

Diego W. do Vale<sup>2</sup>Renato de M. Prado<sup>3</sup>

# Adubação com N, P e K no crescimento inicial do porta-enxerto limoeiro cravo<sup>1</sup>

## RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito de N, P e K no crescimento de porta-enxerto de limoeiro "cravo". O experimento seguiu um delineamento experimental em esquema fatorial  $3^3 + 1$ , sendo 3 fatores (N, P e K) em 3 doses, com 3 repetições, totalizando 84 unidades experimentais. Cada repetição foi composta por duas plantas. O experimento foi conduzido por um período de quatro meses, após a emergência das plântulas. As doses padrão de N, K e P foram de  $920 \text{ mg dm}^{-3}$ ,  $790 \text{ mg dm}^{-3}$  e  $100 \text{ mg dm}^{-3}$ , respectivamente. Os tratamentos foram os seguintes: metade, uma vez e duas vezes a dose padrão, além da testemunha (sem adubação). As adubações N e K foram divididas em 30 aplicações, em cada unidade experimental, durante os 4 meses de produção dos "seedlings", iniciando-se na segunda semana após a emergência das plântulas. Quinzenalmente, realizaram-se avaliações do diâmetro dos porta-enxertos. Aos 120 dias após a emergência, foram realizadas avaliações de crescimento das mudas (diâmetro, altura, área foliar, massa seca da parte aérea, massa seca das raízes e massa seca total). As aplicações de N, P e K afetaram o crescimento do porta-enxerto de limoeiro "cravo". O maior crescimento das plantas do porta-enxerto de limoeiro "cravo" é associado às doses de N, P e K iguais a 1.840, 98 e  $870 \text{ mg dm}^{-3}$ , respectivamente.

**Palavras-chave:** Produção de mudas, nutrição de plantas, fertirrigação

## Fertilization with N, P and K in the initial growth of the 'Rangpur' Lime rootstocks

## ABSTRACT

This experiment aimed to evaluate the effect of N, P and K on the growth of 'Rangpur' lime rootstocks, as an experimental factorial design  $3^3 + 1$ , with 3 factors (NPK) and 3 doses, with 3 replicates, totalizing 84 experimental units for each essay. Each replicate was composed by two plants. The experiment was carried out during four months, after the plant emergence. The pattern doses of N, K and P were  $920$ ,  $790$  and  $100 \text{ mg dm}^{-3}$ , respectively. The treatments were as follows: a half, once and twice the pattern doses, beside the control (without fertilization). The fertilization with N and K was divided into 30 applications, in each experimental unit, during 4 months of the seedling growth before the second week after plant emergence. At each 15 days, measurements of the rootstocks diameter were performed. At 120 days after plant emergence, the growth variables (diameter, height, foliar area, dry mass of shoot area, dry mass of the roots and total dry mass) were evaluated. The applications of N, P and K affected the growth of 'Rangpur' lime tree rootstock. The greatest growth of 'Rangpur' plants is associated to the N, P, K doses of 1,840, 98 and  $870 \text{ mg dm}^{-3}$ , respectively.

**Key words:** seedling production, plant-nutrition, fertirrigation

<sup>2</sup> Pós-Graduando, Departamento de Solos e Adubos, Universidade Estadual Paulista – FCAV/UNESP. Rod. Paulo Donato Castellane s/n, CEP: 14884-900 Jaboticabal (SP). E-mail: diegodwv@yahoo.com.br

<sup>3</sup> Professor do Departamento de Solos e Adubos, Universidade Estadual Paulista – FCAV/UNESP. Rod. Paulo Donato Castellane s/n, CEP: 14884-900 Jaboticabal (SP). Bolsista do CNPq. E-mail: rmp Prado@fcav.unesp.br

<sup>1</sup> Parte da monografia do primeiro autor apresentada ao Departamento de Solos e Adubos da Universidade Estadual Paulista

## INTRODUÇÃO

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). Entretanto, com o uso da técnica da fertirrigação, com adequada nutrição das mudas, este tempo pode diminuir, resultando em ganhos econômicos aos viveiristas. Segundo Carvalho et al. (2005) em sistemas de produção de mudas de citros envasadas, pode-se produzir a muda de 10 a 15 meses após a semeadura.

Como o substrato utilizado para a produção de mudas em recipientes deve ser inerte, a fim de atender a legislação, em vigor, o que determina a necessidade de corrigi-lo, através da adição de macro e micronutrientes para atender às exigências da planta (Fretz, 1972).

Neste sentido, sabe-se, que há existência de relações positivas entre crescimento das folhas, fotossíntese e fornecimento de K (Moorby & Besford, 1983). O nitrogênio é constituinte de todas as proteínas, atuando diretamente sobre o crescimento e o metabolismo vegetal, enquanto que o P é responsável pela transferência de energia aos processos metabólicos das plantas (Malavolta et al., 1996).

A eficiência da aplicação de fertilizantes tem papel importante na produção de mudas cítricas. O nitrogênio é considerado o nutriente mais requerido nos programas de adubação e torna-se especialmente crítico para a produção de mudas cítricas, onde a densidade de plantas é elevada, apresentando rápido crescimento vegetativo. Marschner (1995) e Witt (1997) afirmaram que o N interfere diretamente no balanço entre o sistema radicular e a parte aérea, alterando a morfologia da planta quando há baixa disponibilidade do nutriente, há menor crescimento da parte aérea e as raízes são longas e sem divisões. Nas doses intermediárias de nitrogênio há desenvolvimento e divisão adequada do sistema radicular. Com excesso do nutriente observa-se divisão excessiva das raízes, porém o sistema radicular é reduzido, havendo estímulo para o desenvolvimento da parte aérea (Marschner, 1995).

Existem indicações de respostas positivas de porta-enxertos cítricos cultivados em tubetes à adubação nitrogenada, nos primeiros quatro meses após a semeadura (Carvalho & Souza, 1996; Carvalho et al., 2000; Decarlos Neto et al., 2002) e, também, à aplicação de N, P e K durante toda a fase de formação das mudas (Bernardi et al., 2000).

Além da dose adequada, é importante o conhecimento da frequência de adubação, uma vez que pode ocorrer intensa lixiviação de nutrientes, provocada pelas constantes irrigações e devido às pequenas dimensões dos recipientes. Assim, há necessidade de que os nutrientes sejam parcelados em cobertura, principalmente em relação ao N e ao K. Neste sentido, as informações da literatura sobre a frequência de aplicação na fase inicial de crescimento dos porta-enxertos (até quatro meses após a semeadura), seja em tubete ou em bandeja, são incipientes para diferentes porta-enxertos e locais de produção (Carvalho & Souza, 1996; Carvalho et al., 2000).

Além disso, o quociente entre a área foliar e a produção de material seco total das plantas, ou seja, a razão de área foliar é muito importante, pois fornece uma medida da dimen-

são relativa do aparelho assimilador das plantas (Magalhães, 1985). Assim, o crescimento da parte aérea dos citros poderá ter reflexos na produção inicial da cultura. Neste sentido, Quaggio et al. (2004) verificaram uma relação positiva entre volume de copa e a produção inicial de frutos cítricos.

Entretanto, as pesquisas que tratam da aplicação de nutrientes via fertirrigação no estágio inicial de produção das mudas é restrito, havendo necessidade de mais informações que possam sustentar recomendações de fertirrigação para a produção de porta-enxertos cítricos, cultivadas em recipientes preenchidos com substrato.

Assim, objetivou-se avaliar os efeitos da aplicação de NPK no crescimento inicial de porta-enxerto cravo cultivado em tubetes.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido estufa coberta com polietileno de baixa densidade e nas laterais fechadas por tela com malha de 1 mm<sup>2</sup>, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP de Jaboticabal-SP, localizada a 21° 15' 17" S de latitude e 48° 19' 20" W de longitude e uma temperatura média é de 22°C.

As bancadas que deram suporte aos porta-enxertos estavam elevadas 0,30 m do solo, seguindo as indicações de Carvalho & Laranjeira (1994). O experimento foi desenvolvido na fase de produção de "seedlings", utilizando o porta-enxerto de limoeiro "cravo" (*Citrus limonia*, L. Osbeck).

Os porta-enxertos foram cultivados em tubetes com capacidade de 56 cm<sup>3</sup> de substrato (diâmetro interno e altura de 28 mm e 123 mm, respectivamente), com furos na parte basal, preenchidos com substrato à base de composto de casca de pinus e vermiculita (Plantmax®), considerada a unidade experimental, tendo como características químicas: CE: 0,8 dSm<sup>-1</sup>; pH: 5,9; N: 31,4; P: 16,3; K: 67,9; Ca: 108,9; Mg: 58,8; S: 188,7; Cl: 27,0; Na: 9,6; B: 0,1; Cu: 0,1; Fe: 0,2; Mn: 1,3; Zn: 0,1 mg L<sup>-1</sup>.

Extraíram-se sementes de frutos de limoeiro "cravo", acondicionadas em bandejas com areia para germinar (27/12/2005). Decorridos 20 dias da data da semeadura, selecionaram-se as plântulas mais saudáveis e instalou-se o experimento, deixando uma plântula por tubete. Adotou-se delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x3 + 1, sendo 3 fatores (NPK) em 3 doses, além da testemunha. As doses padrão de N, K e P foram de 920, 790 e 100 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente. As doses padrão de nitrogênio e potássio corresponderam, proporcionalmente, às indicadas por Ruschel et al. (2004) para fase de produção de "seedlings". A dose de fósforo foi utilizada segundo indicação de Boaventura (2003).

Assim, para compor os tratamentos, foram utilizadas: D1 = metade da dose padrão; D2 = a dose padrão; e D3 = duas vezes a dose padrão, além das testemunhas (sem adubação) e 3 repetições, cada parcela foi composta por duas plantas semeadas em tubetes separados, totalizando 84 unidades experimentais em 168 tubetes (cada repetição foi composta por duas plantas).

Da quantidade de nutriente estabelecida para a adubação de N e K, houve aumento proporcional entre os mesmos, porém progressivo, durante as quinze semanas de estudo, com vistas ao acompanhamento do crescimento das plantas e à marcha de absorção. Da primeira à terceira semana aplicou-se 2% do montante estabelecido; da quarta à sétima semana aplicou-se 5%; da oitava à décima semana aplicou-se 8%; da décima primeira à décima quinta semana aplicou-se 10% do montante estabelecido inicialmente para adubação de N e K, objetivando assim, diminuir as perdas com a lixiviação. Salienta-se que as doses inerentes à cada semana foram divididas em duas aplicações equidistantes.

Além da adubação NPK, foi realizada uma aplicação de 0,5 g por planta de sulfato de cálcio. Os micronutrientes foram fornecidos através de pulverizações foliares mensais com uma solução contendo: B = 0,2; Mn = 0,5 e Zn = 0,6 (g L<sup>-1</sup>) segundo sugestões de Bernardi et al. (2000). Em virtude das plantas apresentarem sintomas de deficiência de ferro, aplicou-se via fertirrigação esse nutriente na dose 2 mL por tubete, da solução (0,45 mg Fe L<sup>-1</sup>), na forma de quelato (EDDHA).

A partir da emergência do porta-enxerto, foram realizadas avaliações para determinação do diâmetro do porta-enxerto (ao nível do substrato) aos 28, 43, 58, 74, 89, 104, 115 e 120 dias após a emergência da planta, utilizando paquímetro digital (Starrett 727-2001®). Após quatro meses da emergência do porta-enxerto, avaliou-se também a altura da muda, a partir do nível do substrato até a inserção da primeira folha desenvolvida. Em seguida avaliou-se a área foliar através do equipamento “área meter” (modelo LI-3100®). Posteriormente, as plantas foram subdivididas em raízes e parte aérea (caule e folhas), lavadas e colocadas em sacos de papel e secas em estufa de ventilação forçada de ar, a uma temperatura entre 65 a 70°C, até atingir massa constante. Assim, determinaram-se as massas das matérias seca das raízes e da parte aérea separadamente e da planta inteira (parte aérea + raízes).

Os dados foram submetidos à análise de variância e a partir da significância do teste F, efetuou-se, ainda, a análise de regressão polinomial, utilizando o programa estatístico SAS (SAS Institute, 1996).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se que a adubação empregada não proporcionou diferença significativa em relação à testemunha, no diâmetro do porta-enxerto, exceto aos 120 dias após a emergência. Constata-se que houve efeito significativo sobre o diâmetro do porta-enxerto, pela adubação fosfatada aos 58, 74, 104 e 120 dias após a emergência das plântulas; para o N, houve efeito aos 104, 115 e 120 dias; e, para o K, aos 120 dias após a emergência das plântulas do porta enxerto de limoeiro cravo (Tabela 1).

Houve efeito linear decrescente da aplicação de P no diâmetro do porta-enxerto aos 58 dias ( $y = -0,00011x + 1,55$ ,  $R^2 = 0,99^{**}$ ), 74 dias ( $y = -0,0008x + 1,625$ ,  $R^2 = 0,97^{**}$ ) e 120 dias (Figura 1 b), e efeito quadrático aos 104 dias após a emergência, atingindo nesta última, ponto máximo na dose de P igual a 93 mg dm<sup>-3</sup> (Tabela 2). Serrano et al. (2006) observaram crescimento médio do porta-enxerto de limoeiro ‘cravo’ de 2 mm, resultados próximos aos observados no presente trabalho com a adequada adubação (1,8 mm).

Rezende et al. (1995) verificaram que plantas de limoeiro cravo, obtidas por sementeira direta, apresentaram maior crescimento em altura e diâmetro do caule do porta-enxerto, quando cultivadas em recipientes de maior volume (14 dm<sup>-3</sup>) e doses de 5,1 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> m<sup>-3</sup> de substrato (Latossolo Vermelho-Escuro).

A aplicação de nitrogênio incrementou o diâmetro do caule do porta-enxerto de forma linear nas avaliações realizadas aos 104 dias ( $y = 8E-05x + 1,625$ ,  $R^2 = 0,97^{**}$ ), 115 dias ( $y = 0,0001x + 1,54$ ,  $R^2 = 0,97^{**}$ ) e aos 120 dias após a emergência do porta-enxerto (Figura 1 a). Deste modo, a dose de N que proporcionou o maior diâmetro do porta-enxerto, a partir dos 90 dias após a emergência das plântulas, foi 1840 mg dm<sup>-3</sup>. A aplicação de potássio promoveu incremento quadrático no diâmetro do porta-enxerto, apenas na avaliação aos 120 dias após a emergência, sendo a dose de K igual a 1000 mg dm<sup>-3</sup> associada ao maior diâmetro do porta-enxerto (Figura 1 c).

Resultados semelhantes foram obtidos por Bernardi et al. (2000) que observaram resposta quadrática no diâmetro do porta-enxerto de limoeiro cravo em função da aplicação de potássio.

**Tabela 1.** Resumo da análise de variância (QM) para o diâmetro do caule do porta-enxerto de limoeiro cravo em função da aplicação de N, P e K

**Table 1.** Summary of the analysis of variance (QM) for the diameter of stem of ‘Rangpur’ lime rootstocks cravo in function of the application of N, P and K

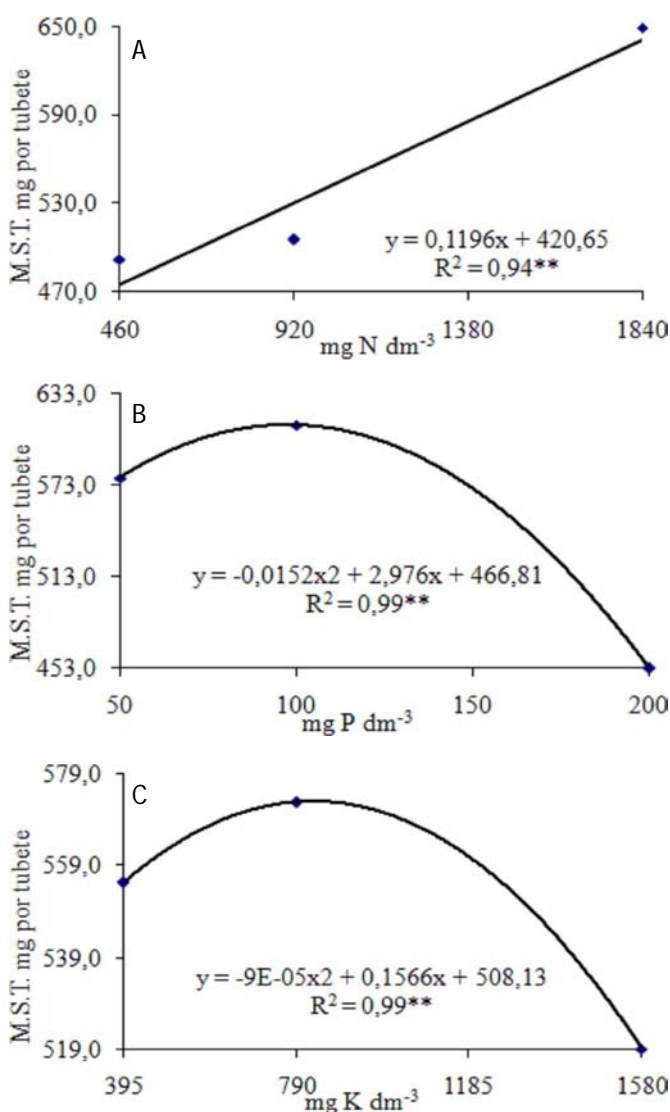
Causas de variação	G.L.	Dias após a emergência							
		28	43	58	74	89	104	115	120
		QM							
P	2	0,05 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,20 <sup>**</sup>	0,09 <sup>*</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>*</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>*</sup>
N	2	0,02 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,10 <sup>ns</sup>	0,18 <sup>**</sup>	0,20 <sup>**</sup>	0,19 <sup>**</sup>
K	2	0,01 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,07 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>**</sup>
P x N	4	0,03 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>
P x K	4	0,04 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>
N x K	4	0,04 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>
P x N x K	8	0,01 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>
Tratamentos(T)	26	0,03 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>
T x Testemunha	1	0,31 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>ns</sup>	0,32 <sup>**</sup>
Blocos	2	0,31 <sup>**</sup>	0,21 <sup>**</sup>	0,11 <sup>*</sup>	0,08 <sup>ns</sup>	0,03 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,11 <sup>*</sup>	0,07 <sup>ns</sup>
Resíduo	54	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,02	0,03	0,03
C.V. (%)		13,8	12,9	11,6	10,7	11,9	10,5	10,6	11,0

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

**Tabela 2.** Resultados médios de crescimento do porta-enxerto de limoeiro cravo aos 120 após a emergência das plântulas**Table 2.** Average results of growth of 'Rangpur' lime rootstocks at 120 after the emergency of the plants

Variáveis	Equações	X máximo		Teste F	R <sup>2</sup>
		Doses			
D.-N.	$y = 2.07x^2 - 0,0004x + 1,82$	N = 1840 mg dm <sup>-3</sup>		5,56**	0,99
D.-P.	$y = -0,0008x + 1,8$	P = 50 mg dm <sup>-3</sup>		3,58*	0,97
D.-K.	$y = -3E-07x^2 + 0,0006x + 1,52$	K = 1000 mg dm <sup>-3</sup>		3,59*	0,99
A.-N.	$y = 0,0006x + 3,31$	N = 1840 mg dm <sup>-3</sup>		16,24**	0,98
A.-P.	$y = -0,0043x + 4,49$	P = 50 mg dm <sup>-3</sup>		6,80*	0,77
A.F.-N.	$y = 0,0024x + 13,3$	N = 1840 mg dm <sup>-3</sup>		4,78**	0,98
A.F.-P.	$y = -0,0003x^2 + 0,0505x + 15,45$	P = 84 mg dm <sup>-3</sup>		3,74**	0,99
M.S.P.A.-NxP	$Y=100,215+2,496^*P+0,019^*N-0,01^*P^*P-3,765e-5^*N^*N$	N = 1840 mg dm <sup>-3</sup> - P = 90 mg dm <sup>-3</sup>		175,26**	0,95
M.S.P.A.-PxK	$Y=111,364+2,583^*P+0,06^*K-0,011^*P^*P-2,504E-4^*PK-2,001e-5^*K^*K$	P = 110 mg dm <sup>-3</sup> - K = 820 mg dm <sup>-3</sup>		17,61*	0,98
M.S.R.-NxP	$Y=148,856+2,194^*P+0,051^*N-0,006^*P^*P-0,001^*P^*N+6,772e-5^*N^*N$	N = 1840 mg dm <sup>-3</sup> - P = 50 mg dm <sup>-3</sup>		13,44*	0,99
M.S.R.-NxK	$Y=171,172+0,003^*N+0,244^*K+4,493e-5^*N^*N-2,51e-5^*N^*K-1,175e-4^*K^*K$	N = 1840 mg dm <sup>-3</sup> - K = 840 mg dm <sup>-3</sup>		11,00*	0,97
M.S.T.-NxP	$Y=249,071+4,69^*P+0,07^*N-0,016^*P^*P-0,001^*P^*N+9,335e-5^*N^*N$	N = 1840 mg dm <sup>-3</sup> - P = 90 mg dm <sup>-3</sup>		26,46*	0,95
M.S.T.-NxK	$Y=308,866+0,075^*N+0,354^*K+3,229e-5^*N^*N-2,662e-5^*N^*K-1,74e-4^*K^*K$	N = 1840 mg dm <sup>-3</sup> - K = 1015 mg dm <sup>-3</sup>		14,41*	0,96

\*\* e \* - Significativo a 1 e 5 % de probabilidade; D-Diâmetro; A-Altura; A.F.-Área foliar; M.S.P.A.-Massa seca da parte aérea; M.S.R.-Massa seca da raiz; M.S.T.-Massa seca total



**Figura 2.** Massa seca total do porta-enxerto (M.S.T.) de limoeiro cravo aos 120 dias após a emergência das plântulas, em função das doses de nitrogênio (a), fósforo (b) e potássio (c)

**Figure 2.** Total dry mass of the rootstocks (M.S.T.) of 'Rangpur' lime at 120 days after the emergency of the plants in function of the doses of nitrogen (a), phosphorus (b) and potassium (c)

Houve diferença significativa na altura do limoeiro cravo apenas para a aplicação de P e N aos 120 dias (Tabela 2). Observou-se que a aplicação de fósforo diminuiu de forma linear a altura do limoeiro cravo, enquanto que a aplicação de N aumentou de forma linear a altura do porta-enxerto. Este efeito positivo do N no crescimento do citrus é amplamente relatado na literatura (Carvalho, 1994; Marchal & Lacoëuilhe, citado por Natale & Marchal, 2002). Segundo Sena et al. (2004), em baixas doses de fósforo as plantas apresentam maior altura, ainda segundo os autores, na dose de P igual a 250 mg kg<sup>-1</sup>, percebeu-se uma tendência de redução na altura das plantas. Possivelmente o excesso de P promoveu uma desordem nutricional nas plantas, ocasionando menor altura com altas doses de P. Scharfer et al. (2006) em resposta a diferentes substratos e porta-enxertos verificaram que o porta-enxerto 'Trifoliata' foi o que apresentou o maior desenvolvimento, atingindo até 15 cm de altura, resultados superiores ao encontrado no presente trabalho (cerca de 5 cm de altura) o que segundo Schafer (2000) é justificável pelo crescimento inicial muito rápido do porta-enxerto 'Trifoliata', podendo atingir alturas bem superiores a outros porta-enxertos já na primeira semana após a germinação.

Houve efeito significativo para a área foliar apenas com a aplicação de P e de N (Tabela 2).

Constatou-se que a aplicação do P proporcionou incremento quadrático na área foliar do limoeiro cravo, atingindo ponto máximo na dose de 84 mg dm<sup>-3</sup>. Para a aplicação de N, observou-se incremento linear na área foliar das plantas (Tabela 2).

Os efeitos positivos do nitrogênio na área foliar do porta-enxerto de citrus também foram verificados por Bernardi et al. (2000). Esses autores acrescentaram que essa avaliação é importante, pois as folhas são as principais responsáveis pela captação da energia solar e pela produção de material orgânico através da fotossíntese.

Observou-se resposta significativa na massa seca da parte aérea das plantas, entre o fatorial (234,84 mg por tubete) e a testemunha (116,00 mg por tubete). Esse efeito significativo da adubação na massa seca da parte aérea do limoeiro

cravo ocorre em função da aplicação de P e N. Constatou-se, ainda, interação entre NxP, PxK, NxK e PxNxK.

A adubação com fósforo resultou em incremento quadrático na massa seca da parte aérea, tendo o ponto máximo na dose de P igual a  $113 \text{ mg dm}^{-3}$ . O efeito de altas doses de P na diminuição da massa seca da parte aérea, possivelmente, ocorreu devido ao reflexo da influência negativa deste nutriente no incremento do diâmetro e na altura das plantas dos porta-enxertos, corroborando os resultados obtidos por Sena et al. (2004).

A aplicação de nitrogênio promoveu incremento linear na massa seca da parte aérea do limoeiro cravo. Este fato pode ser explicado pelo efeito positivo do N no diâmetro, na altura e na área foliar dos porta-enxertos. Resultados semelhantes do incremento na produção da massa seca da parte aérea de porta-enxerto de citrus, em função da aplicação de N, foram obtidos por Scivittaro et al. (2004).

Para a interação significativa entre NxP, observou-se que a maior massa seca da parte aérea esteve associada às doses de N igual a  $1840 \text{ mg dm}^{-3}$  e de P igual a  $90 \text{ mg dm}^{-3}$ . Bernardi et al. (2000) também observaram interação significativa entre N e P, obtendo maior crescimento das mudas de citrus nas doses de 1,54 e 4,24 g por planta, respectivamente. Nesse trabalho foram obtidas doses inferiores às observadas por esses autores, provavelmente em razão do maior período experimental (oito meses após a semeadura) que esses autores submeteram as plantas.

Para a interação PxK, a maior massa seca da parte aérea esteve associada às doses de P igual a  $110 \text{ mg dm}^{-3}$  e K igual a  $820 \text{ mg dm}^{-3}$ . Para a interação NxK observou-se interação significativa pela análise de variância, todavia, a superfície de resposta não foi significativa ao nível de 5% de probabilidade.

Para a variável massa seca das raízes, observa-se diferença significativa entre o fatorial ( $314,17 \text{ mg por tubete}$ ) e a testemunha ( $135,67 \text{ mg por tubete}$ ). Isto indica que a adubação N, P e K incrementou, em média, 145% a produção da massa seca de raízes do porta-enxerto limoeiro cravo em relação a testemunha (sem adubação). Além disso, houve efeito significativo na massa seca de raízes para os fatores N, P e K e as respectivas interações, exceto a interação P e K.

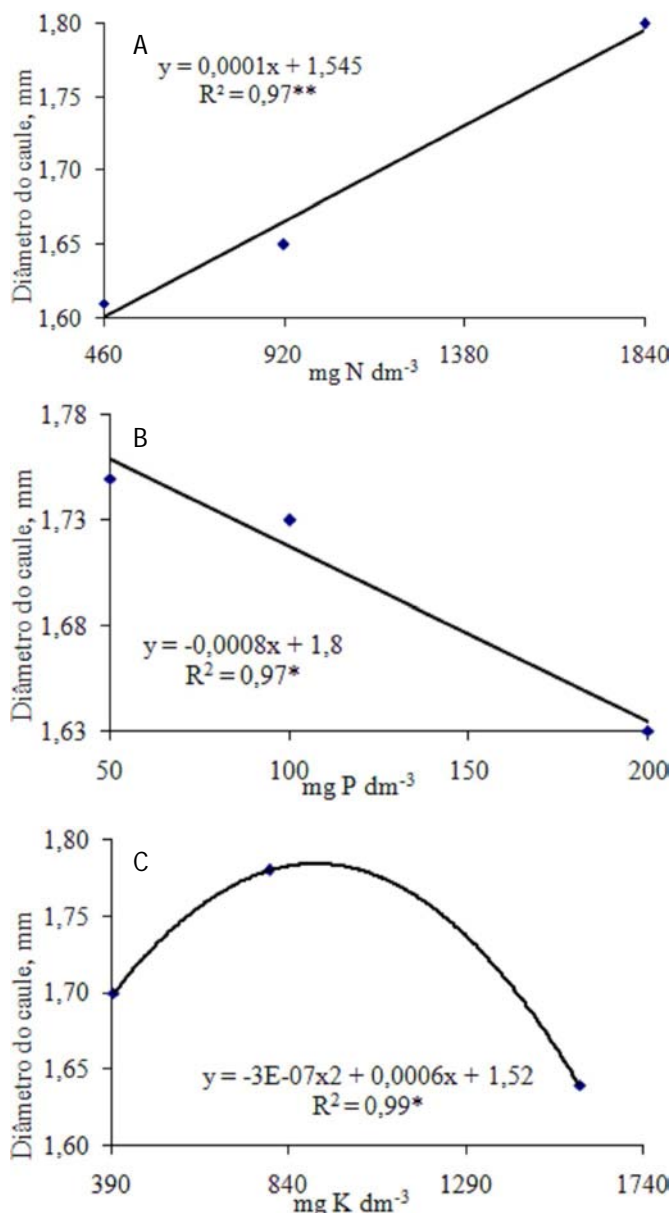
A aplicação de N proporcionou incremento linear crescente e a aplicação de P e K incrementos quadráticos na produção de massa seca de raízes, atingindo ponto de máximo na dose de P igual a  $70 \text{ mg dm}^{-3}$  e de K igual a  $802 \text{ mg dm}^{-3}$ .

Resultados contrastantes foram obtidos por Natale & Marchal (2002), que concluíram que a adubação nitrogenada não contribuiu para alterar significativamente a massa seca de raízes de citrus em condições de vaso. Porém, o ensaio foi conduzido com plantas de 18 meses de idade.

Observa-se interação significativa para a massa seca de raízes entre NxP. A maior massa seca de raízes esteve associada com as doses de P igual a  $50 \text{ mg dm}^{-3}$  e de N igual a  $1840 \text{ mg dm}^{-3}$ . Para a interação NxK a maior massa seca de raízes esteve associada à dose de N igual a  $1840 \text{ mg dm}^{-3}$  e de K igual a  $840 \text{ mg dm}^{-3}$ .

Para massa seca total observou-se resposta significativa do fatorial ( $549,01 \text{ mg por tubete}$ ) em relação à testemunha ( $251,67 \text{ mg por tubete}$ ).

Conforme visto na Tabela 2, houve resposta significativa das plantas à adubação nitrogenada e fosfatada indicando as doses de N igual a  $1840 \text{ mg dm}^{-3}$  e de P igual a  $98 \text{ mg dm}^{-3}$  (Figura 2 a e b), como as responsáveis pela maior massa seca total ( $612,47$  e  $640,71 \text{ mg por tubete}$ , respectivamente). Além disso, observa-se efeito significativo na massa seca total, em função da adubação potássica, tendo ponto de máxima na dose de K igual a  $870 \text{ mg dm}^{-3}$ , correspondendo a  $576 \text{ mg por tubete}$  (Figura 2 c).



**Figura 1.** Diâmetro do caule do porta-enxerto de limoeiro cravo aos 120 dias após a emergência das plântulas, em resposta a aplicação de nitrogênio (a), fósforo (b) e potássio (c)

**Figure 1.** Diameter of caule of the rootstocks of 'Rangpur' lime at 120 days after the emergency of the plants according to the application of nitrogen (a), phosphorus (b) and potassium (c)

Com a aplicação de nitrogênio observou-se maior massa seca total, tendo em vista os efeitos do N em todas as variáveis de crescimento estudadas (diâmetro do porta-enxerto, altura, área foliar, massa seca da parte aérea e de raízes). A aplicação de potássio teve efeito positivo na massa seca total da planta (Tabela 2), embora este nutriente tenha contribuído apenas nas variáveis de crescimento do diâmetro do porta-enxerto e na massa seca de raízes.

Nota-se que houve interação significativa entre NxP, sendo a dose de P igual a 90 mg dm<sup>-3</sup> e N igual a 1840 mg dm<sup>-3</sup> associadas à maior massa seca total. A interação significativa entre NxK apontou as doses de 1840 mg dm<sup>-3</sup> de N e 1015 mg dm<sup>-3</sup> de K como responsáveis pela maior massa seca total da parte aérea. Scivittaro et al. (2004), em experimento que avaliou a resposta à adubação nitrogenada na formação do porta-enxerto de limoeiro cravo, concluíram que a máxima produção de massa seca foi obtidas com 2,47 e 4,23 g por planta de N e K, respectivamente.

A resposta positiva do fósforo no incremento da massa seca total do porta-enxerto (Tabela 2) deve-se, possivelmente, ao efeito da dose intermediária promover maior crescimento das plantas em termos de diâmetro, área foliar, massa seca da parte aérea e de raízes, todavia em altas doses (200 mg dm<sup>-3</sup>) ocorre significativa redução no crescimento da planta analisados.

## CONCLUSÕES

As doses de N, P e K de 1.840, 98 e 870 mg dm<sup>-3</sup>, respectivamente, são as que proporcionam o maior crescimento dos porta-enxertos limoeiro cravo para o intervalo estudado.

## AGRADECIMENTOS

À FAPESP, pela bolsa de Iniciação Científica (processo n° 05/000787-4) concedida ao acadêmico Diego Wyllyam do Vale.

## LITERATURA CITADA

- Abou-Rawash, M.; El-Wakell, H.F.; Kassem, N.; Mohamed, E.A. Studies on the vegetative propagation of some citrus rootstocks. *Annals of Agricultural Science*, v.43, n.2, p.523-537, 1998.
- Bernardi, A.C.C.; Carmello, Q.A.C.; Carvalho, S.A. Desenvolvimento de mudas de citrus cultivadas em vaso em resposta à adubação NPK. *Scientia Agricola*, v.57, n.4, p.733-738, 2000.
- Boaventura, P.S.R. Demanda por nutrientes de porta-enxertos e mudas cítricas produzidas em substrato em ambiente protegido. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 2003. 63p. Dissertação Mestrado.
- Carvalho, S.A. de. Manejo da adubação nitrogenada na produção de porta-enxerto cítricos em bandeja. Lavras: Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1994. 74p. Tese Doutorado.
- Carvalho, S.A.; Graf, C.C.D.; Violante, A.R. Produção de material básico e propagação. In: Mattos Júnior D.; DeNegri J.D.; Pio R.M.; Pompeu Júnior J. (eds). *Citros*. Campinas: Instituto Agronômico e Fundag, 2005. p.281-316.
- Carvalho, S.A.; Laranjeira, F.F. Protótipo de viveiro de mudas certificadas e borbulheiras sob telado à prova de afídeos do Centro de Citricultura-IAC. *Laranja*, v.15, n.2, p.213-220, 1994c.
- Carvalho, S. A.; Souza, M. Doses e frequência de aplicação de nitrato de potássio no crescimento do limoeiro- 'Cravo', e da tangerineira- 'Cleópatra' em bandejas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.31, n.11, p.815-822, 1996.
- Carvalho, S.A.; Mattos Junior, D.; Souza, M. Efeito do KNO<sub>3</sub> nos teores de macronutrientes na massa seca total de porta-enxertos cítricos produzidos em bandejas. *Bragantia*, v.59, n.1, p.89-94, 2000.
- Decarlos Neto, A.; Siqueira, D.L.; Pereira, P.R.G.; Alvarez V.H. Crescimento de porta-enxertos de citrus em tubetes influenciados por doses de N. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.24, n.1, p.199-203, 2002.
- Fretz, T.A. Performance of herbicides on container-grown nursery stock. Griffin: College of Agriculture Experiment Stations, University of Georgia, 1972. 11p. (Research Report, 120)
- Magalhães, A.C.N. Análise quantitativa do crescimento. In: Ferri, M.G. (Coord.). *Fisiologia vegetal*. 2.ed. São Paulo: Ed. Pedagógica e Universitária, 1985. v. 1, p. 333-350.
- Malavolta, E.; Lima Filho, O.F.; Piccin, C.R.; Casale, H. A avaliação dos citrus no Brasil. – O estado da arte. In: *Seminário Internacional de Citrus*, 4, 1996, Bebedouro. Anais... Campinas: Fundação Cargill, 1996. p.153.
- Marschner, H. Mineral nutrition of higher plants. New York: Academic Press, 1995. 889p.
- Moorby, J.; Besford, R.T. Mineral nutrition and growth. In: Götting, A.P.; Harvard, M.H. (ed.) *Inorganic plant nutrition*. Berlin: Springer-Verlag, 1983. v.15B, p.481-527.
- Natale, W.; Marchal, J. Absorção e redistribuição de nitrogênio (15N) em *Citrus mitis* B11. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.24, n.1, p.183-188, 2002.
- Quaggio, J.A.; Mattos Júnior, D.; Cantarella, H.; Stuchi, E.S.; Sempionato, O.R. Laranjas-doce sobre diferentes porta-enxertos adubadas com nitrogênio, fósforo e potássio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, n.1, p.55-60, 2004.
- 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.
- Ruschel, J.; Carmello, Q.A.C; Bernardi, A.C.C. Concentrações foliares do porta-enxerto limoeiro 'cravo' em função da adubação N, P, K, Ca e S. *Scientia Agrícola*, v.61, n.5, p.501-506, 2004.
- SAS Institute. The SAS-system for windows: release 6.11 (software). Cary: Statistical Analysis System Institute, 1996. p.1-4.
- Sena, J.O.A.; Labate, C.A.; Cardoso, E.J.B.N. Caracterização fisiológica da redução de crescimento de mudas de citrus micorrizadas em altas doses de fósforo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, n.5, p. 827-832, 2004.

- Serrano, L.A.L.; Marinho, C.S.; Barroso, D.G.; Carvalho, A.J.C. Sistema de blocos prensados e doses de adubo de liberação lenta na formação de porta-enxerto cítrico. *Ciência Rural*, v.36, p.441-447, 2006.
- Schafer, G. Caracterização molecular, diagnóstico e avaliação de porta-enxerto na citricultura gaúcha. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000. 81p. Dissertação Mestrado.
- Scharfer, G.; Souza, P.V.D.; Koller, O.C.; Schwarz, S.F. Desenvolvimento vegetativo inicial de porta-enxertos cítricos cultivados em diferentes substratos. *Ciência Rural*, v.36, n.6, p.1723-1729, 2006.
- Scivittaro, W.B.; Oliveira, R.P.; Moraes, C.F.G.; Radmann, E.B. Adubação nitrogenada na formação de porta-enxertos de limoeiro 'Cravo' em tubetes. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.26 n.1, p.131-135, 2004.
- Witt, H.H. Root growth of trees as influenced by physical and chemical soil factors. *Acta Horticulture*, n.450, p.205-214, 1997