

AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN (on line): 1981-0997

v.6, n.4, p.642-649, out.-dez., 2011

Recife, PE, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

DOI:10.5039/agraria.v6i4a1418

Protocolo 1418 - 15/03/2011 *Aprovado em 01/07/2011

Marina B. Arouca¹

Leonardo D. Penna¹

Renato M. Prado^{1,3}

Danilo E. Rozane²

Nitrogênio, fósforo e potássio na produção de massa seca e no acúmulo de nutrientes em mudas de limeira ácida 'tahiti'

RESUMO

Objetivou-se avaliar os efeitos da aplicação de doses de nitrogênio, fósforo e potássio em mudas de limeira ácida 'Tahiti', enxertadas em 'Flying Dragon', na absorção desses nutrientes e na produção da massa de matéria seca. O delineamento experimental utilizado foi em delineamento inteiramente casualizado em fatorial $3^3 + 1$, e 3 fatores (NPK), 3 doses ($N_{1/2} = 459$; $N_1 = 918$; $N_2 = 1836$; $P_{1/2} = 92$; $P_1 = 184$; $P_2 = 368$; $K_{1/2} = 438$; $K_1 = 876$; $K_2 = 1752$ mg L⁻¹) e sem NPK, com 3 repetições. Foram realizadas três aplicações semanais de fertirrigação, com volume de 200 mL de solução nutritiva por planta, durante o período experimental. Aos 215 dias após a enxertia, determinaram-se a massa da matéria seca e o acúmulo de N, P e K. O uso das adubações de N, P e K proporcionaram maior crescimento e acúmulo destes nutrientes na parte aérea e nas raízes das mudas de limeira ácida 'Tahiti' enxertadas em 'Flying Dragon', em relação à testemunha. A produção das mudas de 'Tahiti', nas doses de 1836, 368 e 876 mg L⁻¹, respectivamente, foram suficientes para o desenvolvimento adequado das mudas. O acúmulo de N, P e K na planta inteira para a dose adequada foi de 684,3 mg, 56,5 mg e 533,7 mg, respectivamente, e juntos se concentraram na parte aérea (78%), em relação à raiz (22%).

Palavras-chave: Absorção, *Citrus latifolia*, mudas de citrus, NPK, solução nutritiva.

Nitrogen, phosphorus and potassium on dry matter production and nutrient accumulation in 'tahiti' lime seedlings

ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the effects of nitrogen, phosphorus and potassium application in 'Tahiti' lime seedlings, grafted to 'Flying Dragon', on absorption of these nutrients and the production of dry matter weight. The experimental design was arranged in a completely randomized design in factorial $3^3 + 1$, and 3 factors (NPK), 3 doses ($N_{1/2} = 459$; $N_1 = 918$; $N_2 = 1836$; $P_{1/2} = 92$; $P_1 = 184$; $P_2 = 368$; $K_{1/2} = 438$; $K_1 = 876$; $K_2 = 1752$ mg L⁻¹) and a control, with 3 replications. Three weekly applications of fertirrigation, with 200 mL of the nutrient solution per plant, were carried out during the experimental period. After 215 days of grafting, the dry matter weight and the N, P e K accumulation were determined. The use of the N, P and K fertilization showed higher growth and accumulation of the nutrients on the shoot and roots of the 'Tahiti' lime seedlings, grafted to 'Flying Dragon', in comparison to the control. The 'Tahiti' seedlings production, in doses of 1836, 368 and 876 mg L⁻¹, respectively, were sufficient for the proper development of the seedlings. The N, P and K accumulation in the whole plant for the right dose was 684.3 mg, 56.5 mg and 533.7 mg, respectively, and together they focused on the shoot (78%), in comparison to the root (22%).

Key words: Uptake, *Citrus latifolia*, citrus seedlings, NPK, nutrient solution.

¹ Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, CEP 14884-900, Jaboticabal-SP, Brasil. Fone: (16) 3209-2672. Fax: (16) 3202-4275. E-mail: marinarouc@yahoo.com.br;

leo_demartini@yahoo.com.br; rmp Prado@fcav.unesp.br

² Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rua Nelson Brihi Badur, 430, Vila Tupy, CEP 11900-000, Registro-SP, Brasil. Fone: (13) 3822-2230. Fax: (13) 3822-2309. E-mail: danilorozane@registro.unesp.br

³ Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq

INTRODUÇÃO

Na citricultura moderna, é importante que todos os processos que envolvem a produção de citros com qualidade competitiva sejam gerenciados da melhor forma, como o uso otimizado dos fertilizantes. Nesse sentido, os atributos de qualidade da muda ganham cada vez mais importância, juntamente aos tratamentos aplicados aos pomares jovens (FNP Consultoria & Comércio, 2009). A qualidade da muda está diretamente relacionada com o estado nutricional adequado, sendo os insumos um dos fatores de grande influência na formação de um pomar com alta homogeneidade, vigor e produtividade.

O manejo químico adequado da cultura visa o suprimento de nutrientes em quantidades suficientes e com sincronismo em relação aos períodos de maior demanda da planta para otimizar a produção e a qualidade de frutos e minimizar os possíveis impactos ambientais adversos em razão do uso de fertilizantes (Mattos Junior et al., 2005). Na literatura, ainda são escassos estudos que avaliaram a resposta de mudas cítricas, cultivadas em substrato inerte, em recipientes e em ambiente protegido à adubação com nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) via fertirrigação durante a fase completa de produção das mudas (Prado et al., 2008), especialmente as enxertadas, que são comuns nos viveiros de produção do Brasil.

O uso de mudas cítricas enxertadas ocorre devido a algumas vantagens, tais como: precocidade; 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 sejam mais tolerantes às moléstias; e à seca (Pompeu Júnior, 2005).

A produção de mudas cítricas em vasos ou sacolas e em ambiente protegido vem sendo utilizada na Flórida (EUA) desde 1977, mas ainda há a necessidade de uma melhor definição das doses e frequências de aplicação de fertilizantes no Brasil. Nesse sistema de produção ocorre um rápido crescimento das plantas e em espaço reduzido para o desenvolvimento do sistema radicular (Carvalho & Laranjeira, 1994). O tempo para a formação de uma muda cítrica, com o uso da fertirrigação e com a adequada nutrição das mudas, pode ser reduzido para 20 meses, diminuindo, portanto, 3 a 4 meses, resultando em menor custo e tempo para a produção de mudas (Prado et al., 2008).

Diante das poucas informações sobre a nutrição de mudas cítricas enxertadas com o uso da fertirrigação, e no caso das mudas de limeira ácida ‘Tahiti’, enxertadas em ‘Flying Dragon’ (*Poncirus trifoliata* L. Raf. var. *monstrosa*), não foram encontrados trabalhos na literatura, e isso induz que a prática da adubação pelos viveiristas é feita de forma empírica, o que poderá comprometer a qualidade da muda produzida.

Sendo assim, objetivou-se, com o presente estudo, avaliar os efeitos da aplicação de nitrogênio, fósforo e potássio em mudas de limeira ácida ‘Tahiti’, enxertadas em ‘Flying Dragon’, na absorção desses nutrientes e na produção da massa de matéria seca.

MATERIAL E MÉTODOS

Realizou-se o experimento com mudas de limeira ácida ‘Tahiti’ enxertadas em ‘Flying Dragon’ (*Poncirus trifoliata* L. Raf. var. *monstrosa*), provenientes de viverista certificado. Para o desenvolvimento do experimento, inicialmente foi realizada a produção do porta-enxerto, em seguida, a enxertia e quando o enxerto atingiu 4 cm de comprimento, aplicaram-se os tratamentos com adubação N, P, K até atingir a fase de muda pronta ao plantio no campo.

Para a produção do porta-enxerto, realizou-se a semeadura em 22-03-2007, sendo cultivado em um viveiro “comercial”, 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 30 cm acima do solo, seguindo a recomendação de Carvalho & Laranjeira (1994).

As mudas de limeira ácida ‘Tahiti’ permaneceram em uma casa de vegetação com cobertura de vidro, construída com madeira, com dimensões de 30 m de comprimento por 8 m de largura e com pé-direito de 2,4 m, na Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” - UNESP, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV, Câmpus Jaboticabal, com coordenadas 21° 15’ 22” sul, 48° 18’ 58” oeste.

A adubação de N, P e K foi de 920, 100 e 790 mg dm⁻³, respectivamente. A adubação foi realizada com superfosfato triplo (44% de P₂O₅), adicionado e homogeneizado ao substrato antes da semeadura, enquanto que a de nitrogênio foi feita na forma de nitrato de amônio (34% de N), e a de potássio, na forma de cloreto de potássio (60% de K₂O). Estas adubações foram aplicadas via ferti-irrigações semanais de 2 mL de solução por planta, durante 19 semanas, iniciando aos 30 dias após semeadura. Além destes, foi aplicado CaSO₄ na dose de 0,9 g dm⁻³ de substrato, e também foram pulverizados mensalmente micronutrientes com solução contendo: B = 0,2; Mn = 0,5 e Zn = 0,6 g L⁻¹ (Bernardi et al., 2000). Foram realizadas irrigações diárias durante o desenvolvimento das plantas, manualmente, sendo aplicada água em quantidade suficiente para a máxima retenção de água, sendo suspensa quando se iniciava a drenagem.

Aos 140 dias após a semeadura (08-08-2007), os porta-enxertos foram transplantados para sacolas de polietileno de 20 cm largura x 40 cm de altura, com capacidade de 5,0 L, preenchidas com 2,5 kg de substrato (Plantmax®), composto à base de casca de Pinus e vermiculita com granulometria fina.

Aos 240 dias após a semeadura (100 dias após o transplantio para as sacolas), em 16-11-2007, o porta-enxerto foi enxertado pelo método da borbúlia, em “T” invertido, com limeira ácida ‘Tahiti’, como recomendado por César (1996). Após 36 dias da enxertia em 22-12-2007, retirou-se o fitilho. O estudo avaliando a aplicação de N, P e K, iniciou-se após 66 dias da realização da enxertia, em 21-01-2008, quando os enxertos estavam em média com 4 cm de altura. A decapitação do porta-enxerto acima da enxertia foi realizada 52 dias após a retirada do fitilho, em 11-02-2008, ocorrendo dentro do período recomendado por César (1996) e realizado pelos viveristas da região, em torno de 50 a 60 dias após a retirada do fitilho.

Os tratamentos foram constituídos pelas doses de N, P e K, as quais foram: $D_{1/2}$ = metade da dose recomendada; D_1 = dose recomendada; D_2 = duas vezes a dose recomendada, dispostos em delineamento inteiramente casualizado. A escolha dos tratamentos também foi adotada por Rozane et al. (2007) e Prado et al. (2008) em estudos semelhantes com mudas de laranjeira. Ressalta-se que houve rotação das sacolas na bancada durante o desenvolvimento do experimento.

O esquema fatorial foi $3^3 + 1$, sendo 3 fatores (nitrogênio, fósforo e potássio - NPK), 3 doses e uma testemunha (sem adubação NPK), com 3 repetições, totalizando 84 unidades experimentais. As doses recomendadas para a produção de mudas de citros nessa fase, foram: 4.590; 920 e 4.380 mg por sacola ou 918, 184 e 876 mg L^{-1} de N, P e K, respectivamente (Boaventura, 2003).

Utilizou-se em todas as parcelas do experimento solução nutritiva contendo Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn e Mo, conforme indicação de Boaventura (2004). 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 1000 L^{-1} . A ferti-irrigação foi realizada mediante três aplicações semanais, com volume de 200 mL de solução nutritiva por planta, totalizando 600 mL por planta por semana, durante todo o período experimental (Boaventura, 2003). As fontes de nitrogênio, fósforo e potássio utilizadas foram o nitrato de cálcio, fosfato monopotássico/MAP e o cloreto de potássio, respectivamente. Salienta-se que os cuidados com o manejo da solução e a escolha de todas as fontes dos fertilizantes seguiram as indicações de Furlani et al. (1999).

Foram realizadas avaliações biológicas aos 215 dias após a enxertia. As plantas foram divididas em sistema radicular e em parte aérea, lavadas e secas em estufa de 65 a 70°C até massa constante, obtendo-se a massa da matéria seca e, em seguida, determinando-se o teor de nutrientes (N, P e K), utilizando a metodologia descrita por Bataglia et al. (1983). Com o resultado do teor e de massa da matéria seca das plantas foi realizado o cálculo de acúmulo de nutrientes (N, P e K) da parte aérea e das raízes.

Aos resultados obtidos, foram realizadas as análises de variância pelo teste F, a comparação de médias pelo teste de

Tukey a 5% de probabilidade e, quando significativo, o desdobramento das interações (Barbosa & Maldonado Junior, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que para a massa da matéria seca da planta inteira das mudas de 'Tahiti', houve efeito da interação das adubações com $N \times P \times K$, indicando que o efeito de um nutriente no crescimento das mudas está relacionado aos outros dois nutrientes (Tabela 1).

Ressalta-se, também, que para estas mesmas variáveis houve diferença entre a adubação (NPK) e a testemunha, 15,51 g e 11,30 g, respectivamente. Desta maneira, ficaram evidentes os benefícios da adubação no crescimento das mudas de 'Tahiti', comparado ao da testemunha. Resultados semelhantes foram obtidos por Rozane et al. (2007) trabalhando com a produção do porta-enxerto citrumeleiro 'Swingle' em função da adubação NPK, e Prado et al. (2008), estudando o efeito da adubação com NPK em mudas de laranja 'Valência' enxertadas em citrumeleiro 'Swingle'.

Pelo desdobramento das interações, envolvendo a aplicação com NPK, verifica-se que o uso das doses: $N_1P_{1/2}K_{1/2}$; $N_1P_{1/2}K_1$; $N_1P_{1/2}K_2$; $N_1P_1K_{1/2}$; $N_1P_1K_1$; $N_2P_2K_1$; e $N_2P_2K_2$, promoveram maior acúmulo de massa da matéria seca da parte aérea (Tabela 2).

Considerando-se a massa da matéria seca de raízes, as melhores doses possíveis foram: $N_{1/2}P_{1/2}K_{1/2}$; $N_{1/2}P_{1/2}K_1$; $N_{1/2}P_{1/2}K_2$; $N_1P_2K_{1/2}$; $N_2P_1K_1$; $N_2P_1K_2$, $N_2P_2K_1$; e $N_2P_2K_2$. A primeira possível dose concorda com a utilização de metade das doses recomendadas por Boaventura (2003). Prado et al. (2008) citam que a utilização das doses padrões para a massa da matéria seca de raízes de acordo com Boaventura (2003) não refletiu em melhores resultados, o que também pôde ser verificado neste trabalho.

As doses para a massa da matéria seca da planta inteira, que proporcionariam o maior acúmulo da massa da matéria seca, foram: $N_{1/2}P_{1/2}K_1$; $N_{1/2}P_{1/2}K_2$; $N_1P_{1/2}K_1$; $N_2P_1K_1$; e $N_2P_2K_1$. Contudo, a indicação da melhor dose da interação $N \times P \times K$ está condicionada ao maior acúmulo da massa da

Tabela 1. Resumo da análise de variância para massa da matéria seca da parte aérea (g), raízes (g) e planta inteira (g), em função da aplicação de N, P e K

Table 1. Summary of the variance analysis for dry matter of the shoot (g), roots (g) and whole plant (g) according to the application of N, P and K

Causas de variação	Massa seca da parte aérea	Massa seca das raízes	Massa seca da planta inteira
N	5,71**	14,78**	0,41 ^{ns}
P	3,49**	5,25**	0,16 ^{ns}
K	8,51**	2,29 ^{ns}	5,72**
N x P	21,03**	10,78**	15,71**
N x K	14,99**	2,74**	12,27**
P x K	5,15**	4,87**	2,78*
N x P x K	11,47**	3,46**	9,05**
Trat. x Test.	20,09**	6,78**	19,60**
CV (%)	10,4	13,7	9,8

*, ** e ^{ns} - significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste de F, e não significativo, respectivamente

Tabela 2. Desdobramento da interação da adubação com N, P e K para as variáveis massa da matéria seca da parte aérea (g), raízes (g) e planta inteira (g).**Table 2.** Results of the interaction of the N, P and K fertilization for the variables dry mass of shoot (g), roots (g) and whole plant (g).

	Massa seca da parte aérea, g									
	P _{1/2}	P ₁	P ₂	K _{1/2}	K ₁	K ₂	P _{1/2}	K _{1/2}	K ₁	K ₂
N _{1/2}	13,76aB	14,21aB	16,05aB	15,01abAB	13,58Bc	15,42aA	P _{1/2}	15,12aA	15,08aA	14,34aA
N ₁	17,84aA	15,83abAB	13,75bC	16,53aA	16,76aB	14,12bA	P ₁	15,95aA	17,54aA	13,85bA
N ₂	12,95bB	17,31aA	17,90aA	13,96bB	19,24aA	14,95bA	P ₂	14,43bA	16,96aA	16,31aA

	Massa seca de raízes, g									
	P _{1/2}	P ₁	P ₂	K _{1/2}	K ₁	K ₂	P _{1/2}	K _{1/2}	K ₁	K ₂
N _{1/2}	9,57aA	7,08bA	6,80bA	8,02aA	7,46aA	7,97aA	P _{1/2}	8,41aA	7,51abA	6,90bA
N ₁	7,50aB	6,74aA	7,14aA	7,88aA	7,13abA	6,37bA	P ₁	6,18bB	7,30aA	7,05abA
N ₂	5,74aC	6,71aA	6,72aA	6,24aB	6,81aA	6,12aA	P ₂	7,55aAB	6,60aA	6,51aA

	Massa seca total, g									
	P _{1/2}	P ₁	P ₂	K _{1/2}	K ₁	K ₂	P _{1/2}	K _{1/2}	K ₁	K ₂
N _{1/2}	23,34aA	21,30aB	22,86aAB	23,04aA	21,05aB	23,4aA	P _{1/2}	23,54aA	22,6aA	21,24aA
N ₁	25,34aA	22,58bAB	20,90bB	24,42aA	23,9aA	20,49bB	P ₁	22,14bA	24,84aA	20,91bA
N ₂	18,70bB	24,02aA	24,62aA	20,21bB	26,05aA	21,08bAB	P ₂	21,99aA	23,56aA	22,82aA

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

Tabela 3. Resumo da análise de variância para o acúmulo de nutrientes na parte aérea (g) e nas raízes (g), em função da aplicação de N, P e K**Table 3.** Summary of variance analysis for nutrient accumulation in the shoot (g) and roots (g), as a function of the N, P and K application

Causas de variação	Parte aérea			Raízes		
	N	P	K	N	P	K
N	100,21**	445,63**	9,87**	7,62**	22,55**	98,41**
P	25,92**	62,95**	3,68**	0,86 ^{ns}	20,63**	11,17**
K	23,85**	42,23**	26,44**	2,38 ^{ns}	7,94**	5,98**
N x P	46,03**	23,50**	23,57**	10,14**	7,30**	9,47**
N x K	27,75**	15,52**	16,00**	1,18 ^{ns}	6,37**	4,34**
P x K	15,89**	10,40**	6,26**	7,68**	8,94**	3,84**
N x P x K	8,62**	6,36**	10,10**	4,87**	7,55**	1,66 ^{ns}
Trat. x Test.	99,98**	51,59**	61,36**	35,74**	17,21**	2,07 ^{ns}
CV (%)	10,9	19,9	12,3	14,9	16,1	16,2

*, ** e ^{ns} significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste de F, e não significativo, respectivamente.

matéria seca na planta inteira e o maior acúmulo destes nutrientes.

Verifica-se que houve efeito significativo da interação N x P x K para o acúmulo desses macronutrientes nas raízes, na parte aérea das plantas (Tabela 3) e na planta inteira (Tabela 4).

De acordo com Pimentel-Gomes & Garcia (2002), a variabilidade de um atributo pode ser classificada de acordo com a magnitude do seu coeficiente de variação, que pode ser: (a) baixa, quando menor que 10%; (b) média, quando entre 10 e 20%; (c) alta, quando entre 20 e 30%; e (d) muito alta, se maior que 30%. Com isso, pode-se observar que para o presente estudo, as causas de variação encontram-se na classe de variação baixa e média. Coeficientes de variação

Tabela 4. Resumo da análise de variância para o acúmulo de nutrientes na planta inteira (g), em função da aplicação de N, P e K**Table 4.** Summary of the variance analysis for the nutrient accumulation in the whole plant (g) according to the N, P and K application

Causas de variação	N	P	K
N	76,43**	286,47**	6,85**
P	11,98**	72,65**	2,22 ^{ns}
K	16,20**	16,13**	26,75**
N x P	38,77**	7,44**	19,05**
N x K	17,90**	10,37**	15,52**
P x K	9,90**	3,62*	3,76**
N x P x K	7,94**	7,47**	8,81**
Trat. x Test.	108,39**	60,03**	48,32**
CV (%)	9,9	14,1	11,0

*, ** e ^{ns} significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste de F, e não significativo, respectivamente.

semelhantes ao presente estudo foram também observados por Rozane et al. (2007) e Prado et al. (2008).

Em relação ao efeito da adubação com N, P e K nas variáveis de acúmulo na parte aérea e raízes (Tabela 5), verifica-se, para o acúmulo de N na parte aérea, que a maior dose de nitrogênio, juntamente com a dose padrão de P e a dose padrão de K, proporcionou o maior acúmulo deste nutriente. Para o P, os maiores acúmulos na parte aérea foram observados nas maiores doses de N, P e na dose padrão de K. Para o K, verifica-se maior acúmulo com a dose padrão de N, dose padrão de P e padrão de K, para a parte aérea da mudas de limeira ácida.

Nas raízes, o maior acúmulo de N esteve associado à maior dose de N, para P e K, à menor dose; para o acúmulo de P,

pode-se verificar maior acúmulo com a dose padrão de N, maior dose de P e menor dose de K; e o maior acúmulo de K nas raízes esteve associado à menor dose de N, menor de P e padrão de K.

Prado et al. (2008) verificaram interação inversa entre o NxK, com o efeito do N predominante sobre o K, ou seja, o aumento na dose de N resultou em decréscimo no acúmulo de K. Porém, o aumento na dose de K não resultou em decréscimo no acúmulo de N. Entretanto, o aumento da dose de K resultou em aumento do acúmulo de K na parte aérea. Neste estudo não foi observada tal constatação, apesar de o dobro da dose de N ser o que proporcionou maiores acúmulos de N e de K, porém, para K, o dobro da dose de N proporcionou maior acúmulo e a melhor dose de K esteve associada à dose padrão. Prado et al. (2008) também verificaram que houve apenas interação inversa do N sobre o P e do P sobre o N, na metade da dose recomenda. Segundo Bernardi et al. (2000) os teores de N relacionaram-se diretamente aos de P e K e inversamente à adubação nitrogenada. De acordo com Scivittaro et al. (2004) a deficiência de N limita o crescimento de mudas cítricas, e a utilização de fontes solúveis propicia o aumento no acúmulo de N na parte aérea.

Em relação ao efeito da adubação com N, P e K no acúmulo destes nutrientes (mg/planta) na planta inteira, observou-se que houve maior acúmulo de N nitrogênio quando ministrado à maior dose de N, juntamente com a dose padrão ou o dobro da dose de P e a dose padrão de K (Tabela 6). Para P os maiores acúmulos na planta inteira foram obtidos nas maiores doses de N e P e na dose padrão de K, enquanto o maior

acúmulo de K foi verificado com a dose padrão de N e com a dose padrão ou o dobro da dose de K, e independente da dose de P. Tais resultados evidenciam a interação inversa entre NxK, com efeito do N predominante sobre o K, como já evidenciado e discutido para o acúmulo na parte aérea e raízes (Tabela 5). Porém, o aumento na dose de K resultou em decréscimo no acúmulo de N na parte aérea e planta inteira, mas não nas raízes (Tabelas 5 e 6). Entretanto, o aumento da dose de K resultou em aumento do acúmulo de K na parte aérea. Neste estudo, para o acúmulo na planta inteira, foi observado que a dose padrão de K proporcionou o maior acúmulo de N e P. Houve relação direta entre o acúmulo de NxP. Segundo Bernardi et al. (2000) os teores de N relacionam-se diretamente aos de P e K inversamente à adubação nitrogenada. De acordo com Scivittaro et al. (2004) a deficiência de N limita o crescimento de mudas cítricas, e a utilização de fontes solúveis propicia o aumento no acúmulo de N na parte aérea.

Pelo desdobramento de acúmulos de nutrientes na parte aérea e nas raízes em função da interação da adubação NxPxK, observou-se que o maior acúmulo de N na parte aérea, esteve associado com a combinação das doses: $N_1P_{1/2}K_{1/2}$; $N_2P_1K_1$; $N_2P_2K_1$; e $N_2P_2K_2$ (Tabela 7). Já o maior acúmulo de P na parte aérea das mudas, ocorreu com o emprego das doses $N_2P_2K_1$ e $N_2P_2K_2$, enquanto que o maior acúmulo de K na parte aérea esteve associado com as doses: $N_{1/2}P_2K_1$; $N_{1/2}P_2K_2$; $N_1P_{1/2}K_2$; $N_2P_1K_1$; $N_2P_1K_2$; $N_2P_2K_1$; e $N_2P_2K_2$.

Para o acúmulo de N nas raízes, a interação NxPxK não foi significativa, como visto anteriormente na Tabela 3. Para o acúmulo de P, as doses que promoveram maiores acúmulos

Tabela 5. Efeito da adubação com N, P e K para o acúmulo destes nutrientes (mg por planta) na parte aérea e nas raízes

Table 5. Effect of the N, P and K fertilization for the accumulation of these nutrients (mg per plant) in the shoot and roots

Nutrientes	$N_{1/2}$	N_1	N_2	$P_{1/2}$	P_1	P_2	$K_{1/2}$	K_1	K_2
Parte aérea									
N	306,26c	390,65b	466,73a	340,92b	414,97a	407,75a	362,67b	433,00a	367,97b
P	7,98c	20,81b	47,12a	18,45c	24,15b	33,31a	19,39c	31,66a	24,87b
K	341,49b	392,82a	382,07a	356,70b	389,58a	370,10ab	321,43b	391,47a	403,48a
Raízes									
N	186,15b	204,56ab	217,55a	205,84a	196,63a	205,79a	207,19a	208,40a	192,66a
P	17,66b	23,33a	19,27b	17,79b	19,27b	23,19a	22,09a	19,15b	19,02b
K	181,88a	136,43b	96,46c	153,35a	136,75b	124,67b	126,32b	142,19a	146,26a

* médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

Tabela 6. Efeito da adubação com N, P e K para o acúmulo destes nutrientes (mg/planta) na planta inteira

Table 6. Effect of the N, P and K fertilization for the accumulation of these nutrients (mg per plant) in the whole plant

Acúmulo	$N_{1/2}$	N_1	N_2	$P_{1/2}$	P_1	P_2	$K_{1/2}$	K_1	K_2
N	492,41c	595,22b	684,29a	546,77b	611,61a	613,55a	569,87b	641,41a	560,64b
P	25,65c	44,15b	66,40a	36,25c	43,43b	56,52a	41,49b	50,81a	43,90b
K	523,37a	529,26a	478,54b	510,06a	526,34a	494,77a	447,75b	533,67a	549,74a

* médias seguidas pela mesma letra na linha, para cada variável, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

foram: $N_{1/2}P_2K_{1/2}$; $N_1P_1K_2$; $N_1P_1K_1$; e $N_2P_2K_{1/2}$, enquanto as doses de nutrientes com a combinação de $N_{1/2}P_{1/2}K_{1/2}$; $N_{1/2}P_{1/2}K_1$; $N_{1/2}P_{1/2}K_2$; $N_{1/2}P_1K_1$; e $N_{1/2}P_1K_2$ resultaram no maior acúmulo de K nas raízes das mudas.

Pelos desdobramentos dos acúmulos de nutrientes na planta inteira em função da interação da adubação $N \times P \times K$ (Tabela 8), notou-se que as doses que proporcionaram o maior acúmulo de massa da matéria seca na planta inteira foram: $N_{1/2}P_{1/2}K_1$; $N_{1/2}P_{1/2}K_2$; $N_1P_{1/2}K_1$; $N_2P_1K_1$; e $N_2P_2K_1$. Considerando-se que a indicação da melhor dose da interação $N \times P \times K$ está condicionada ao maior acúmulo da massa da matéria seca na planta inteira (Tabela 2) e o maior acúmulo destes nutrientes (Tabela 8), observa-se que a dose de $N_2P_2K_1$ promoveu o maior acúmulo de massa da matéria seca e dos nutrientes N, P e K da planta inteira.

Para a produção das mudas de limeira ácida, em sacolas, as doses de $N_2P_2K_1$ que correspondem à aplicação de N, K e

P de 1836, 368 e 876 mg L⁻¹, respectivamente, foram suficientes para o desenvolvimento adequado das mudas. As doses desses nutrientes proporcionaram o acúmulo de N, P e K na planta inteira de 684,3 mg; 56,5 mg e 533,7 mg, respectivamente. O acúmulo de NPK nas mudas pelas raízes foi de 22% e na parte aérea, de 78% (Tabela 4).

A utilização de 1836 mg L⁻¹ de N, com 368 mg L⁻¹ de P e 876 mg L⁻¹ de K, promoveu resultados adequados na nutrição das plantas. Destaca-se que para esta variável, a aplicação do dobro das doses de N e P recomendadas por Boaventura (2003), asseguraram maior acúmulo, porém, para K, a recomendação feita por tal autor corrobora com a dose padrão empregada neste estudo. Mendonça et al. (2007) estudaram a aplicação de N e P em mudas de maracujazeiro, sendo que os autores indicam a dose de 1903 mg dm⁻³ de N próxima à obtida no presente trabalho, para maior massa da matéria seca da parte aérea, sem a adição de P.

Tabela 7. Desdobramento da interação do acúmulo N, P e K (mg por planta), para a parte aérea e raízes em função da adubação com NPK.

Table 7. Results of the interaction of the N, P and K accumulation (mg per plant) for the shoot (g) and roots (g) as a function of the NPK fertilization

	Parte aérea									
	$P_{1/2}$	P_1	P_2	$K_{1/2}$	K_1	K_2	$P_{1/2}$	$K_{1/2}$	K_1	K_2
N										
$N_{1/2}$	293,42aB	281,88Ac	343,47aB	341,94aA	69,81bC	307,03abC	$P_{1/2}$	334,89aA	340,65aB	347,22aAB
N_1	414,64aA	438,54aB	318,76bB	372,50bA	441,97aB	357,47bB	P_1	396,74bA	515,63aA	332,54cB
N_2	314,70bB	524,49aA	561,01aA	373,56cA	587,23aA	439,41bA	P_2	356,37bA	442,74aA	424,15aA
P										
$N_{1/2}$	8,10aB	7,98aC	7,85aC	8,17aB	7,94aC	7,82aC	$P_{1/2}$	16,15aA	21,94aB	16,89aB
N_1	12,11bB	14,09bB	36,24aB	8,04cB	31,06aB	23,34bB	P_1	20,83bA	31,32aAB	20,32bB
N_2	35,13bA	50,39aA	55,85aA	41,97bA	55,97aA	43,43bA	P_2	20,84bA	41,72aA	37,38aA
K										
$N_{1/2}$	317,20aB	332,04aB	375,22aA	321,97bAB	302,16bC	400,34aA	$P_{1/2}$	295,82bA	342,10bA	432,17aA
N_1	458,10aA	375,20abB	345,16bA	354,50bA	395,28abB	428,68aA	P_1	355,40bA	429,98aA	383,36abA
N_2	294,80bB	461,50aA	389,91abA	287,82cB	476,98aA	381,41bA	P_2	313,06bA	402,33aA	394,91aA
Raízes										
N										
$N_{1/2}$	224,61aA	161,27aB	172,56aB	ns	ns	ns	$P_{1/2}$	216,83aAB	207,29aA	193,39aA
N_1	209,41aAB	200,31aA	203,96aB	ns	ns	ns	P_1	166,99bB	223,88aA	199,01abA
N_2	183,49aB	228,31aA	240,85aA	ns	ns	ns	P_2	237,74aA	194,03bA	185,60bA
P										
$N_{1/2}$	12,61bC	16,18bB	24,20aA	18,22abB	14,90bB	19,86aA	$P_{1/2}$	20,83aB	16,98bA	15,56bA
N_1	23,23aA	23,03aA	23,72aA	27,28aA	22,45bA	20,25bA	P_1	17,54bB	18,67abA	21,61aA
N_2	17,53aB	18,61aB	21,67aA	20,75aB	20,11abA	16,96bA	P_2	27,89aA	21,80bA	19,90bA
K										
$N_{1/2}$	222,54aA	176,09abA	147,01bA	167,52bA	170,35bA	207,76aA	$P_{1/2}$	156,93aA	149,43aA	153,70aA
N_1	149,23aB	127,00aB	127,00aB	130,34aB	136,90aB	142,05aB	P_1	106,83bB	150,13aA	153,30aA
N_2	88,29aC	107,16aB	93,93aB	81,09bC	114,18aC	94,12abC	P_2	115,20aAB	127,02aA	131,78aA

* médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey

Tabela 8. Desdobramento da interação do acúmulo N, P e K (mg/planta), para a planta inteira, em função da adubação com NPK**Table 8.** Results of the interaction of the N, P and K accumulation (mg per plant) for the whole plant as a function of the NPK fertilization

	P _{1/2}	P ₁	P ₂	K _{1/2}	K ₁	K ₂		K _{1/2}	K ₁	K ₂
N										
N _{1/2}	518,04Ba	443,15Cb	516,04Ba	530,82Aa	451,06Cb	495,35Bab	P _{1/2}	551,74Aa	547,95Ca	540,61Ba
N ₁	624,06Aa	638,86Ba	522,73Bb	584,90Ab	652,74Ba	548,01Bb	P ₁	563,74Ab	739,52Aa	531,56Bb
N ₂	498,20Bb	752,80Aa	801,87Aa	593,88Ab	820,44Aa	638,56Ab	P ₂	594,12Aa	636,77Ba	609,75Aa
P										
N _{1/2}	20,72Cb	24,16Cb	32,06Ca	26,40Ca	22,85Ca	27,69Ca	P _{1/2}	37,35Ba	38,93Ca	32,46Ca
N ₁	35,34Bb	37,13Bb	59,96Ba	35,33Bc	53,51Ba	43,60Bb	P ₁	38,37Bb	49,99Ba	41,94Bb
N ₂	52,67Ac	69,01Ab	77,53Aa	62,73Ab	76,08Aa	60,40Ab	P ₂	48,74Ab	63,52Aa	57,29Aa
K										
N _{1/2}	539,75Ba	508,13Aba	522,23Aa	489,50Ab	472,51Bb	608,10Aa	P _{1/2}	452,76Ab	491,54Bb	585,88Aa
N ₁	607,33Aa	502,21Bb	478,23Ab	484,85Ab	537,33Aab	565,59Aa	P ₁	462,24Ab	580,11Aa	536,66Aa
N ₂	383,10Cc	568,67Aa	483,85Ab	368,91Bc	591,17Aa	475,54Bb	P ₂	428,27Ab	529,36ABa	526,69Aa

* médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste Tukey

CONCLUSÕES

O uso das adubações de N, P e K proporcionaram maior crescimento e acúmulo destes nutrientes na parte aérea e nas raízes das mudas de limeira ácida 'Tahiti' enxertadas em 'Flying Dragon', em relação à testemunha.

A produção das mudas de limeira ácida 'Tahiti' enxertadas em 'Flying Dragon', em sacolas, nas doses de N, P e K de 1836, 368 e 876 mg L⁻¹, respectivamente, foram suficientes para o desenvolvimento adequado das mudas.

O acúmulo de N, P e K na planta inteira para a dose adequada, foi de 684,3 mg, 56,5 mg e 533,7 mg, respectivamente, e juntos concentraram na parte aérea (78%), em relação a raiz (22%).

LITERATURA CITADA

- Barbosa, J.C.; Maldonado Junior, W. AgroEstat - Sistema de análises estatísticas de ensaios agrônômicos. Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, 2011.
- Bataglia, O.C.; Furlani, A.M.C.; Teixeira, J.P.F.; Furlani, P.R. E Gallo, J.R. Métodos de análise química de plantas. Campinas: Instituto Agronômico, 1983. 48p. (Circular, 78).
- Bernardi, A.C.C.; Carmello, Q.A.C.; Carvalho, S.A. Macronutrientes em mudas de citros cultivadas em vasos em resposta à adubação NPK. Scientia Agricola, v.57, n.4, p.761-767, 2000. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162000000400026>
- Boaventura, P.R.R. Demanda por nutrientes de porta-enxertos e mudas cítricas produzidas em substrato em ambiente protegido. Campinas: Universidade de Campinas, 2003. 63p. Dissertação Mestrado.
- 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, v.26, n.2, p.300-305, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452004000200029>

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, v.15, n.2, p.213-220, 1994.

César, H.P. Manual prático do enxertador. São Paulo: Nobel, 1996. 158p.

FNP Consultoria & Comércio. Agrianual 2009: anuário da agricultura brasileira. 14.ed. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2009. p. 246-257; p. 268-291.

Furlani, P.R.; Silveira, L.C.P.; Bolonhezi, D.; Faquin, V. Cultivo hidropônico de plantas. Campinas: Instituto Agronômico, 1999. 52p. (Boletim Técnico, 180).

Mattos Junior, D.; Negri J.D.; Pio, R.M.; Pompeu Júnior, J. Citros. Campinas: Instituto Agronômico/FUNDAG, 2005. 929p.

Mendonça, V.; Ferreira, E.A.; Paula, Y.C.M.; Batista, T.M.V.; Ramos, J.D. Crescimento de mudas de maracujazeiro-amarelo influenciado por doses de nitrogênio e de superfosfato simples. Revista Caatinga, v.20, n.4, p.137-143, 2007.

Pimentel-Gomes, F.; Garcia, C.H. Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações pra uso de aplicativos. Piracicaba: FEALQ, 2002. 309p.

Pompeu Júnior, J. Porta-enxertos. In: Mattos Júnior, D.; Negri, J.D.; Pio, R.M.; Pompeu Júnior, J. Citros. Campinas: Instituto Agronômico/FUNDAG, 2005. p.63-94.

Prado, R.M.; Rozane, D.E.; Camarotti, G.S.; Correia, M.A.R.; Natale, W.; Barbosa, J.C.; Beutler, A.N. Nitrogênio, fósforo e potássio na nutrição e na produção de mudas de laranja valência, enxertada sobre citrumeleiro 'Swingle'. Revista Brasileira de Fruticultura, v.30, p.812-817, 2008. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452008000300042>

Rozane, D.E.; Prado, R.M.; Natale, W.; Beutler, A.N.; Silva, S.R.; Barbosa, J.C. Nitrogênio, fósforo e potássio na produção e nutrição de porta-enxerto de limoeiro citrumelo swingle. *Revista Ceres*, v.54, n.315, p.422-429, 2007.

Scivittaro, W.B.; Oliveira, R.P.; Morales, 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. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-29452004000100036>