

# NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO AFETANDO A NUTRIÇÃO E PRODUÇÃO DE PORTA-ENXERTO DE LIMOEIRO CITRUMELO SWINGLE

Danilo Eduardo Rozane<sup>1</sup>  
Renato de Mello Prado<sup>2</sup>  
William Natale<sup>2</sup>  
Amauri Nelson Beutler<sup>1</sup>  
Simone Rodrigues da Silva<sup>3</sup>  
José Carlos Barbosa<sup>4</sup>

## RESUMO

Este estudo teve por objetivo avaliar componentes do crescimento e o estado nutricional de porta-enxerto de limoeiro citrumelo swingle, em função de doses de N, P e K e da aplicação parcelada de N e K via fertirrigação. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial  $3^3 + 1$ , sendo três fatores (nitrogênio, fósforo e potássio - NPK), três doses e uma testemunha (sem adubação), com três repetições, constituídas pela média de dois tubetes de 2,8 cm de diâmetro e 12,3 cm de altura, com uma muda do porta-enxerto em cada tubete. As três doses de N, P e K foram: 1/2 = metade da dose recomendada; 1 = dose recomendada e 2 = duas vezes a dose recomendada. As doses recomendadas de N, K e P são 920 mg dm<sup>-3</sup>; 790 mg dm<sup>-3</sup> e 100 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente. As adubações com N e K foram realizadas em 18 fertirrigações, e o P foi adicionado ao substrato de casca de *Pinus* e vermiculita antes da semeadura. Quando as plantas estavam com 133 dias após a germinação, foram subdivididas em sistema radicular e parte aérea para determinação da altura, da área foliar, do diâmetro do caule, da massa seca e do conteúdo de nutrientes. A adubação com N, P e K proporcionou maior crescimento dos porta-enxertos e de acúmulo de nutrientes na parte aérea. A utilização das doses padrão de N (920 mg dm<sup>-3</sup>), P (100 mg dm<sup>-3</sup>) e K (790 mg dm<sup>-3</sup>) e o parcelamento do N e K via fertirrigações semanais foram melhores para a produção de uma muda por tubete de porta-enxerto do limoeiro citrumelo swingle com a utilização de substrato de casca de *Pinus* e vermiculita.

**Palavras Chave:** fertirrigação, muda de citros, tubetes, adubação, N, P e K.

## ABSTRACT

### NITROGEN, PHOSPHORUS AND POTASSIUM IN NUTRITION AND PRODUCTION OF SWINGLE CITRUMELO ROOTSTOCKS

The aim of this study was to evaluate the growth components and the nutritional status of Swingle citrumelo, as a function of N, P and K doses and the partitioned application of N and K by fertigation. The experimental design was a complete randomized factorial  $3^3 + 1$  with 3 factors (nitrogen, phosphorus and potassium – NPK), 3 doses and one treatment without fertilization, in three repetitions, representing the average of two tubes (2.8 cm diameter by 12.3 cm height), with one seedling per tube. The three N, P and K doses were: 1/2 = half of the recommended dose; 1 = recommended dose; and 2 = twice the recommended dose. The N, K and P recommended doses are 920 mg dm<sup>-3</sup>; 790

<sup>1</sup> Departamento de Solos e Adubos. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCA/Unesp). Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n. 14870-000 Jaboticabal, SP. Bolsista FAPESP. E-mail: mailto:natale@fcav.unesp.br; daniloorozane@yahoo.com.br; amauri@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Bolsista do CNPq. E-mail: rmp Prado@fcav.unesp.br, natale@fcav.unesp.br

<sup>3</sup> Departamento de Produção Vegetal, FCA/Unesp. E-mail: Simone@estacaoexperimental.com.br

<sup>4</sup> Departamento de Ciências Exatas, FCAV/Unesp. Bolsista do CNPq. E-mail: jcbarbosa@fcav.unesp.br

mg dm<sup>-3</sup> and 100 mg dm<sup>-3</sup>, respectively. Fertilization with N and K were performed along with 18 fertigation applications and P was added to the substrate of *Pinus* bark and vermiculite before sowing. Shoot and root systems were separated from plants 133 days post-germination for evaluation of height, leaf area, stem diameter, dry weight and nutrient content. N, P and K fertilization provided greater rootstock growth and greater nutrient accumulation in shoots. The use of N standard doses (920 mg dm<sup>-3</sup>), P (100 mg dm<sup>-3</sup>), K (790 mg dm<sup>-3</sup>) and N and K partition through weekly fertigation produced a higher quality seedling of Swingle citrumelo rootstock per tube using the substrate *Pinus* bark and vermiculite.

**Key Words:** fertigation, citrus seedling, tubes, fertilization, N, P e K

## INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de laranja, sendo também o maior exportador de suco cítrico concentrado (Agrianual, 2006). Para a produção desta “commodity”, o cultivo de citros deve ser realizado com a utilização de mudas de qualidade e com adequado estado nutricional, sendo estes os insumos mais importantes na formação de um pomar com alta homogeneidade, vigor e produtividade.

Para a formação dos pomares cítricos são utilizadas, na maioria das vezes, mudas enxertadas, que apresentam algumas vantagens, como: precocidade e uniformidade de produção e da qualidade dos frutos, facilidades na colheita e nos tratamentos culturais, utilização de porta-enxertos que se adaptam a diferentes tipos de solos e que são mais tolerantes a moléstias e a seca (Pompeu Junior, 1991). Vários porta-enxertos são empregados visando à obtenção e manutenção de altas produtividades ao longo dos anos. O porta-enxerto de limoeiro citrumelo swingle é o segundo mais utilizado no Estado de São Paulo, após o limoeiro cravo. É um híbrido originário dos Estados Unidos, resultado do cruzamento entre *Citrus paradisi* x *Poncirus trifoliata*, sendo empregado amplamente devido a sua tolerância às doenças, à seca, boa longevidade e por substituir muitas vezes o porta-enxerto de limoeiro cravo.

Os porta-enxertos de citros podem ser produzidos em diversos tipos de recipientes, sendo a utilização de tubetes amplamente difundida. Estudos indicam que há necessidade de adubações de cobertura com N para a complementação da fertilidade natural do substrato, favorecendo o rápido crescimento dos porta-enxertos nos primeiros quatro meses (Carvalho & Souza, 1996; De Carlos Neto *et al.*, 2002), havendo resposta à aplicação de N, P e K durante toda a fase de formação das mudas (Bernardi *et al.*, 2000).

O tempo para a formação de uma muda cítrica, via enxertia, oscila entre 18 e 36 meses, dependendo do clima da região e do nível tecnológico do viveiro (Abou-Rawash *et al.*, 1998). Porém, com o uso da fertirrigação e com a adequada nutrição das mudas, este tempo pode diminuir, resultando em menor custo e tempo para sua produção.

Além da dose adequada de fertilizante, o parcelamento da adubação é importante, uma vez que ocorre lixiviação de nutrientes, principalmente N e K, devido às constantes irrigações e às pequenas dimensões dos recipientes (tubetes), visto que esses nutrientes são bastante móveis no solo. Uma forma promissora de fornecimento de nutrientes para a produção de mudas é via fertirrigação, uma vez que outras formas de aplicação, como a adubação foliar, não têm tido efeito significativo sobre o crescimento das plantas (Boaretto *et al.*, 1999).

Burt *et al.* (1995) afirmam que a fertirrigação é o mais econômico e eficiente método de aplicação de fertilizantes, especialmente quando utilizado através de sistemas de irrigação localizada. Por meio da fertirrigação é possível o fracionamento das doses e o aumento na eficiência da adubação. Esses autores afirmam que, comparando a fertirrigação por gotejamento com a aplicação de fertilizantes pelo método convencional, há aumento na eficiência de aproveitamento dos nutrientes, despendendo-se 20 a 50% menos fertilizantes, comparado ao método convencional. No Estado de São Paulo, a fertirrigação vem ganhando adeptos, principalmente pela maior facilidade na aplicação dos nutrientes na época necessária, além de atender a exigência nutricional em cada fase do desenvolvimento da planta (Frizzone & Botrel, 1993). Na produção de mudas de citros, a fertirrigação tem sido utilizada com sucesso, conforme relatam Carvalho & Souza (1996), Carvalho *et al.* (2000) e Ruschel *et al.* (2004).

Na literatura são escassos os estudos que avaliaram a resposta de porta-enxertos de mudas de citros, cultivadas em substrato inerte, à adubação com N, P e K, utilizando adubação parcelada de N e K via fertirrigação.

Este estudo teve por objetivos avaliar componentes do crescimento e o estado nutricional de porta-enxertos de limoeiro citrumelo swingle, na fase de produção de porta enxerto, em função de doses de N, P e K e da aplicação parcelada de N e K via fertirrigação.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em viveiro situado em Bebedouro, Estado de São Paulo, Brasil. Segundo a classificação de Koppen, o clima é do tipo Cwa subtropical, com inverno curto e seco e verão quente e chuvoso, caracterizando duas estações distintas. A altitude é de 601 m.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial  $3^3 + 1$ , sendo três fatores (nitrogênio, fósforo e potássio - NPK), três doses e uma testemunha (sem adubação), com três repetições. As unidades experimentais, totalizando 84, foram constituídas pela média de dois tubetes de 2,8 cm de diâmetro e 12,3 cm de altura, perfurados na base, com uma muda do porta-enxerto de limoeiro citrumelo swingle (*Citrus paradisi* x *Poncirus trifoliata*) em cada tubete, sendo utilizadas duas fileiras de mudas laterais como bordadura.

As três doses de N, P e K foram:  $_{1/2}$  = metade da dose recomendada;  $_1$  = dose recomendada;  $_2$  = duas vezes a dose recomendada. As doses recomendadas para a produção de mudas de citros são: N e K iguais a 920 mg dm<sup>-3</sup> e 790 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente (Ruschel et al., 2004) e de P igual 100 mg dm<sup>-3</sup> (Boaventura, 2003). A adubação com N e K foi realizada via 18 fertirrigações, mediante aplicações semanais de 2 mL de solução por planta, a partir da segunda semana após a germinação das sementes. O P foi adicionado e homogeneizado ao substrato antes da semeadura. As fontes de N, P e K foram: o nitrato de amônio (34% de N), superfosfato triplo (44% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e o cloreto de potássio (60% de K<sub>2</sub>O). Adicionalmente, foi aplicado CaSO<sub>4</sub> na dose de 0,9 g dm<sup>-3</sup> de substrato, sendo pulverizados mensalmente micronutrientes nas se-

guintes doses: B = 0,2; Mn = 0,5; e Zn = 0,6 g L<sup>-1</sup> (Bernardi et al., 2000).

O viveiro foi coberto por filme plástico transparente e revestido, nas laterais, com tela de abertura de malha de 1 mm para impedir a entrada de afídeos. As bancadas com as mudas foram dispostas a 0,3 m acima do solo, seguindo a recomendação de Carvalho & Laranjeira (1994). O substrato utilizado no cultivo foi composto por casca de *Pinus* e vermiculita com granulometria fina, cuja caracterização química é apresentada na Tabela 1. Este foi adicionado ao tubete até completar o volume, e ligeiramente comprimido de modo a não comprometer a drenagem. Em 23-02-2005, foram adicionadas sementes de limoeiro citrumelo swingle na superfície do substrato e cobertas com substrato solto até a borda do tubete. Após a germinação foi deixada uma planta por tubete, sendo realizadas irrigações diárias.

Em 1<sup>o</sup>-08-2005, 133 dias após a germinação, foram realizadas as avaliações, sendo determinadas a altura, a área foliar (aparelho LI-3100 área meter<sup>®</sup>) e o diâmetro do caule à altura do colo das plantas. Estas foram divididas em sistema radicular e parte aérea, lavadas e secas em estufa a 65–70 °C. Após a obtenção da massa seca o teor de nutrientes foi determinado, seguindo a recomendação de Bataglia et al. (1983).

Realizaram-se análises de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade (SAS INSTITUTE, 1996).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A adubação com N, P e K proporcionou maior crescimento em altura, diâmetro do caule, área foliar e massa seca da parte aérea e do sistema radicular, comparado à testemunha sem adubação (Tabela 2), demonstrando que há resposta à adubação quando é utilizado o substrato de casca de *Pinus* e vermiculita na produção de porta-enxerto em tubetes. Por outro lado, a resposta à dose utilizada foi variável. Obteve-se maior área foliar a partir da dose padrão de N (N<sub>1</sub>), maior altura e massa seca da parte aérea a partir da dose padrão de P e maior massa seca da parte aérea a partir da dose padrão de K, compara-

**Tabela 1** - Caracterização química do substrato utilizado no cultivo do porta-enxerto de limoeiro citrumelo swingle

CE	pH	N <sub>nitrato</sub>	N <sub>amônia</sub>	P	K	Ca	Mg	S	Cl	Na	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
dS m <sup>-1</sup>	H <sub>2</sub> O							mg L <sup>-1</sup>								
1,5	5,9	2,4	31,4	16,3	67,9	108,9	58,8	188,7	27,0	9,6	0,1	0,1	0,2	1,3	0,1	

Método de extração: 1:1,5 (Holanda). Método de determinação: N-(amoniacoal e nitrato): destilação; K, Ca, Mg, P, S, Cu, Fe, Mn, Zn: ICP-OES; C orgânico: Walkley-Black; Nitrogênio Total Kjeldahl.

**Tabela 2.** Resumo da análise de variância (valor de F e CV) dos componentes de crescimento do porta-enxerto de limoeiro citrumelo swingle (média de duas plantas)

Causas de variação	Altura	Diâmetro do caule	Área foliar	Massa seca da parte aérea	Massa seca de raízes
N	1,53 <sup>ns</sup>	1,64 <sup>ns</sup>	5,88 <sup>**</sup>	0,50 <sup>ns</sup>	0,27 <sup>ns</sup>
P	4,36 <sup>*</sup>	0,83 <sup>ns</sup>	1,29 <sup>ns</sup>	7,22 <sup>**</sup>	1,09 <sup>ns</sup>
K	2,92 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>ns</sup>	2,50 <sup>ns</sup>	5,15 <sup>**</sup>	0,87 <sup>ns</sup>
N x P	0,66 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	1,35 <sup>ns</sup>	1,69 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>
N x K	0,56 <sup>ns</sup>	0,82 <sup>ns</sup>	0,79 <sup>ns</sup>	1,04 <sup>ns</sup>	1,50 <sup>ns</sup>
P x K	0,80 <sup>ns</sup>	0,77 <sup>ns</sup>	0,84 <sup>ns</sup>	2,57 <sup>*</sup>	0,55 <sup>ns</sup>
N x P x K	1,17 <sup>ns</sup>	0,67 <sup>ns</sup>	0,63 <sup>ns</sup>	1,43 <sup>ns</sup>	0,98 <sup>ns</sup>
Trat. x Testem.	28,33 <sup>**</sup>	16,11 <sup>**</sup>	48,26 <sup>**</sup>	52,35 <sup>**</sup>	19,20 <sup>**</sup>
CV (%)	17,1	12,8	16,3	15,8	21,2

\*\* ; \* e <sup>ns</sup> - Significativos a 1 e 5 % de probabilidade e não significativo, respectivamente.

do à metade da dose recomendada de N, P e K (Tabelas 3 e 4). A utilização do dobro da dose recomendada de N, P e K não proporcionou maior crescimento das plantas, comparado à dose padrão. Porém, o diâmetro do caule, que é a característica adotada como referência para determinar se as mudas estão aptas à enxertia, não apresentou diferença entre as doses de N, P e K, apenas foi superior à testemunha, corroborando com os resultados de Serrano *et al.* (2004). Estes autores verificaram que o porta-enxerto de limoeiro cravo atingiu o ponto de enxertia mais rápido (137 dias), caracterizado pelo diâmetro médio do caule de 8,0 mm, em condições de maior disponibilidade de nutrientes.

Apesar de o diâmetro do caule do porta-enxerto não ter aumentado com a utilização das doses padrão dos três macronutrientes N, P e K, a altura, a área foliar e a massa seca da parte aérea foram superiores a partir da dose padrão, e esta foi superior quando comparada à metade da dose na formação do porta-enxerto.

A adubação com N é essencial para o desenvolvimento dos citros (Decarlos Neto *et al.*, 2002; Esposti & Siqueira, 2004; Ruschel *et al.*, 2004), pois é o constituinte maior das proteínas, sendo fundamental ao crescimento das plantas

(Maust & Williamson, 1994). Os porta-enxertos de citrumelo swingle responderam à adubação com N, porém, apenas a área foliar foi maior a partir da dose padrão recomendada por Ruschel *et al.* (2004) de 920g dm<sup>-3</sup>, quando comparada à metade da dose. Decarlos Neto *et al.* (2002), verificaram maior altura do porta-enxerto limoeiro cravo na dose de N de 1.240 mg dm<sup>-3</sup> e supressão no crescimento em doses mais elevadas, utilizando substrato de esterco bovino, vermiculita e terriço (1:1:1), com uma muda por tubete. Esposti & Siqueira (2004) verificaram, aos 305 dias após a semeadura, utilizando substrato à base de casca de *Pinus* com teores de P e K superiores aos utilizados neste estudo, que a dose de N, aplicada via fertirrigação a cada 15 dias, de 455 e 433 mg dm<sup>-3</sup> para o porta-enxerto de limoeiros cravo e limoeiro volkameriano, respectivamente, cultivado em vasos de 3,8 dm<sup>3</sup>, proporcionou maior diâmetro do caule. Essa resposta diferenciada à aplicação de N pode ser devida à composição diferencial do substrato (Vichiato, 1996) e à exigência nutricional maior ou menor em função do porta-enxerto utilizado (Maust & Wiliamson, 1994; Esposti & Siqueira, 2004). Isso foi verificado por Decarlos Neto *et al.* (2002), que observaram maior altura dos porta-

**Tabela 3** - Componentes de crescimento do porta-enxerto de limoeiro citrumelo swingle em função das doses de N, P e K (média de duas plantas)

	N <sub>1/2</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	P <sub>1/2</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	K <sub>1/2</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>
Altura, cm	31,54	33,68	33,94	30,85 b	33,00 ab	35,31 a	31,68	35,13	32,35
Diâmetro do caule, mm	8,02	8,34	7,85	7,87	8,19	8,16	7,88	8,19	8,14
Área foliar, cm <sup>2</sup>	64,94 b	75,30 a	71,42 ab	68,42	73,22	70,02	66,94	73,72	71,00
Massa seca da parte aérea, g	0,63	0,64	0,62	0,57 b	0,67 a	0,65 a	0,58 b	0,67 a	0,63 ab
Massa seca de raízes, g	0,61	0,64	0,62	0,60	0,62	0,65	0,61	0,65	0,61

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

**Tabela 4** - Massa seca da parte aérea (g planta<sup>-1</sup>) do porta-enxerto de limoeiro citrumelo swingle (média de duas plantas)

	K <sub>1/2</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>
P <sub>1/2</sub>	0,59 Aa	0,59 Ba	0,54 Ba
P <sub>1</sub>	0,56 Ab	0,74 Aa	0,70 Aab
P <sub>2</sub>	0,60 Aa	0,68 ABA	0,61 Aa

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade.

enxertos de Tangelo Orlando, limoeiros cravo e volkame-riano, tangerineiras Cleópatra e sunki, quando foram aplicadas as doses de 1.117; 1240 e 1.417; e 1.170 e 1.145 mg dm<sup>-3</sup> de N, respectivamente, via fertirrigação.

A massa seca das raízes apresentou o mesmo comportamento observado para a massa seca da parte aérea, não diferindo em função das doses de N, corroborando os estudos de Scivittaro *et al.* (2004) com limoeiro cravo. Resultados divergentes foram obtidos por Bernardi *et al.* (2000) e Mattos Júnior *et al.* (2001), em que houve maior

crescimento da parte aérea comparado ao sistema radicular, em altas doses de N, sendo o menor desenvolvimento radicular considerado um mecanismo de adaptação para a exploração de maior volume de solo ou substrato em solos menos férteis. Comportamento semelhante também foi observado para as doses de P. Essa não-redução da massa seca do sistema radicular é importante, uma vez que alterações nesse órgão podem significar menor eficiência de absorção de água e nutrientes no solo, principalmente daqueles elementos menos móveis, cujo contato com as raízes ocorre por difusão. Nesse aspecto, Bernardi *et al.* (2000) também verificaram aumento no volume de raízes quando foi realizada adubação com P.

Os porta-enxertos apresentam respostas variáveis à aplicação de N, P e K (Bernardi *et al.*, 2000; Decarlos Neto *et al.*, 2002; Scivittaro *et al.*, 2004; Ruschel *et al.*, 2004). Bernardi *et al.* (2000) verificaram efeito quadrático das doses de K sobre o diâmetro e a altura do porta-enxerto de limoeiro cravo, efeito não verificado neste estudo para o limoeiro citrumelo swingle. Isto pode estar relacio-

**Tabela 5** - Resumo da análise de variância (valor de F e CV) do acúmulo de nutrientes na massa seca de raízes e da parte aérea do porta-enxerto de limoeiro citrumelo swingle (média de duas plantas)

Causas de variação	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
<i>Raízes</i>											
N	41,70 **	0,92 ns	34,91 **	36,38 **	5,58 **	29,91 **	1,39 ns	0,72 ns	9,05 **	6,62 **	2,19 ns
P	1,68 ns	4,06 *	4,58 *	7,82 **	3,78 *	6,10 **	4,42 *	18,88 **	1,82 ns	0,30 ns	0,24 ns
K	2,92 ns	0,99 ns	8,06 **	0,46 ns	2,36 ns	3,08 ns	1,11 ns	4,20 *	2,45 ns	5,22 **	5,55 **
N x P	0,06 ns	0,09 ns	0,57 ns	0,81 ns	0,42 ns	0,53 ns	0,45 ns	5,64 **	1,00 ns	0,90 ns	1,81 ns
N x K	2,62 *	1,37 ns	1,49 ns	2,63 *	1,36 ns	0,61 ns	1,81 ns	3,15 *	3,83 **	1,45 ns	0,25 ns
P x K	0,35 ns	0,30 ns	0,91 ns	0,86 ns	0,29 ns	0,98 ns	0,42 ns	2,26 ns	0,41 ns	0,57 ns	0,58 ns
N x P x K	0,94 ns	1,56 ns	0,66 ns	1,08 ns	0,68 ns	1,17 ns	1,45 ns	2,23 *	3,94 **	0,64 ns	0,95 ns
Trat. x Testem.	38,51 **	15,32 **	15,27 **	6,14 *	1,63 ns	31,99 **	22,99 **	10,73 **	14,80 **	26,92 **	28,96 **
CV (%)	20,0	20,8	23,7	25,2	25,1	23,1	23,4	23,6	26,6	28,8	24,2
<i>Parte aérea</i>											
N	46,71 **	5,85 **	35,88 **	34,99 **	25,77 **	18,81 **	0,71 ns	42,12 **	25,50 **	18,20 **	0,28 ns
P	6,25 **	6,85 **	7,32 **	4,26 *	4,82 *	6,03 **	10,56 **	29,24 **	11,70 **	9,20 **	13,36 **
K	3,78 *	4,76 *	20,39 *	2,98 ns	1,56 ns	4,65 *	4,77 *	3,89 *	4,58 *	7,03 **	5,09 **
N x P	3,80 **	2,82 *	0,38 ns	0,87 ns	2,09 ns	2,71 *	0,42 ns	4,83 **	8,20 **	2,55 *	0,81 ns
N x K	2,03 ns	1,76 ns	0,69 ns	0,09 ns	0,70 ns	1,05 ns	1,89 ns	4,14 **	1,17 ns	0,80 ns	0,70 ns
P x K	1,54 ns	1,77 ns	1,47 ns	0,87 ns	0,80 ns	3,01 *	1,85 ns	1,41 ns	2,81 *	1,87 ns	1,18 ns
N x P x K	0,94 ns	1,53 ns	0,90 ns	1,01 ns	2,08 ns	0,68 ns	0,49 ns	0,67 ns	0,81 ns	0,45 ns	0,54 ns
Trat. x Testem.	52,62 **	70,11 **	30,17 **	15,14 **	23,22 **	60,85 **	32,30 **	37,91 **	34,91 **	38,10 **	29,36 **
CV (%)	18,8	14,2	19,8	23,1	17,8	17,4	20,4	17,7	17,9	22,1	22,8

\*\* ; \* e ns - Significativo a 1 e 5 % de probabilidade e não significativo, respectivamente.

nado à resposta diferencial entre porta-enxertos e, principalmente, à menor concentração de K no substrato de casca de *Pinus*, vermiculita e perlita como utilizado por Bernardi *et al.* (2000), destacando a importância da fertilidade do substrato no fornecimento de nutrientes ao porta-enxerto. No entanto, através da literatura verifica-se que, na maioria dos estudos, a adubação com N, P e K favorece o desenvolvimento mais rápido dos porta-enxertos.

O acúmulo de macro e micronutrientes na massa seca do sistema radicular e da parte aérea foi superior quando foi realizada a adubação com N, P e K, comparado à testemunha sem adubação. Entretanto, o efeito das doses e suas interações foram variáveis entre os nutrientes (Tabelas 5, 6 e 7), corroborando os resultados de Bernardi *et al.* (2000) e Serrano *et al.* (2004). De maneira geral, a adubação padrão de N, P e K ( $N_{1/2}$ ,  $P_1$  e  $K_1$ ) foi suficiente para

proporcionar maior acúmulo dos macro e micronutrientes nas raízes e, principalmente, na parte aérea, com destaque para as doses de P e K que proporcionaram maior acúmulo de quase todos os nutrientes, comparadas à metade da dose. Esses resultados permitem inferir que as doses padrão de N, P e K são indicadas em função de propiciarem melhor estado nutricional dos porta-enxertos e também melhor crescimento vegetativo. Em relação ao N, verificou-se maior acúmulo na parte aérea com o aumento no fornecimento da dose  $N_{1/2}$  à  $N_2$ , porém, a produção de massa seca da parte aérea não aumentou. Apenas a área foliar aumentou até a dose  $N_1$ , indicando que pode ter ocorrido absorção de luxo, uma vez que a maior quantidade de N no tecido refletiu maior produção de biomassa. Relato semelhante foi feito por Scivittaro *et al.* (2004), em porta-enxerto de limoeiro cravo.

**Tabela 6** - Acúmulo de macronutrientes (mg planta<sup>-1</sup>) e micronutrientes (mg planta<sup>-1</sup>) na massa seca de raízes e da parte aérea do porta-enxerto de limoeiro citrumelo swingle, em função das doses de N, P e K (média de duas plantas)

	$N_{1/2}$	$N_1$	$N_2$	$P_{1/2}$	$P_1$	$P_2$	$K_{1/2}$	$K_1$	$K_2$
<i>Raízes</i>									
N	7,14 c	9,26 b	11,67 a	8,90	9,35	9,81	8,99	10,05	9,04
P	1,01	1,08	1,07	0,99 b	1,02 ab	1,15 a	1,06	1,09	1,01
K	7,96 a	7,32 a	4,64 b	6,08 b	6,51 ab	7,33 a	5,67 b	7,03 a	7,22 a
Ca	2,44 a	2,14 a	1,34 b	1,81 b	1,83 b	2,28 a	1,93	2,05	1,94
Mg	0,61 a	0,57 b	0,48 b	0,52 b	0,53 b	0,61 a	0,58	0,57	0,51
S	0,78 c	1,03 b	1,27 a	0,93 b	1,01 a	1,15 a	0,97	1,12	0,99
B	16,01	16,39	14,82	14,06 b	16,51 a	16,65 a	15,50	15,16	16,56
Cu	16,16	16,19	15,13	13,16 b	15,11 b	19,20 a	15,64 ab	17,36 a	14,47 b
Fe	114,65 a	100,22 ab	84,60 b	104,29	92,06	103,11	91,67	107,27	100,53
Mn	203,30 b	268,68 a	237,24 ab	229,61	236,08	243,53	219,5 b	269,95 a	219,69 b
Zn	49,33	56,09	54,76	52,03	53,92	54,22	52,81 ab	59,37 a	47,99 b
<i>Parte aérea</i>									
N	9,33 c	11,98 b	15,16a	11,00b	13,10 a	12,36 ab	11,48 b	13,08 a	11,90 ab
P	0,99 b	1,08 ab	1,12 a	0,98 b	1,11 a	1,10 a	1,00 b	1,12 a	1,06 ab
K	7,92 a	7,19 a	5,04 b	5,95 b	7,01 a	7,20 a	5,48 b	6,98 a	7,69 a
Ca	6,08 a	5,52 a	3,59 b	4,55 b	5,23 ab	5,42 a	5,15	5,40	4,65
Mg	0,59 a	0,56 a	0,42 b	0,48 b	0,55 a	0,53 ab	0,53	0,54	0,50
S	1,12 c	1,28 b	1,49 a	1,18 b	1,37 a	1,34 a	1,24 b	1,40 a	1,25 b
B	82,82	78,07	78,73	71,30 ab	90,76 a	77,56 b	73,59 b	86,88 a	79,15 ab
Cu	3,77 c	4,98 b	5,87 a	3,86 b	5,36 a	5,39 a	4,51 b	5,09 a	5,02 ab
Fe	3,78 c	40,56 b	47,59 a	35,24 b	43,39 a	43,30 a	37,77 b	43,62 a	40,54 ab
Mn	127,46 a	124,44 a	91,13 b	106,49 b	130,89 a	105,65 b	99,88 b	121,70 a	121,45 a
Zn	87,01	90,79	87,72	73,51 b	100,75 a	91,26 a	80,09 b	97,17 a	88,25 ab

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

**Tabela 7.** Acúmulo de macronutrientes (mg planta<sup>-1</sup>) e micronutrientes (mg planta<sup>-1</sup>) na massa seca da parte aérea do porta-enxerto de limoeiro citrumelo swingle, em função da interação das doses de N, P e K (média de duas plantas)

	N			P			S		
	N <sub>1/2</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>1/2</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>1/2</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>
P <sub>1/2</sub>	8,66 Ab	11,44 Aa	12,88 Ba	0,94 Aa	1,01 Aa	0,98 Ba	1,08 Aa	1,22 Aa	1,22 Ba
P <sub>1</sub>	9,26 Ac	12,03 Ab	18,01 Aa	0,98 Ab	1,08 Ab	1,28 Aa	1,10 Ab	1,34 Ab	1,68 Aa
P <sub>2</sub>	10,05 Ab	12,47 Aab	14,57 Ba	1,05 Aa	1,15 Aa	1,10 Ba	1,18 Ab	1,28 Ab	1,56 Aa
	Cu			Fe			Mn		
	N <sub>1/2</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>1/2</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>1/2</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>
P <sub>1/2</sub>	2,67 Bb	4,26 Ba	4,65 Ba	32,60 Aa	35,67 Ba	37,46 Ca	114,00 Aa	130,67 Aa	74,81 Bb
P <sub>1</sub>	4,58 Ab	4,66 Bb	6,84 Aa	36,02 Ab	36,87 Bb	57,28 Aa	139,11 Aab	141,50 Aa	112,06 Ab
P <sub>2</sub>	4,06 Ab	6,01 Aa	6,11 Aa	32,71 Ab	49,14 Aa	48,04 Ba	129,28 Aa	101,17 Bb	86,52A Bb
	Cu			S			Fe		
	N <sub>1/2</sub>	N <sub>1</sub>	N <sub>2</sub>	P <sub>1/2</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>1/2</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>
K <sub>1/2</sub>	3,70 Ab	4,81 Aa	5,01 Aa	1,23 Aa	1,22 Aa	1,27 Aa	36,70 Aa	36,23 Ba	40,37 Aa
K <sub>1</sub>	3,35 Ac	5,41 Ab	6,52 Aa	1,21 Ab	1,63 Aa	1,37 Ab	36,54 Ab	49,69 Aa	44,82 Aa
K <sub>2</sub>	4,26 Ab	4,71 Ab	6,08 Aa	1,09 Ab	1,27 Aab	1,37 Aa	32,67 Ab	44,25 ABA	44,71 Aa

Médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna e minúsculas na linha, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Foram verificadas interações entre vários nutrientes, do mesmo modo que os resultados de Bernardi *et al.* (2000), Decarlos Neto *et al.* (2002), Ruschel *et al.* (2004) & Scivittaro *et al.* (2004). A adubação nitrogenada aumentou o acúmulo de N na dose N<sub>1</sub> para P<sub>1/2</sub> e P<sub>2</sub> e da dose N<sub>2</sub> para P<sub>1</sub>, não sendo observado efeito supressivo no acúmulo de N na maior dose de N, conforme verificado por Bernardi *et al.* (2000), Ruschel *et al.* (2004) & Scivittaro *et al.* (2004), possivelmente devido à dose de N não ser muito elevada. Na dose N<sub>2</sub> e P<sub>1</sub> obteve-se maiores acúmulos de N e P na parte aérea, corroborando as informações de Bernardi *et al.* (2000) que verificaram, em porta-enxerto de limoeiro cravo, incremento nos teores de P na parte aérea com a aplicação de N e P, e redução no acúmulo de P nas maiores doses de N e P, conforme observado na dose N<sub>2</sub> e P<sub>2</sub>.

Na literatura, foram verificadas várias interações entre os nutrientes em plantas cítricas (Embleton *et al.*, 1973), destacando-se a relação inversa entre N e K, sendo o N predominante sobre o K (Koo, 1985; Scivittaro *et al.*, 2004) e vice-versa (Bernardi *et al.*, 2000), interações não verificadas neste estudo. Há indicações de que a aplicação de altas doses de N resulta em elevados teores de N na folha e baixos de K; e o aumento nos níveis de K resulta em aumento dos teores de K na folha, mas não interfere nos teores de N (Reese & Koo, 1975). Outra interação é a relação posi-

tiva do N e do Mg na folha (Reese & Koo, 1975). Altos teores de K também induzem à deficiência de Mg, devido à inibição competitiva entre ambos (Embleton *et al.*, 1973), também não constatado neste estudo. Os resultados evidenciam, ainda, que as doses de N, P e K utilizadas não foram excessivamente elevadas e que houve uma adubação equilibrada dos porta-enxertos de limoeiro citrumelo swingle, visto que nos estudos de Bernardi *et al.* (2000), Decarlos Neto *et al.* (2002) e Scivittaro *et al.* (2004) avaliando a utilização de doses maiores de nutrientes encontraram várias interações entre os mesmos.

## CONCLUSÕES

A adubação N, P e K proporcionou maior crescimento dos porta-enxertos de citrumelo swingle e maior acúmulo de nutrientes na parte aérea.

A utilização das doses padrão de N (920 mg dm<sup>-3</sup>), P (100 mg dm<sup>-3</sup>) e K (790 mg dm<sup>-3</sup>), e o parcelamento do N e K via fertirrigações semanais foram melhores para a produção de mudas do porta-enxerto de limoeiro citrumelo swingle em tubete com a utilização de substrato de casca de *Pinus* e vermiculita.

O acúmulo de N, K e P, na planta inteira, para a dose adequada de adubo foi de 21,2; 14,9; e 2,1 mg planta<sup>-1</sup>, respectivamente.

## REFERÊNCIAS

- Abou-Rawash M, El-Wakell HF, Kassem N & Mohamed EA (1998) Studies on the vegetative propagation of some citrus rootstocks. *Annals of Agricultural Science Cairo*, 43, 523-537.
- Agriannual (2006): Anuário da agricultura brasileira. São Paulo, FNP Consultoria e Comércio. p.257-270.
- Bataglia OC, Furlani AMC, Teixeira JPF, Furlani PR & Gallo JR (1983) Métodos de análise química de plantas. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas. 48p. (Boletim Técnico, 78).
- Bernardi ACC, Carmello QAC & Carvalho SA (2000) Desenvolvimento de mudas de citros cultivadas em vaso em resposta à adubação NPK. *Scientia Agrícola*, 57:733-738.
- Boaretto AE, Schiavinato Neto P & Muraoka T (1999) Fertilização foliar de nitrogênio para laranjeira em estágio de formação. *Scientia Agrícola*, 56:621-626.
- Boaventura PSR (2003) Demanda por nutrientes de porta-enxertos e mudas cítricas produzidas em substrato em ambiente protegido. Dissertação de Mestrado. Campinas, USP. 63p.
- Burt C, O'Connor K & Ruehr T (1995) Fertirrigação. Irrigation Training Research Center. Califórnia University. San Luis Obispo. 320p.
- Carvalho AS, Souza M (1996) Doses e frequência de aplicação de nitrato de potássio no crescimento do limoeiro-‘Cravo’, e da tangerineira-‘Cleópatra’ em bandejas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 31:815-822.
- Carvalho AS de & Laranjeira FF (1994) Protótipo de viveiro de mudas certificadas e borbulheiras sob telado à prova de afídeos do Centro de Citricultura-IAC. *Laranja*, 15:213-220.
- Carvalho SA, Mattos Junior D & Souza M (2000) Efeito do KNO<sub>3</sub> nos teores de macronutrientes na matéria seca total de porta-enxertos cítricos produzidos em bandejas. *Bragantia*, 59:89-94.
- Decarlos Neto A, Siqueira DL, Pereira PRG & Alvarez V.VH (2002) Crescimento de porta-enxertos de citros em tubetes influenciados por doses de N. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 24:199-203.
- Embleton TW, Jones WW, Labanauskas CK, Reuther W (1973) Leaf analysis as a diagnostic tool and guide to fertilization. In: Reuther W, ed. *The Citrus Industry*. Berkely, University of Califórnia. p.183-210.
- Esposti, M.D.D.; Siqueira, D.L. de. (2004) Doses de uréia no crescimento de porta-enxertos de citros produzidos em recipientes *Revista Brasileira de Fruticultura*, 26: 136-139.
- Frizzone, J. A., Botrel, T.(1993) A Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. In: Simpósio Brasileiro Sobre Fertilizantes Fluidos. Piracicaba. Anais, POTAFOS. p. 227-312.
- Koo, R.C.J. (1985) Potassium nutrition of citrus. In: Munson, R.D. (Ed.) *Potassium in agriculture*. Madison, SSSA, p.1077-1086.
- Mattos Junior, D.; Carvalho, S.A.; Pedroso, F.G. (2001) Nitrogen fertilization for rangpur lime (*Citrus limonia* (L.) Osb.) seedlings grown under greenhouse environment. In: 6<sup>th</sup> International Congress of Citrus Nurserymen. Ribeirão Preto. Proceedings, Ribeirão Preto: EECB, p.263-265.
- Maust, B.E.; Williamson, J.G. (1994) Nitrogen nutrition of containerized citrus nursery plants. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119: 195-201.
- Pompeu Júnior, J. (1991) Porta-enxertos. In: Rodriguez, O. (Coord.) *Citricultura brasileira*. 2. ed. Campinas, Fundação Cargill, v.1, p.265-280.
- Reese, R.L.; Koo, R.C.J. (1975) Effects of N and K fertilization on leaf analysis, tree size and yield of three major Florida orange cultivars. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 100 : 195-198.
- Ruschel, J., Carmello, Q.A.de C., Bernardi, A.C.de C., Carvalho, S.A., Mattos Júnior, D. (2004) Leaf nutrient contents of rangpur lime rootstock as affected by N, P, K, Ca and S Fertilization. *Scientia agricola*, 61 : 501-506.
- SAS Institute. The SAS-system for windows: release 6.11 (software). Cary: Statistical Analysis System Institute, 1996.
- Scivittaro, W.B; Oliveira, R.P.; Morales, C.F.G.; Radmann, E.B. (2004) Adubação nitrogenada na formação de porta-enxertos de limoeiro ‘Cravo’ em tubetes. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 26 : 131-135.
- Serrano, L.A.L.; Marinho, C.S.; Carvalho, A.J.C.DE; Monnerat, P.H. (2004) Efeito de sistemas de produção e doses de adubo de liberação lenta no estado nutricional de porta-enxerto cítrico. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 26 : 524-528.
- Vichiato, M. Influência da fertilização do porta-enxerto tangerineira (*Citrus Reshni* Hort. Ex Tan.cv. Cleópatra) em tubetes, até a repicagem. Lavras: UFLA, 1996. 82p. (Dissertação de Mestrado).