

NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO NA NUTRIÇÃO E NO CRESCIMENTO DE MUDAS DE LARANJEIRA VALÊNCIA, ENXERTADAS SOBRE LIMOEIRO CRAVO

Effect of nitrogen, phosphorus, and potassium levels on nutrition and production of seedlings of 'Valencia' sweet orange grafted on 'cravo' lemon rootstock

Renato de Mello Prado¹, Danilo Eduardo Rozane², Gustavo Silva Camarotti³,
Marcus André Ribeiro Correia⁴, William Natale⁵, José Carlos Barbosa⁶

RESUMO

O experimento foi conduzido em casa de vegetação telada na FCAV/Unesp campus Jaboticabal-SP, durante o período de novembro de 2005 a janeiro de 2007. Conduziu-se este estudo, com o objetivo de avaliar componentes do desenvolvimento e do estado nutricional de mudas de laranja Valência (*Citrus sinensis* Osbeck), enxertadas sobre limoeiro Cravo (*Citrus limonia* Osbeck), em função de doses de nitrogênio, fósforo e potássio. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial $3^3 + 1$, sendo 3 fatores (nitrogênio, fósforo e potássio - NPK), 3 doses e uma testemunha (sem adubação), com 3 repetições. A unidade experimental foi representada por uma muda de laranja por sacola com 5 dm³ com 2,5 kg de substrato casca de *Pinus* spp. e vermiculita. Os tratamentos foram constituídos pela metade, uma vez e duas vezes a dose padrão recomendada, de 4.590; 920 e 4.380 mg sacola⁻¹, de N, P e K, respectivamente. As adubações com N e K foram realizadas via fertirrigações três vezes por semana e o P foi adicionado ao substrato antes do replantio das mudas. Aos 424 dias após o transplante, as plantas foram subdivididas em raízes e parte aérea para determinação da massa da matéria seca, altura, área foliar, diâmetro do caule e conteúdo de nutrientes. A adubação com N, P e K proporcionou maior desenvolvimento e maior acúmulo desses macronutrientes na parte aérea e nas raízes das mudas de laranja Valência, sobre limoeiro Cravo. Houve adequado desenvolvimento das plantas com a metade da dose recomendada de N, P e K pela literatura, aproximadamente de 918, 184 e 876 mg dm⁻³, respectivamente.

Termos para indexação: Estado nutricional, mudas, citros, *Citrus limonia*, *Citrus sinensis*.

ABSTRACT

The experiment was carried out in greenhouse at the FCAV/Unesp, Jaboticabal-SP during the period of November 2005 to January 2007. The objective of this study was to evaluate development components and nutritional status of seedlings of 'Valencia' (*Citrus sinensis* Osbeck) sweet orange grafted on 'Cravo' lemon rootstock (*Citrus limonia* Osbeck), in response to Nitrogen, Phosphorus, and Potassium levels. The experimental design was entirely randomized, in factorial scheme $3^3 + 1$, being 3 factors (Nitrogen, Phosphorus, and Potassium - NPK), 3 levels and a control (without fertilization) with 3 replications. The experimental unit constituted of a 'Valencia' sweet orange grafted on 'Cravo' lemon rootstock in a plastic bag with 2,5 kg of substratum. The treatments consisted of half, one, and two times the standard recommended dose for production of orange seedlings (4,590, 920, and 4,380 mg bag⁻¹ of N, P, and K, respectively). Fertilization with N and K was carried out by three weekly fertirrigations, and the P was added to the substratum of *Pinus* spp. bark and vermiculite before sowing. After 424 days, the plants were subdivided in roots and aerial parts for determination of dry matter, height, leaf area, diameter of stem, and nutrient content. Fertilization with N, P, and K provided for greater development and greater accumulation of these macronutrients in the aerial part and root of the 'Valencia' sweet orange grafted on 'Cravo' lemon rootstock. There was adequate development of the plants with half the recommended dose of N, P, and K according to literature, approximately of 918, 184, and 876 mg dm⁻³ of N, P, and K, respectively. Satisfactory development was obtained with half the recommended dose of N, P and K, in general. Slightly greater development occurred in the recommended dose of 4,590, 920, and 4,380 mg bag⁻¹ or 918, 184, and 876 mg dm⁻³ of substratum, respectively.

Index terms: Nutritional status, seedlings, citrus, *Citrus limonia*, *Citrus sinensis*.

(Recebido em 29 de maio de 2008 e aprovado em 19 de março de 2009)

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de laranjas, sendo também o maior exportador de suco cítrico concentrado (Agriannual, 2007). 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.

Na formação dos pomares cítricos, são utilizadas mudas são enxertadas, pois apresentam algumas

¹Professor Adjunto – Departamento de Solos e Adubos – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (Unesp/FCAV) – Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n. – 14870-000 – Jaboticabal, SP – rmp Prado@fcav.unesp.br

²Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia (Produção Vegetal) – Departamento de Solos e Adubos, Unesp/FCAV – danilorozane@yahoo.com.br

³Engenheiro Agrônomo da Unesp/FCAV – gustavo.toru@hotmail.com

⁴Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Agronomia (Produção Vegetal) – Departamento de Solos e Adubos, Unesp/FCAV – marcusribeiro@uft.edu.br

⁵Professor Adjunto – Departamento de Solos e Adubos – Unesp/FCAV – natale@fcav.unesp.br

⁶Professor Titular – Departamento de Ciências Exatas – Unesp/FCAV – jcarbosa@fcav.unesp.br

vantagens, tais 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 à seca, além de resistências a patógenos de solo. Entre os porta-enxertos, o mais utilizado na citricultura brasileira é o limoeiro Cravo (*Citrus limonia* Osbeck) (Pompeu Junior et al., 2000).

Quando atingem o ponto de enxertia, os porta-enxertos são transferidos do tubete para sacolas plásticas, onde são enxertados para formar as mudas. Porém, a produção de mudas em viveiro telado com o emprego da fertirrigação e com a adequada nutrição, pode reduzir o tempo de produção das mudas, implicando que estas fiquem aptas a serem transplantadas no campo, em menor tempo o que resultaria em menor custo de produção, além de melhorar o controle ambiental. A fim de garantir mudas de citros de alta qualidade, e com estado nutricional adequado, a fertirrigação tem sido recomendada (Ruschel et al., 2004).

Além da dose adequada de fertilizante, o parcelamento da adubação é importante, uma vez que pode ocorrer lixiviação de nutrientes, principalmente N e K (Boaventura et al., 2004), em razão das constantes irrigações e as pequenas dimensões dos recipientes (sacolas), na fase de produção de mudas. Nesse contexto, 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 tem tido efeito significativo sobre o crescimento das plantas (Boaretto et al., 1999).

Apesar da importância da nutrição para a produção e a qualidade das mudas, há informações divergentes na literatura para orientação do manejo da adubação dessas plantas. Em trabalhos conduzidos na Flórida-USA, para mudas de citros em substrato Williamson & Castle (1989) verificaram que as doses de nitrogênio utilizadas por produtores estavam entre 200 e 400 mg L⁻¹. Maust & Williamson (1994), na África do Sul, recomendam a dose de 250 mg L⁻¹ de nitrogênio, para substrato de casca de pinus e vermiculita, aplicado via fertirrigação.

Para condições brasileiras, Boaventura (2003) recomenda para mudas cítricas, em geral, cultivadas em substrato de casca de pinus, sob fertirrigação, a aplicação de 918, 184 e 876 mg dm⁻³ de nitrogênio, fósforo e potássio, respectivamente.

Assim, considerando o aumento na produção de mudas de acordo com as normas do sistema de produção de mudas certificadas de citros do Estado de São Paulo, existem ainda poucos estudos relacionando os efeitos das adubações NPK sobre as interações entre os nutrientes e sua acumulação pelas plantas nessas condições.

Neste estudo, objetivou-se avaliar componentes do crescimento e o estado nutricional da laranjeira Valência (*Citrus sinensis* Osbeck), enxertada sobre limoeiro Cravo (*Citrus limonia* Osbeck), em função de doses de N, P e K.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em viveiro telado na FCAV/Unesp campus Jaboticabal-SP, no período de novembro de 2005 a janeiro de 2007.

O viveiro estava coberto por filme plástico transparente e revestido, nas laterais, com tela antiafídeos. As bancadas com as mudas foram dispostas 30 cm acima do solo, seguindo recomendação de Carvalho & Laranjeira (1994).

O substrato utilizado para o cultivo, em tubete e nas sacolas, foi composto por casca de *Pinus* spp. e vermiculita com granulometria fina, cuja caracterização química, realizada segundo método holandês (1:1,5) adaptado de Sonneveld & Elderen (1994), revelou que: CE = 1,5 dS m⁻¹; pH = 5,9; N_{nitrito} = 2,4 mg L⁻¹; N_{amônia} = 31,4 mg L⁻¹; P = 16,3 mg L⁻¹; K = 67,9 mg L⁻¹; Ca = 108,9 mg L⁻¹; Mg = 58,8 mg L⁻¹; S = 188,7 mg L⁻¹; Cl = 27,0 mg L⁻¹; Na = 9,6 mg L⁻¹; B = 0,1 mg L⁻¹; Cu = 0,1 mg L⁻¹; Fe = 0,2 mg L⁻¹; Mn = 1,3 mg L⁻¹ e Zn = 0,1 mg L⁻¹.

Aos 150 dias após a semeadura, os porta-enxertos foram transplantados para sacolas de polietileno de 20 cm de diâmetro x 40 cm de altura, com capacidade de 5,0 L, preenchidas com 2,5 kg de substrato. Foram testadas três doses de N, P e K: D_{1/2} = metade da dose recomendada; D₁ = dose recomendada; D₂ = duas vezes a dose recomendada. As doses recomendadas para a produção de mudas de citros, nessa fase, são: 4.590; 920 e 4.380 mg sacola⁻¹ ou 918, 184 e 876 mg dm⁻³ de N, P e K, respectivamente (Boaventura, 2003).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3³ + 1, sendo 3 fatores (nitrogênio, fósforo e potássio - NPK), 3 doses e uma testemunha (sem adubação), com 3 repetições, totalizando 84 unidades experimentais.

As doses para produção de porta-enxertos de limoeiro Cravo (*Citrus limonia*), em tubetes, foram de P 100 mg dm⁻³ (Boaventura, 2003) e de N e K iguais a 920 mg dm⁻³ e 790 mg dm⁻³, respectivamente (Ruschel et al., 2004).

Salienta-se que, após a transferência dos porta-enxertos para as sacolas, empregou-se solução nutritiva, via água de irrigação, para aplicar os tratamentos. Os demais nutrientes foram aplicados de forma equilibrada em todos os tratamentos, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn e Mo, conforme indicações de Boaventura (2003). A solução indicada pelo autor apresenta a seguinte composição: Ca

= 142, Mg = 45, S = 55, B = 0,55, Cu = 0,13, Fe = 1,8, Mn = 0,54, Zn = 0,23 e Mo = 0,10 g por 1000 Litros.

A fertirrigação foi realizada mediante três aplicações semanais, com volume de 200mL de solução nutritiva por planta, totalizando 600mL por planta por semana, durante todo o período experimental (Boaventura, 2003). As fontes de nitrogênio, fósforo e potássio utilizadas foram o nitrato de cálcio, o fosfato monopotássico (MAP) e o cloreto de potássio, respectivamente. O manejo da solução nutritiva e a escolha dos fertilizantes seguiram as indicações de Furlani et al. (1999) bem como seu balanceamento.

Salienta-se que, aos 100 dias após o transplântio para as sacolas, os porta-enxertos foram enxertados pelo método da borbulhia, em "T" invertido, com borbulhas de laranjeira Valência (*Citrus sinnensis*) amarrando-se com fitilho plástico. Após 30 dias, realizou-se a decapitação dos porta-enxerto acima da enxertia, retirando o fitilho.

Aos 180 dias após a enxertia, 424 dias (aproximadamente 14 meses) após o início do experimento, foram realizadas as avaliações de: altura, da base do substrato até o ápice; a área foliar (aparelho LI-3100 área meter®) e o diâmetro do caule, no colo da planta. Em seguida as plantas foram subdivididas em sistema radicular e parte aérea, lavadas e secas em estufa a $67 \pm 3^\circ\text{C}$, determinando-se, em seguida, a massa seca e o teor de nutrientes, utilizando a metodologia descrita por Bataglia et al. (1983).

Foram realizadas análises de variância e, quando o F foi significativo a 5%, as médias foram comparadas

pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (SAS Institute, 1996).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A altura das plantas, o diâmetro do caule, a área foliar, a massa seca das folhas, do caule e das raízes foram maiores quando se aplicou N, P e K, em relação à testemunha, havendo resposta diferencial entre as doses de N, P e K, comparado às plantas sem adubação (Tabelas 1 e 2).

A resposta das mudas de citros à adubação com N, foi variável entre os componentes de desenvolvimento, sendo que a altura das plantas e o diâmetro do caule não apresentaram diferenças quando foram aplicadas as doses de 459, 918 e 1836 mg dm⁻³; porém, foram superiores à testemunha sem adubação (Tabela 1).

A área foliar e a massa seca das raízes foram maiores na dose de N de 1836 mg dm⁻³. O estabelecimento da dose de N que promove a formação de maior área foliar é importante, visto que as folhas são as principais responsáveis pela captação da energia solar e pela produção de material orgânico por meio fotossíntese, que reflete em crescimento vegetativo das mudas, como evidencia Marschner (1995). A massa seca do caule foi maior na dose de 918 mg dm⁻³ e a massa seca das folhas apresentou desenvolvimento satisfatório na dose de 459 mg dm⁻³, porém, pouco efeito supressor foi verificado na dose de 1836 mg dm⁻³, que é o dobro da dose recomendada. Destaca-se, ainda, que a maior área foliar obtida na dose de N igual a 1836 mg dm⁻³, não refletiu em maior matéria seca da parte aérea, altura da planta e diâmetro do caule, conforme também verificado por Bernardi et al. (2000a),

Tabela 1 - Resumo da análise de variância (valor de F e CV) dos componentes de desenvolvimento da laranjeira Valência enxertada sobre limoeiro Cravo.

Causas de variação	Altura	Diâmetro do caule	Área foliar	Massa seca das folhas	Massa seca do caule	Massa seca das raízes
N	3,10 ^{ns}	0,41 ^{ns}	5,18 ^{**}	4,03 [*]	14,62 ^{**}	8,73 ^{**}
P	7,61 ^{**}	1,82 ^{ns}	21,33 ^{**}	62,73 ^{**}	90,54 ^{**}	23,96 ^{**}
K	22,78 ^{**}	7,75 ^{**}	20,72 ^{**}	36,25 ^{**}	142,02 ^{**}	19,20 ^{**}
N x P	27,08 ^{**}	1,85 ^{ns}	6,41 ^{**}	3,00 [*]	22,06 ^{**}	21,60 ^{**}
N x K	4,88 ^{**}	4,32 ^{**}	29,25 ^{**}	37,69 ^{**}	93,37 ^{**}	60,68 ^{**}
P x K	16,14 ^{**}	2,75 [*]	10,80 ^{**}	21,74 ^{**}	14,30 ^{**}	7,52 ^{**}
N x P x K	13,03 [*]	2,47 [*]	13,89 ^{**}	18,91 ^{**}	33,74 ^{**}	22,25 ^{**}
Trat. x Test.	110,37 ^{**}	29,00 ^{**}	180,27 ^{**}	156,29 ^{**}	306,27 ^{**}	80,92 ^{**}
CV (%)	11,4	14,2	12,9	13,6	9,4	14,4

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

sugerindo que não é viável a aplicação da dose equivalente ao dobro da recomendada para o adequado desenvolvimento das mudas de laranjeira Valência, enxertada sobre limoeiro Cravo (Tabela 2).

Bernardi et al. (2000a) verificaram melhor desenvolvimento das mudas de laranjeira Valência enxertada sobre limoeiro Cravo, na dose de 1620 mg dm⁻³ de N, via fertirrigação e efeito supressor em doses mais elevadas, em substrato a base de casca de pinus, vermiculita e perlita, após a enxertia, porém, em sacola de 3,8 L. Nesse contexto, é importante utilizar doses adequadas

de N, visto que estudos indicam que doses elevadas de nitrogênio podem ser prejudiciais ao desenvolvimento radicular, entre outros efeitos (Smith, 1965).

Maust & Williamson (1994) recomendam a dose de N de 250 mg dm⁻³, via fertirrigação, para a produção de mudas de citros em substratos com casca de pinus e vermiculita. Williamson & Castle (1989) verificaram que as doses de 200 a 400 mg dm⁻³ são as mais utilizadas na produção de mudas de citros em substratos, variando com a frequência de aplicação e o manejo da irrigação. Para este estudo, a dose de nitrogênio recomendada para

Tabela 2 – Altura, diâmetro do caule, área foliar, massa seca das folhas, do caule e das raízes da laranjeira Valência enxertada sobre limoeiro Cravo, em função da interação das doses de N e P, N e K e, P e K.

Altura das plantas (cm)										
	P _{1/2}	P ₁	P ₂	K _{1/2}	K ₁	K ₂		K _{1/2}	K ₁	K ₂
N _{1/2}	74,55A	67,78B	69,78AB	80,11Aa	71,00ab	61,00ABb	P _{1/2}	59,78Cb	79,00Aa	63,55b
N ₁	80,00Aa	77,78Aa	62,00Bb	79,44A	72,67	67,67A	P ₁	89,33Aa	76,44Aa	60,22b
N ₂	47,78Bb	80,44Aa	75,67Aa	67,33Bab	78,00a	58,55Bb	P ₂	77,78B	66,22B	63,44
Diâmetro do caule (cm)										
	P _{1/2}	P ₁	P ₂	K _{1/2}	K ₁	K ₂		K _{1/2}	K ₁	K ₂
N _{1/2}	--	--	--	9,28ab	9,57a	7,18Bb	P _{1/2}	9,17AB	9,71	8,34
N ₁	--	--	--	9,18	8,40	9,05A	P ₁	8,15B	9,29	7,96
N ₂	--	--	--	8,63	9,48	7,66B	P ₂	9,77A	8,46	7,60
Área foliar (cm ²)										
	P _{1/2}	P ₁	P ₂	K _{1/2}	K ₁	K ₂		K _{1/2}	K ₁	K ₂
N _{1/2}	1766B	1602B	1720	2090Aa	1913Aa	1090Cb	P _{1/2}	2072A	2059A	1777A
N ₁	1934Ba	1704ABab	1541b	1762Bab	1459Bb	1957Aa	P ₁	2005Aa	2004Aa	1248Bb
N ₂	2210Aa	1948Ab	1475c	1877ABab	2159Aa	1596Bb	P ₂	1652B	1468AB	1617A
Massa seca das folhas (g)										
	P _{1/2}	P ₁	P ₂	K _{1/2}	K ₁	K ₂		K _{1/2}	K ₁	K ₂
N _{1/2}	14,8Ba	10,83b	11,70Ab	16,34Aa	14,70Aa	6,28Bb	P _{1/2}	16,62A	15,23A	14,44A
N ₁	14,63Ba	11,67b	9,71Bc	12,31Bab	10,19Bb	13,51Aa	P ₁	15,26Aa	13,28Ba	6,17Cb
N ₂	16,87Aa	12,20b	10,71ABb	14,13B	13,97A	11,68A	P ₂	10,90B	10,35C	10,87B
Massa seca do caule (g)										
	P _{1/2}	P ₁	P ₂	K _{1/2}	K ₁	K ₂		K _{1/2}	K ₁	K ₂
N _{1/2}	13,04a	8,44Cc	10,02Ab	15,43Aa	11,01Ab	5,07Cc	P _{1/2}	14,83Aa	12,64Ab	12,00Ab
N ₁	12,64a	13,03Aa	10,20Ab	13,68Ba	8,65Bb	13,56Aa	P ₁	13,86Aa	10,83Bb	7,58Bc
N ₂	13,79a	10,80Bb	8,35Bc	12,18Ca	11,33Aa	9,42Bb	P ₂	12,58Ba	7,52Bb	8,47Bb
Massa seca das raízes (g)										
	P _{1/2}	P ₁	P ₂	K _{1/2}	K ₁	K ₂		K _{1/2}	K ₁	K ₂
N _{1/2}	7,21Bb	7,56b	9,11Aa	11,06Aa	9,14Aa	3,68Cb	P _{1/2}	10,00	9,85A	9,34A
N ₁	10,63Aa	7,96b	6,02Bc	7,75Cb	6,03Bb	10,83Aa	P ₁	9,43a	8,14Ba	5,23Cb
N ₂	11,35Aa	7,27c	9,08Ab	9,57Bab	10,27Aa	7,87Bb	P ₂	8,96	7,44B	7,81B

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

a produção de mudas de citros em substrato com casca de pinus e vermiculita foram superiores à indicada pelos autores acima, e inferior às encontradas por Bernardi et al. (2000a), sendo a dose satisfatória (459 mg dm^{-3}). Na dose de 918 mg dm^{-3} , recomendada por Boaventura (2003), em geral, o desenvolvimento das mudas foi próximo a ligeiramente superior a metade da dose de 459 mg dm^{-3} , verificado pelos componentes de desenvolvimento deste estudo (Tabela 2).

Pesquisas mostram que o N é um dos nutrientes mais importantes para o crescimento vegetativo das mudas de citros (Carvalho & Laranjeira, 1994) e que estas apresentam exigência nutricional diferenciada em relação a este nutriente (Maust & Williamson, 1994). Essa exigência diferenciada entre variedades, possivelmente é um dos fatores relacionados à resposta das mudas de laranja Valência enxertada sobre limoeiro Cravo a maiores doses de N, comparada às doses recomendadas por Maust & Williamson (1994) na África do Sul, quando da utilização de substrato de casca de pinus e vermiculita.

Em relação às doses de P e K, foi encontrado comportamento semelhante ao N, em que a dose satisfatória foi de 92 e 438 mg dm^{-3} , respectivamente metade da dose recomendada, considerando a altura das plantas e o diâmetro do caule (Tabela 2). Na dose de P e K de 184 e 876 mg dm^{-3} , recomendada por Boaventura (2003), em geral, o desenvolvimento das mudas foi semelhante à metade da dose de P e K de 92 e 438 mg dm^{-3} , permitindo inferir que as doses recomendadas por este autor são excessivas à produção de mudas em substrato de casca de pinus e vermiculita, entretanto, não causam efeito supressor no desenvolvimento das plantas. Bernardi et al. (2000a) verificaram melhor desenvolvimento de mudas de laranja Valência, enxertada sobre limoeiro Cravo, na dose de 753 mg dm^{-3} de P, utilizando substrato de casca de pinus, vermiculita e perlita em sacolas de 3,8 L. Estudos mostram respostas de mudas de citros a P, em substrato, em alguns casos até a dose de 2200 mg dm^{-3} (Resende et al., 1995).

Bernardi et al. (2000a) observaram melhor resposta de mudas de laranja Valência, enxertada sobre limoeiro Cravo, na dose de K de 1340 mg dm^{-3} . Essa dose de K, como a de P, também foi muito superior às encontradas no presente estudo como adequadas ao crescimento das mudas, em condições semelhantes.

Nesse contexto, mais estudos são necessários utilizando maior número de doses e diferentes variedades de citros, visando a definir melhor as doses mais adequadas para a produção de mudas em substrato de casca de pinus e vermiculita, visto que a resposta positiva das mudas à

adubação se reflete em menor tempo e custo para a produção das mudas.

Por outro lado, quando se utilizaram as maiores doses de N, P e K verificou-se efeito supressor, principalmente de P e K no desenvolvimento das mudas de citros. Esse efeito pode ser atribuído à elevação da pressão osmótica do meio de cultivo, causando danos às raízes e prejudicando a absorção de nutrientes e o desenvolvimento das plantas, além de outros aspectos, como o efeito de antagonismo entre nutrientes (Perin et al., 1999).

A adubação com N, P e K proporcionou o acúmulo de maiores quantidades desses nutrientes na parte aérea e nas raízes das mudas de citros, comparado à testemunha sem adubação, havendo resposta diferencial das doses e suas interações (Tabelas 3, 4 e 5).

O incremento nas doses de N proporcionou, estatisticamente, aumento no acúmulo de nitrogênio na parte aérea, corroborando com os estudos de Bernardi et al. (2000b), que verificaram efeito quadrático das doses desse macronutriente acumulado nas folhas, quando foram utilizadas doses altas de N em mudas de laranja Valência, enxertadas sobre limoeiro Cravo.

Efeitos similares foram encontrados por Gallo et al. (1960) em folhas de laranja baianinha. Isso indica que doses excessivas de N têm efeito supressor no acúmulo de N na parte aérea, e que a definição da dose adequada e o manejo da adubação nitrogenada são importantes na formação das mudas. Porém, é importante salientar que o maior acúmulo de N na parte aérea não refletiu em benefício para os componentes de crescimento como altura das plantas e diâmetro do caule, sugerindo a ocorrência de um possível “consumo de luxo”.

Os teores foliares de nutrientes podem divergir em função de fatores como disponibilidade no solo, variedade, combinação copa/porta-enxerto, idade e interações entre nutrientes (Smith, 1966). Koo (1985) afirma que a interação entre nutrientes é o fator predominante, com maior influência sobre os teores foliares. Nesse contexto, várias interações são relatadas na literatura (Smith, 1966; Bernardi et al., 2000b).

A exemplo do que ocorre no solo a concentração de N e de K são inversamente relacionados; porém, o N tem papel predominante sobre o K. Assim, estudos mostraram que em altos níveis de N ocorrem altos teores de N na folha e baixos teores de K; entretanto, o aumento nos níveis de K resultou em aumento dos teores de K na folha, mas não interferiu nos teores de N (Reese & Koo, 1975). No presente estudo, essa interação foi verificada apenas na parte aérea e, quando foi utilizada a metade da dose recomendada de K (438 mg dm^{-3}), não sendo

observada quando foram aplicadas maiores doses de K (Tabela 5), possivelmente devido aos teores de N não serem excessivamente altos e/ou em razão de serem as doses de K, em razão dos suficientes para compensar esse efeito inibitório do N na absorção de K. Esses resultados confirmam os resultados obtidos por Bernardi et al. (2000b) em mudas de laranja Valência, enxertada sobre limoeiro Cravo, utilizando substrato de casca de pinus, vermiculita e perlita, em que foi verificada relação inversa do N e K, porém em doses de N superiores às utilizadas no presente estudo.

Outra interação de macronutrientes é a relação inversa de N e P (Smith, 1966; Reese & Koo, 1975). Plantas com teores baixos de N poderão apresentar altos teores de P; porém, quando há excesso de N, geralmente ocorrem

teores baixos de P, sendo difícil encontrar folhas com excesso de N e P ao mesmo tempo (Smith, 1966). Essa interação inversa entre N e P também foi verificada por Bernardi et al. (2000b) em laranja Valência, enxertada sobre limoeiro Cravo, tanto o efeito inibitório do N sobre o P como do P sobre o N. Porém, neste estudo, ocorreu apenas a interação do P sobre o N (Tabela 5), possivelmente em razão das baixas doses utilizadas de P, comparativamente às utilizadas por Bernardi et al. (2000b).

O acúmulo de NPK na parte aérea foi de 2 a 3 vezes superior ao absorvido no sistema radicular, condizente com a massa seca 2 a 3 vezes superior na parte aérea, comparado à massa seca das raízes, confirmando os estudos de Bernardi et al. (2000b), que verificaram acúmulo de NPK de 30% nas raízes e de 70% na parte aérea de mudas de citros.

Tabela 3 – Resumo da análise de variância (valor de F e CV) do acúmulo de nutrientes na massa seca de raízes e da parte aérea da laranja Valência enxertada sobre limoeiro Cravo.

Causas de Variação	Parte aérea			Raízes		
	N	P	K	N	P	K
N	30,77 **	42,32 **	25,76 **	171,05 **	0,03 ns	26,71 **
P	98,45 **	79,82 **	70,36 **	26,36 **	9,64 **	25,52 **
K	45,53 **	83,36 **	2,81 ns	17,03 **	35,44 **	4,78 **
N x P	16,84 **	13,37 **	4,82 **	18,22 **	30,11 **	39,48 **
N x K	53,90 **	62,95 **	69,42 **	47,01 **	51,34 **	81,27 **
P x K	17,34 **	27,53 **	24,56 **	8,62 **	10,36 **	12,92 **
N x P x K	22,75 **	23,34 ns	15,92 **	21,80 **	20,07 **	15,52 **
Trat. x Test.	205,76 **	309,41 **	175,89 **	119,32 **	66,82 **	83,57 **
CV (%)	12,08	9,71	12,72	14,95	15,57	15,99

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

Tabela 4 – Acúmulo de nutrientes na massa seca de raízes e da parte aérea da laranja Valência enxertada sobre limoeiro Cravo, em função das doses N, P e K.

Nutriente	N _{1/2}	N ₁	N ₂	P _{1/2}	P ₁	P ₂	K _{1/2}	K ₁	K ₂
Parte aérea									
N	478,11b	516,09b	607,33a	670,45a	476,30b	454,78b	622,21a	515,56b	463,77c
P	46,34b	48,64b	57,64a	60,04a	48,35b	44,24c	59,70a	49,89b	43,03c
K	796,80b	832,35b	993,65a	1074,30a	767,96b	780,50b	835,10	900,70	887,10
Raízes									
N	134,81c	156,03b	259,57a	213,49a	165,22b	171,69b	201,49a	188,59a	160,31b
P	18,98	18,80	18,80	20,45a	17,06b	19,08a	22,41a	18,21b	15,96c
K	337,55a	342,03a	256,48b	363,62a	271,43b	301,01b	333,46a	309,66ab	292,95b

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

Tabela 5 – Acúmulo de N, P e K na parte aérea e nas raízes da laranjeira Valência enxertada sobre limoeiro Cravo, em função da interação das doses de N e P, N e K e, P e K.

Nutriente (mg planta ⁻¹)										
Parte aérea										
N										
	P _{1/2}	P ₁	P ₂	K _{1/2}	K ₁	K ₂		K _{1/2}	K ₁	K ₂
N _{1/2}	578,0Ba	409,9Bb	446,4ABb	654,7Aa	555,2Aa	224,4Bb	P _{1/2}	739,4A	641,7A	630,2A
N ₁	597,0Ba	542,6Aa	408,7Bb	535,8Ba	401,2Bb	611,3Aa	P ₁	638,2Ba	493,7Bb	297,0Cc
N ₂	836,4Aa	476,4ABb	509,2Ab	676,1Aa	590,2Ab	555,7Ab	P ₂	489,0C	411,2C	464,0B
P										
	P _{1/2}	P ₁	P ₂	K _{1/2}	K ₁	K ₂		K _{1/2}	K ₁	K ₂
N _{1/2}	55,7Ba	39,3Cb	44,0b	64,6Aa	50,9Bb	23,4Bc	P _{1/2}	67,3Aa	56,9Ab	55,9Ab
N ₁	52,8Ba	49,7Ba	43,4b	53,8Ba	39,1Cb	53,1Aa	P ₁	62,6Aa	52,9Ab	29,6Cc
N ₂	71,6Aa	56,1Ab	45,3c	60,7A	59,7A	52,6A	P ₂	49,2Ba	39,9Bb	43,6Bab
K										
	P _{1/2}	P ₁	P ₂	K _{1/2}	K ₁	K ₂		K _{1/2}	K ₁	K ₂
N _{1/2}	1031,5Ba	649,8Bb	709,2Bb	986,3Aa	953,7Ba	450,5Bb	P _{1/2}	898,8Ab	1112,2Aa	1211,9Aa
N ₁	967,6Ba	828,4Ab	701,0Bc	735,4Bb	654,9Cb	1106,8Aa	P ₁	890,3Aa	851,8Ba	561,8Cb
N ₂	1223,9Aa	825,7Ab	931,4Ab	783,6Bb	1093,4Aa	1104,0Aa	P ₂	716,1Ba	738,1Ba	887,5Ba
Raízes										
N										
	P _{1/2}	P ₁	P ₂	K _{1/2}	K ₁	K ₂		K _{1/2}	K ₁	K ₂
N _{1/2}	125,1Ca	134,3Ba	144,9Ba	184,0Ba	160,7Ba	59,7Bb	P _{1/2}	233,6A	214,6A	192,3A
N ₁	185,8Ba	154,1Bb	128,2Bb	148,1Cb	110,6Cb	209,3Aa	P ₁	195,4Ba	188,9ABa	111,4Bb
N ₂	329,6Aa	207,2Ac	241,9Ab	272,3Aa	294,4Aa	211,9Ab	P ₂	175,5B	162,3B	177,2A
P										
	P _{1/2}	P ₁	P ₂	K _{1/2}	K ₁	K ₂		K _{1/2}	K ₁	K ₂
N _{1/2}	14,5Bc	18,4Ab	24,0Aa	27,0Aa	21,3Ab	8,6Cc	P _{1/2}	21,4a	21,1Aa	18,9Ab
N ₁	24,1Aa	18,0Ab	14,3Cc	18,1Cb	14,3Bb	24,0Aa	P ₁	23,8a	16,6Bb	10,8Bc
N ₂	22,8Aa	14,7Bc	18,8Bb	22,2Ba	19,0Ab	15,3Bb	P ₂	22,1a	17,0Ba	18,1Aa
K										
	P _{1/2}	P ₁	P ₂	K _{1/2}	K ₁	K ₂		K _{1/2}	K ₁	K ₂
N _{1/2}	279,6Bb	304,7Ab	428,3Aa	459,0Aa	418,6Aa	143,1Cb	P _{1/2}	349,6	381,0A	360,2A
N ₁	484,0Aa	310,1Ab	232,0Bc	311,8Bb	239,0Bb	475,2Aa	P ₁	344,5a	284,5Ba	185,2Bb
N ₂	327,2Ba	199,5Bb	242,7Bb	237,6C	271,3B	260,5B	P ₂	306,2	263,4B	333,4A

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

CONCLUSÕES

A adubação com N, P e K proporcionou maior crescimento e maior acúmulo desses macronutrientes na parte aérea e nas raízes das mudas de laranjeira Valência, enxertada sobre porta-enxerto de limoeiro

Cravo, em substrato de casca de *Pinus* e vermiculita, em relação à testemunha.

Houve adequado crescimento das plantas, empregando-se a metade da dose recomendada pela literatura, de N, P e K, ou seja, próximo da dose de 918, 184 e 876 mg dm⁻³, respectivamente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRIANUAL. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2006. 270p.
- BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. **Métodos de análise química de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1983. 48p. (Circular, 78).
- BERNARDI, A.C.C.; CARMELLO, Q.A.C.; CARVALHO, S.A. Desenvolvimento de mudas de citros cultivadas em vaso em resposta à adubação NPK. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.4, p.733-738, 2000a.
- BERNARDI, A.C.C.; CARMELLO, Q.A.C.; CARVALHO, S.A. Macronutrientes em mudas de citros cultivadas em vasos em resposta a adubação NPK. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.4, p.761-767, 2000b.
- BOARETTO, A.E.; SCHIAVINATO NETO, P.; MURAOKA, T. Fertilização foliar de nitrogênio para laranjeira em estágio de formação. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.56, n.3, p.621-626, 1999.
- BOAVENTURA, P.S.R. **Demanda por nutrientes de porta-enxertos e mudas cítricas produzidas em substrato em ambiente protegido**. 2003. 63f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical)-Instituto Agrônômico de Campinas, Campinas, 2003.
- BOAVENTURA, P.R.R.; QUAGGIO, J.A.; ABREU, M.F.; BATAGLIA, O.C. Balanço de nutrientes na produção de mudas cítricas cultivadas em substrato. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.26, n.2, p.300-305, 2004.
- CARVALHO, S.A de; LARANJEIRA, F.F. Protótipo de viveiro de mudas certificadas e borbulheiras sob telado à prova de afídeos do Centro de Citricultura-IAC. **Laranja**, Cordeirópolis, v.15, n.2, p.213-220, 1994.
- FURLANI, P.R.; SILVEIRA, L.C.P.; BOLONHEZI, D.; FAQUIN, V. **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas: IAC, 1999. 52p. (Boletim técnico, 180).
- GALLO, J.R.; MOREIRA, S.; RODRIGUEZ, O.; FRAGA JÚNIOR, C.G. Composição inorgânica das folhas de laranjeira Baianinha, com referência à época de amostragem e adubação química. **Bragantia**, Campinas, v.19, p.229-246, 1960.
- KOO, R.C.J. Potassium nutrition of citrus. In: MUNSON, R.D. (Ed.). **Potassium in agriculture**. Madison: SSSA, 1985. p.1077-1086.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. San Diego: Academic, 1995. 902p.
- MAUST, B.E.; WILLIAMSON, J.G. Nitrogen nutrition of containerized citrus nursery plants. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.119, n.2, p.195-201, 1994.
- PERIN, J.R.; CARVALHO, S.A.; MATTOS JUNIOR, D.; CANTARELLA, H. Efeitos de substratos e doses de fertilizante de liberação lenta no teor de clorofila e desenvolvimento vegetativo do limoeiro 'Cravo' em tubetes. **Laranja**, Cordeirópolis, v.20, n.2, p.463-476, 1999.
- POMPEU JUNIOR, J.; LARANJEIRA, F.F.; BLUMER, S. Laranjeiras 'Valência' enxertadas em híbridos de trifoliata. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.59, n.1, p.93-97, 2000.
- REESE, R.L.; KOO, R.C.J. 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**, Winter Haven, v.100, p.195-198, 1975.
- RESENDE, L.P.; AMARAL, A.M.; CARVALHO, S.A.; SOUZA, M. Volume do substrato e superfosfato simples na formação do limoeiro 'Cravo' em vasos: I., efeitos no crescimento vegetativo. **Laranja**, Cordeirópolis, v.16, n.2, p.155-164, 1995.
- RUSCHEL, J.; CARMELLO, Q.A. de C.; BERNARDI, A.C. de C.; CARVALHO, S.A.; MATTOS JUNIOR, D. Concentrações foliares do porta-enxerto limoeiro 'Cravo' em função da adubação N, P, K, Ca e S. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.61, n.5, p.501-506, 2004.
- SAS INSTITUTE. **The SAS-system for windows**: release 6.11. Cary, 1996. Software.
- SMITH, P.F. Citrus nutrition. In: CHILDERS, N.F. (Ed.). **Nutrition of fruit crops**: temperate to tropical fruit. New Brunswick: Rutgers the State of University, 1966. p.174-207.
- SMITH, P.F. Effect of nitrogen source and placement on the root development of Valencia oranges trees. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Winter Haven, v.78, p.55-59, 1965.

SONNEVELD, C.; ELDEREN, C.W. van. Chemical analysis of peaty growing media by means of water extraction. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.25, p.3199-3208, 1994.

WILLIAMSON, J.G.; CASTLE, W.S. A survey of Florida citrus nursery. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**, Winter Haven, v.102, p.78-82, 1989.