâminas de irrigação e doses de condicionador, associadas a diferentes tamanhos de tubetes, na produção de mudas de cafeeiro.** 2003. 105 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2003.

GRAF, C. C. D. Vivecitrus e a produção de mudas certificadas. **Laranja**, Cordeirópolis, v.22, n.2, p.533-548, 2001.

LLOYD, J.; KRIEDEMANN, P. E.; SYVERTSEN, J. P. Gas exchange, water relations and ion concentrations of leaves on salt-stressed Valencia orange *Citrus sinensis* (L.) Osbeck. **Australian Journal of Plant Physiology**, Collingwood Victoria, v.14, n. 4, p.387 – 396, 1987.

MAAS, E. V. Salinity and citriculture. **Tree Physiology**, Victoria, v. 12, n.2, p.195-216, 1993.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** New York: Academic Press, 1995. 889 p.

MEDINA, C. L. **Trocas gasosas e relações hídricas de laranjeira ‘Valência’ enxertada sobre quatro porta-enxertos e submetida à deficiência hídrica.** 1997. 79 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia e Bioquímica de plantas) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.

MILNER, L. Manejo de irrigação e fertirrigação em substratos. In: FURLANI, A. M. C. et al. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas.** Campinas: Instituto Agrônomo, 2002. p. 45-51. (Documentos, 70).

MOURÃO FILHO, F. A. A.; DIAS, C. T. S.; SALIBE, A. A. Efeito da composição do substrato na formação de mudas de laranjeira ‘Pera’. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.55, n.1, p.35-42, 1998.

OLIVEIRA, R. P. et al. **Mudas de citros.** Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2001. 32 p.

OLIVEIRA, A. S. de; SALATI, E. Um estudo sobre as águas subterrâneas da região de Piracicaba. **Anais da ESALQ**, v.38, p.885-907, 1981.

REZENDE, L. P.; AMARAL, A. M.; CARVALHO, S. A.; SOUZA, M. Volume de substrato e superfosfato simples na formação do limoeiro ‘Cravo’ em vasos. I. Efeitos no crescimento vegetativo. **Laranja**, v.16, n.2, p.155-164, 1995.

RUIZ, D.; MARTÍNEZ, V.; CERDÁ, A. Citrus response to salinity: growth and nutrient uptake. **Tree Physiology**, Victoria, v.17, n.3, p.141-150, 1997.

SILVA, E. F. F. **Manejo da fertirrigação e controle da salinidade na cultura do pimentão utilizando extratores de solução do solo.** 2002. 136 f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2002.

SILVA, E. F. F.; DUARTE, S. N.; COELHO, R. D. Salinização dos solos cultivados sob ambientes protegidos no Estado de São Paulo. In: FOLEGATTI, M. V. (Ed). **Fertirrigação: citros, flores, hortaliças.** Guaíba: Agropecuária, 1999. p.267-277.

SMITH, P. F. Effect of nitrogen source and placement on the root development of Valencia orange trees. **Proceedings of the Florida Horticultural Society**, Lake Alfred, v. 78, p.55-59. 1965.

SOARES, T. M. **Desenvolvimento de três porta-enxertos cítricos utilizando águas salinas**. 2003. 94 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2003.

WALKER, R. R. Sodium exclusion and potassium-sodium selectivity in salt-treated trifoliolate orange (*Poncirus trifoliata*) and Cleopatra mandarin (*Citrus reticulata*) plants. **Australian Journal of Plant Physiology**, Collingwood Victoria, v.13, n. 2, p.293 - 303. 1986.

WALKER, R. R. et al. Water relations and ion concentrations of leaves on salt-stressed citrus plants. **Australian Journal of Plant Physiology**, Collingwood Victoria, v.10, n. 3, p. 265 - 277. 1983.

WITT, H. H. Root growth of trees as influenced by physical and chemical soil factors. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 450, p.205-214, 1997.

ZANETTI, M et al. Efeito de diferentes concentrações de citocinina na brotação de gemas de laranjeira Valência sobre limoeiro Cravo e citrumeleiro Swingle. **Brazilian Journal of Plant of Plant Physiology**, Campinas, v.15, suplemento, p.223, 2003. Suplemento. Apresentado ao 9. CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, Atibaia, 2003.