

MACRONUTRIENTES EM MUDAS DE CITROS CULTIVADAS EM VASOS EM RESPOSTA À ADUBAÇÃO NPK¹

Alberto Carlos de Campos Bernardi^{2,5*}; Quirino Augusto de Camargo Carmello³; Sérgio Alves de Carvalho⁴

² Embrapa Solos - R. Jardim Botânico, 1024 - CEP: 22460-000 - Rio de Janeiro, RJ.

³ Depto. de Solos e Nutrição de Plantas - USP/ESALQ, C.P. 9 - CEP: 13418-900 - Piracicaba, SP.

⁴ Centro de Citricultura Sylvio Moreira - IAC, C.P. 4 - CEP: 13490-970 - Cordeirópolis, SP.

⁵ Bolsista CNPq.

*Autor correspondente <alberto@cnpq.embrapa.br >

RESUMO: Mudanças de laranja 'Valência' (*Citrus sinensis*) sobre o porta-enxerto de limoeiro 'Cravo' (*C. limonia*) foram cultivadas em vasos com substrato de casca de Pinus, vermiculita e perlita com o objetivo de avaliar-se os efeitos do fornecimento de N, P e K sobre os teores de macronutrientes do porta-enxerto e das mudas. Utilizou-se um esquema de fatorial fracionário (1/5)³ com um delineamento em blocos ao acaso. Os tratamentos consistiram em 5 doses (em g por planta) de N: 1,25; 6,25; 11,25; 16,25; 21,25; 5 doses de K: 0,42; 3,75; 6,22; 9,34; 12,45; e 5 doses de P: 0,19; 0,89; 1,59; 2,29; 2,99. O N e K foram fornecidos semanalmente, sendo 37,5% da dose para o porta-enxerto. O P foi fornecido totalmente no plantio. Determinaram-se os teores totais de N, P e K, Ca, Mg e S nas folhas novas e velhas, raízes e caule e a extração de N, P e K. Os teores de N relacionaram-se diretamente e os de P e K inversamente com a adubação nitrogenada. Os teores de Ca, Mg e S relacionaram-se positivamente até as doses intermediárias de N utilizadas. Houve efeito inibitório do fertilizante potássico sobre a absorção de Ca e Mg. A acumulação de NPK pelos porta-enxertos foi em torno de 30% pelas raízes e 70% pela parte aérea. Palavras-chave: *Citrus sinensis*, *Citrus limonia*, superfície de resposta, nutrição mineral

MACRONUTRIENTS IN CITRUS NURSERY TREES GROWN IN POTS IN RESPONSE TO NPK FERTILIZATION

ABSTRACTS: 'Valencia' sweet orange nursery trees (*Citrus sinensis*) budded on Rangpur lime rootstocks (*C. limonia*) were grown in containers using pine bark, vermiculite and perlite as substrates with the objective of evaluating the NPK fertilization effect on macronutrient levels. The experiment was a complete (1/5)³ factorial randomized block design. Treatments comprised five concentrations in g per plant of N: 1.25; 6.25; 11.25; 16.25; 21.25; five concentrations of K: 0.42; 3.75; 6.22; 9.34; 12.45; and five concentration of P: 0.19; 0.89; 1.59; 2.29; 2.99. Nitrogen and K were applied weekly, and 37.5% of the total fertilization was applied to rootstocks. All P was supplied at planting. Young and old leaves, root and stem total nutrient concentrations of N, P, K, Ca, Mg, S and NPK accumulation were evaluated. Tissue N concentration was directly and P and K concentrations were inversely related to nitrogen fertilization. Calcium, Mg and S concentrations increased up to the intermediate N fertilization rates. K fertilizer inhibited Ca and Mg absorption by plants. Rootstock NPK accumulated as 30% in roots and 70% in shoot.

Key words: *Citrus sinensis*, *Citrus limonia*, response function, mineral nutrition

INTRODUÇÃO

De acordo com Smith (1966), fatores como variedade, combinação copa e porta-enxerto, idade e posição das folhas nos ramos, e as interações entre os nutrientes podem interferir nos teores foliares dos citros. Porém, para Koo (1985), as interações são o fator predominante sobre os teores de nutrientes nas folhas.

Há várias interações relatadas entre os nutrientes nas plantas cítricas (Smith, 1966; Chapman, 1968 e Embleton et al., 1978). Geralmente, os teores de N e de K são inversamente relacionados, porém o N tem papel predominante sobre os de K. Alguns estudos utilizando fatoriais de N e de K, mostraram que os altos níveis de N fornecidos resultaram em altos teores de N na folha e

baixos teores de K, porém o aumento nos níveis de K resultaram em aumento dos teores de K na folha, mas não interferiram nos teores de N (Reese & Koo, 1975; Reitz & Koo, 1960). Estes resultados, segundo Koo (1985) indicam que o N é o dominante na interação entre os dois nutrientes. O N e o Mg na folha relacionam-se positivamente (Reese & Koo, 1975; Koo & Reese, 1977), pois existe relação sinérgica entre eles (Smith, 1966).

Os teores de P nas folhas dependem do suprimento do nutriente, mas também do teor de N. Seus teores nas folhas são inversamente relacionados, tendo o N um efeito pronunciado sobre o P (Reese & Koo, 1975). Plantas com teores baixos ou deficientes em N, poderão apresentar altos teores de P e, quando há excesso de N espera-se que haja teores baixos de P,

¹Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor apresentada à USP/ESALQ - Piracicaba, SP.

sendo praticamente impossível encontrar-se folhas com excesso de N e P ao mesmo tempo (Smith, 1966).

K e o Ca competem fortemente pelos mesmos sítios de absorção, e o excesso de um leva à redução na absorção do outro, mostrando efeito de inibição competitiva. Altos teores de K também induzem à deficiência de Mg, devido a inibição competitiva entre eles (Embleton et al., 1973; Chapman, 1968; Smith, 1966), porém o inverso não é tão intenso. Weir (1969) observou que o K foi o cátion que inibiu a absorção de Ca e Mg. Confirmando a interação entre os nutrientes, Reese & Koo (1975), em um estudo de adubação, observaram que os aumentos nos teores de K estavam associados com níveis altos de P e de K, mas menores de Ca e de Mg.

Essas interações entre os nutrientes passam a ser muito importantes no sistema de produção de mudas em vasos e em ambiente protegido, uma vez que o objetivo é a obtenção de mudas saudáveis e vigorosas no menor tempo possível. Isso é conseguido através de fertilizações intensas, que buscam o desenvolvimento mais rápido das plantas. Porém, a literatura no Brasil discutindo produção, a adubação e a nutrição de mudas nesse sistema é ainda escassa.

Existem trabalhos que discutiram estas relações em plantas adultas de citros. Trabalhando com laranja 'Baianinha' (*C. sinensis*), Gallo et al. (1960) observaram que, elevando-se a adubação potássica, houve elevação das concentrações foliares de N e de K. O P não foi alterado, porém o Ca e o Mg foram reduzidos, havendo pronunciada inibição competitiva entre o K e o Mg em condições de campo. Gallo et al. (1966) observaram um efeito quadrático do N sobre a produção e o teor foliar do nutriente.

Nagai et al. (1975), no Brasil, estudaram as relações entre os nutrientes determinados em folhas de café, citros e milho, em quatro tipos de solo, confirmando a inibição competitiva entre o K e o Ca e entre o K e o Mg. Ca e K mostraram inibição competitiva em folhas de café e sinergismo em folhas de citros. O N e o P tiveram efeito sinérgico em café e inibitório em citros. O P correlacionou-se positivamente com o K nas três culturas.

As funções que os nutrientes exercem no metabolismo vegetal determinam sua mobilidade ou sua redistribuição dentro da planta após haverem sido absorvidos e incorporados. Os macronutrientes N, P e K tem alta mobilidade e redistribuem-se facilmente dentro da planta. Portanto, é de se esperar que eles estejam disponíveis nos pontos de crescimento, uma vez que mesmo havendo deficiência no suprimento eles poderão ser mobilizados dos órgãos mais velhos e redistribuídos para os mais novos. Daí a importância de conhecer-se em quais órgãos da planta estes nutrientes estão localizados em maiores quantidades. Segundo Legaz et al. (1995), no caso de N, as maiores quantidades do nutriente foram encontradas nas folhas (33-42%) e nas raízes (30-38%). As folhas velhas são os principais órgãos de reserva, contribuindo com 40 a 50% das reservas totais de N

exportado. As raízes e caule exportaram entre 30-35% e 15-25% das reservas totais de N, respectivamente.

Apesar da tendência crescente na produção de mudas envasadas em ambiente protegido, de acordo com as sugestões 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 nestas condições.

O objetivo desse trabalho foi avaliar os efeitos da adubação NPK sobre os teores de macronutrientes e determinar a acumulação de NPK pelo porta-enxerto limoeiro 'Cravo' e das mudas de laranja 'Valência'/ 'Cravo'.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em viveiro demonstrativo do sistema de produção de mudas certificadas de citros, no Centro de Citricultura "Sylvio Moreira", do Instituto Agrônomo - IAC, em Cordeirópolis-SP, no período de outubro de 1997 a julho de 1998. Os detalhes do viveiro são apresentados por Carvalho & Laranja (1994). Utilizou-se o substrato comercial Rendimax, composto de casca de Pinus, vermiculita e perlita da Empresa Eucatex Ltda, que apresentou as seguintes características químicas: P (resina) 48,1 mg dm⁻³; M.O. 731,7 g dm⁻³; pH (CaCl₂) 5,2; K 2,8; Ca 18,8; Mg 19,5; H+Al 27,2; S 41,1; T 68,3 mmol_c dm⁻³; V 60,2%; Cu 0,4; Fe 13,6; Mn 17,1 e Zn 1,4 mg dm⁻³ (DTPA).

Utilizou-se um esquema fatorial fracionário (1/5) 5³ com 5 blocos ao acaso (com um total de 25 tratamentos) conforme Conagin & Jorge (1982). O P, na forma de superfosfato triplo (78,6 g kg⁻¹ P), foi aplicado totalmente no plantio e homogeneizado com o substrato, fornecendo-se as seguintes doses (g por planta): 0,19; 0,89; 1,59; 2,29; 2,99. O N e o K foram parcelados durante 40 semanas, em soluções de NH₄NO₃ (330 g kg⁻¹ de N) e KCl (497,9 g kg⁻¹ de K), respectivamente. As mudas receberam: 1,25; 6,25; 11,25; 16,25 e 21,25 g por planta de N e 0,41; 3,75; 6,22; 9,34 e 12,45 g por planta de K. Os níveis mais baixos de P e K correspondem aos níveis presentes no substrato. Os porta-enxertos receberam 35,7% das doses de N (0,47; 2,34; 4,22, 6,09 e 7,97 g por planta) e de K (1,41; 2,33; 3,50 e 4,67g por planta) o restante foi fornecido após a enxertia. Foi realizada uma aplicação de CaCO₃ e de CaSO₄ nas doses de 0,34 e 0,9 g dm⁻³ de substrato, respectivamente. Os micronutrientes foram fornecidos através de pulverizações mensais nas seguintes dosagens (mg L⁻¹): B, 0,2; Mn, 0,5 e Zn, 0,6.

A instalação e a condução das plantas basearam-se nas recomendações de Carvalho (1998). Os porta-enxertos de limoeiro 'Cravo' (*Citrus limonia* Osbeck) foram semeados em tubetes de 50 cm³ e transplantados aos 4 meses para vasos com capacidade para 3,8L, quando iniciaram os tratamentos. Após 4 meses de cultivo,

realizou-se a enxertia em "T" invertido com borbulhas de laranja 'Valência' (*Citrus sinnensis* L. Osbeck), e o amarrão foi realizado com fitilho plástico. Aos 20 dias após a enxertia foi realizado o forçamento da brotação da borbulha através da decapitação do porta-enxerto acima da enxertia, por ocasião da retirada do fitilho. As mudas foram conduzidas até o ponto de muda de haste única, 6 meses após a enxertia.

As folhas novas (não expandidas) e velhas (totalmente expandidas), raízes, e caule do limoeiro 'Cravo' e das mudas de laranja 'Valência'/'Cravo' foram amostradas. Determinaram-se os teores totais (g kg⁻¹) de N, P, K, Ca, Mg e S segundo a metodologia de Sarruge & Haag (1974). Calculou-se a acumulação de N, P e K.

A análise de variância foi realizada para todos os parâmetros avaliados, em função das doses dos nutrientes. Foram ajustadas funções de resposta do tipo $Y = \gamma_0 + \gamma_1N + \gamma_2N^2 + \gamma_3P + \gamma_4P^2 + \gamma_5K + \gamma_6K^2 + \gamma_7NP + \gamma_8NK + \gamma_9PK$, onde Y é a variável dependente, γ os coeficientes da regressão e N, P e K as doses utilizadas dos nutrientes. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa estatístico SAS (SAS Institute, 1996). Quando as respostas foram significativas apenas para 1 ou 2 nutrientes, as funções foram simplificadas (TABELAS 1, 2 e 3), considerando-se os níveis menores dos demais nutrientes, seguindo os procedimentos de Cantarella et al. (1992). Determinaram-se as doses dos nutrientes que proporcionaram as maiores produções

através do cálculo $dx/dy=0$. Estudaram-se as correlações (r) entre os parâmetros avaliados

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No cultivo do porta-enxerto limoeiro 'Cravo', a adubação nitrogenada aumentou os teores de N nos tecidos dentro dos limites testados (de 0,47 a 7,99 g por planta de N). Nas mudas de laranja 'Valência'/'Cravo', houve efeito quadrático das doses de N sobre os teores do nutriente nas folhas novas, sendo que os teores máximos de 54,35 g kg⁻¹ foram obtidos na dose de 15,6 g por planta (equação da TABELA 2). Gallo et al. (1966) observaram efeito semelhante nas folhas da laranja 'Baianinha'. Nas raízes, dentro dos limites testados (1,25 a 21,25 g) os aumentos foram lineares. Resultados semelhantes foram encontrados por Smith et al. (1954). Houve interação entre a adubação com N e K sobre os teores de N nas folhas velhas e caule. O fornecimento de N aumentou linearmente os teores no nutrientes nesses tecidos, porém o K atuou negativamente, e os efeitos foram mais intensos nos teores mais altos de N (21,25 g por planta), quando o aumento das doses de K de 0,42 para 12,45 g fez com que os teores de N reduzissem-se de 76,35 para 56,43 g kg⁻¹. A equação da TABELA 1 mostra que no caule o efeito foi o mesmo, até o nível de 6,91 g por planta, quando, então, os teores de N voltaram a aumentar.

TABELA 1 - Função de resposta ajustada para os termos significativos obtidos para o limoeiro 'Cravo'. As condições indicam os níveis dos nutrientes não significativos para os quais as equações foram ajustadas.

Variável	Equação	Condição g por planta	R ²
N _{FN}	$Y = -0,094N^2 + 4,273N + 19,202$	P=0,19 e K=0,42	0,802
P _{FN}	$Y = -0,21P^2 + 1,163P + 1,814$	N=0,47 e K=0,42	0,298
K _{FN}	$Y = -0,438K^2 + 4,732K + 12,178$	N=0,47 e P=0,19	0,784
Ca _{FN}	$Y = -0,199N^2 + 1,853N + 0,165K^2 - 2,72K - 0,094NK + 13,471$	P=0,19	0,655
Mg _{FN}	$Y = -0,038N^2 + 0,55N + 0,061K^2 - 0,676K - 0,08NK + 3,374$	P=0,19	0,634
N _{FV}	$Y = -0,315N^2 + 6,932N + 20,387$	P=0,19 e K=0,42	0,908
P _{FV}	$Y = -0,0045P^2 + 20,43P + 1,816$	N=0,47 e K=0,42	0,579
K _{FV}	$Y = -0,056N^2 - 2,672N - 0,67K^2 + 6,95K - 0,038NK + 16,361$	P=0,19 e K=0,42	0,892
Ca _{FV}	$Y = -0,191N^2 + 1,97N + 15,656$	P=0,19 e K=0,42	0,549
Mg _{FV}	$Y = -0,062N^2 + 0,86N + 0,065K^2 - 0,845K - 0,02NK + 4,174$	P=0,19	0,796
S _{FV}	$Y = -0,023N^2 + 0,248N + 3,37$	P=0,19 e K=0,42	0,326
N _R	$Y = -0,173N^2 + 5,184N + 8,096$	P=0,19 e K=0,42	0,861
P _R	$Y = -0,021N^2 + 0,225N - 0,323P^2 + 1,785P - 0,038NP + 0,763$	K=0,42	0,841
Ca _R	$Y = 0,023N^2 - 0,279N + 3,921$	P=0,19 e K=0,42	0,468
Mg _R	$Y = -0,076N^2 + 0,592N + 3,159$	P=0,19 e K=0,42	0,352
S _R	$Y = -0,032N^2 + 0,246N - 0,238P^2 + 0,628P - 0,062NP + 1,01$	K=0,42	0,57
N _C	$Y = 0,053N^2 + 1,661N + 7,496$	P=0,19 e K=0,42	0,803
P _C	$Y = -0,021N^2 + 0,232N - 0,333P^2 + 1,342P - 0,029NP + 3,16$	K=0,42	0,779
K _C	$Y = 0,019N^2 - 0,883N - 0,167K^2 - 2,23K - 0,062NK - 0,0485$	P=0,19	0,943
Ca _C	$Y = -0,061N^2 + 0,485N - 0,352P^2 + 1,721P - 0,029NP + 3,16$	K=0,42	0,589
Mg _C	$Y = -0,038N^2 + 0,253N - 0,124P^2 - 0,046P - 0,001NP + 0,987$	K=0,42	0,693

FN = folhas novas; FV = folhas velhas; R = raízes; C = caule.

TABELA 2 - Função de resposta ajustada para os termos significativos obtidos para a laranja 'Valência'/Cravo'. As condições indicam os níveis dos nutrientes não significativos para os quais as equações foram ajustadas.

Variável	Equação	Condição g por planta	R ²
N _{FN}	$Y = -0,134N^2 + 4,182N + 21,726$	P=0,19 e K=0,42	0,918
P _{FN}	$Y = -0,008N^2 + 0,169N - 0,193P^2 + 1,053P - 0,017NP + 1,551$	K=0,42	0,454
K _{FN}	$Y = 1,154P^2 - 3,052P - 0,141K^2 + 3,868K + 0,052NK + 2,312$	P=0,19	0,935
Ca _{FN}	$Y = 0,004N^2 + 0,351N + 0,019K^2 - 0,927K + 0,03NK + 10,977$	P=0,19	0,776
Mg _{FN}	$Y = -0,009N^2 + 0,082N - 0,006K^2 - 0,117K + 0,007NK + 3,51$	P=0,19	0,703
S _{FN}	$Y = -0,005N^2 + 0,112N + 1,786$	P=0,19 e K=0,42	0,166
N _{FV}	$Y = 0,03N^2 + 1,887N + 0,071K^2 - 1,082K - 0,07NK + 23,769$	P=0,19	0,882
P _{FV}	$Y = 0,007K^2 - 0,101K + 1,315$	N=0,47 e P=0,19	0,645
K _{FV}	$Y = 0,046N^2 - 1,723N - 0,095K^2 + 4,46K - 0,042NK + 20,109$	P=0,19	0,828
Ca _{FV}	$Y = -0,094N^2 + 0,67N + 0,008K^2 - 1,156K + 0,029NK + 16,871$	P=0,19	0,813
Mg _{FV}	$Y = -0,01N^2 + 0,22N - 0,013K^2 - 0,381K + 0,002NK + 3,141$	P=0,19	0,67
N _R	$Y = -0,062N^2 + 2,91N + 5,693$	P=0,19 e K=0,42	0,803
P _R	$Y = -0,002N^2 + 0,079N - 0,016P^2 + 1,191P - 0,024NP + 0,439$	K=0,42	0,706
K _R	$Y = 0,03N^2 - 0,961N - 0,073K^2 + 1,621K - 0,029NK + 7,745$	P=0,19	0,868
Ca _R	$Y = 0,006N^2 - 0,25N - 0,012P^2 + 0,595P - 0,018NP + 4,406$	P=0,19	0,518
Mg _R	$Y = -0,0014N^2 - 0,094N + 0,01K^2 - 0,336K + 0,009NK + 3,611$	P=0,19	0,654
N _C	$Y = -0,009N^2 + 1,335N + 0,103K^2 - 1,349K - 0,001NK + 9,454$	P=0,19	0,803
P _C	$Y = -0,002N^2 + 0,124N - 0,254P^2 + 1,169P - 0,0007NP + 0,246$	K=0,42	0,706
K _C	$Y = -0,019N^2 + 0,07N - 0,048K^2 + 1,45K - 0,024NK + 5,107$	P=0,19	0,868
Ca _C	$Y = -0,012N^2 + 0,133N + 5,241$	P=0,19 e K=0,42	0,518
Mg _C	$Y = -0,003N^2 + 0,03N + 0,02K^2 - 0,071K + 0,003NK + 0,176$	P=0,19	0,654
S _C	$Y = 0,001N^2 - 0,003N + 0,474$	P=0,19 e K=0,42	0,704

FN = folhas novas; FV = folhas velhas; R = raízes; C = caule.

O papel das folhas velhas como órgãos de reserva foi proposto por vários autores (Wallace et al., 1954; Kato, 1986; Legaz et al., 1995) que observaram reduções na concentração do N total desses órgãos nas fases de vegetação subseqüentes. Os resultados destes autores sugerem que o armazenamento do N é importante para as novas vegetações. Feigenbaum et al. (1987) sugerem que o N acumulado poderia ser mobilizado tanto das reservas das partes lenhosas das plantas como das folhas novas e velhas.

Neste estudo observou-se que os teores de N nas folhas velhas tanto do porta-enxerto como das mudas, foram maiores que nos demais tecidos analisados, confirmando o papel destas como reservatório desse nutriente.

Nas folhas novas e velhas do porta-enxerto, os teores de P aumentaram de 2,20 g kg⁻¹ na dose mínima do nutriente (0,19 g por planta de P) até 4,42 e 3,42 g kg⁻¹ nas doses de 2,3 e 2,77 g de P, nas doses mais altas os teores foram reduzidos. Nas raízes e no caule houve interação da adubação com N e P, sobre os teores de P. Pode-se observar o efeito quadrático dos nutrientes, sendo que os maiores teores (3,39 e 2,97 g kg⁻¹) foram obtidos nas doses de 2,86 e 4,25g de N e 2,78 e 1,87g de P, respectivamente. Aumentos nas doses de ambos nutrientes resultaram em diminuição dos teores de P nos tecidos (TABELA 1).

Pelas equações apresentadas na TABELA 2 pode-se observar que nas mudas, os teores de P nas

folhas velhas foram influenciados pela adubação potássica, que reduziu os teores de 1,27 para 0,95 g kg⁻¹, da menor dose para a dose de 7,61g por planta de K. Doses maiores voltaram a elevar os teores do nutriente. Por outro lado, Gallo et al. (1960) não haviam observado efeito da adubação potássica sobre os teores de P nas folhas de laranja 'Baianinha'. Houve interação entre o N e P fornecidos sobre os teores do nutriente nas folhas novas, raízes e caule. Nas folhas pode-se observar que o teor foi máximo (3,55 g kg⁻¹) nas doses de 8,01 g de N e 2,38 g de P. Nas raízes os aumentos dos teores relacionaram-se diretamente com as doses de P, já as relações com N foram positivas nos níveis mais baixos de P e negativas nos níveis máximos. O teor máximo de 3,86 g kg⁻¹ foi obtido na dose mínima de N e máxima de P (0,47 e 2,99 g por planta, respectivamente). Já no caule os teores foram diretamente relacionados aos teores de N, e aumentaram até 2,24 g de P, quando obteve-se 3,27 g kg⁻¹.

De acordo com Smith (1966), o efeito contrário do N é muito forte sobre o P, porém o inverso não é tão evidente. Os resultados obtidos para os porta-enxertos e para as mudas confirmam que o adubo fosfatado não interferiu nos teores de N, porém o adubo nitrogenado nos níveis mais altos reduziu os teores de P. Nagai et al. (1975); Reese & Koo (1975) e Koo & Reese (1977) também observaram o efeito inibitório do N sobre o P apenas nas folhas de citros e Smith et al. (1954) nas folhas e raízes.

Dentro dos limites testados da adubação potássica na produção dos porta-enxertos, os teores de K nas folhas novas foram lineares e aumentaram de 14,09 a 24,72 g kg⁻¹ da menor para a maior dose (0,42 para 4,67 g por planta). Houve interação entre N e K sobre os teores de K nas folhas velhas e colmo. O N do fertilizante decresceu os teores de K, já o K do fertilizante aumentou linearmente os teores do nutriente. O maior teor (33,05 g kg⁻¹) foi obtido na menor dose de N (0,47 g por planta) e na maior dose de K (4,67g por planta). No caule os teores de K, cresceram até 1,81 g por planta de K e então voltaram a decrescer, e o adubo nitrogenado teve também um papel negativo sobre os teores (TABELA 1). Os teores de K nas raízes não relacionaram-se com os tratamentos.

Nas mudas, a relação entre a adubação potássica e os teores de K nas folhas novas foram diretas, e aumentaram até 28,2 g kg⁻¹ com o fornecimento de 12,45 g por planta de K. Houve interação entre a fertilização com N e K nos teores de K das folhas velhas, raízes e colmo. Nas folhas velhas, a relação foi inversa, sendo que o N influenciou negativamente e o K positivamente, por isso o teor máximo de 58,17 g kg⁻¹ foi obtido com 1,25 e 12,45 g por planta de N e de K, respectivamente. Nas raízes e caule, o N também reduziu os teores de K. Porém, os maiores teores (14,39 e 15,40 g kg⁻¹) foram obtidos nas doses mínimas de N (1,25 g) e de 7,23 e 12,45 g por planta de K, para as raízes e caule, respectivamente (TABELA 2). Reese & Koo (1975) e Reitz & Koo (1960) também demonstraram estas relações entre N e K nas folhas de citros e Smith et al. (1954) além das folhas, nas raízes.

Nas folhas velhas do limoeiro 'Cravo', da dose mais baixa de N (0,47 g por planta) para a dose de 5,16 g por planta, os teores de Ca aumentaram de 16,54 para 20,74 g kg⁻¹, depois voltaram a decrescer. O mesmo ocorreu nas folhas novas, porém houve interação negativa com o K. O teor mais alto, 15,67 g kg⁻¹ foi obtido com 2,55 g por planta de N e 0,42 g por planta de K e os acréscimos nas doses de K reduziram os teores de Ca. O efeito observado nas raízes foi inverso ao das folhas, sendo observada uma redução nos teores de Ca de 3,79 para 3,07 g kg⁻¹ da dose mínima para a doses de 6,07 g por planta de N. As equações que representam estas relações estão na TABELA 1.

Para os teores de Ca das folhas novas e velhas das mudas de laranja 'Valência'/'Cravo' houve interação entre N e K. Os maiores teores de Ca (10,71 g kg⁻¹) nas folhas novas foram obtidos com 1,25 e 0,42 g por planta de N e de K. No entanto o N apresentou um papel diferenciado tendo sido depressivo nas menores doses de K. Já nas maiores doses de K foi benéfico até 6,99 g por planta, quando passou a ter efeito depressivo. Nas folhas velhas o adubo potássico sempre atuou negativamente, e o adubo nitrogenado foi benéfico até 12,77 g por planta, quando obteve-se o teor de Ca (17,11 g kg⁻¹). Nas raízes observou-se interação entre N e de P, sendo que o P foi benéfico e o N não. Estes resultados

confirmam os de Smith (1975), segundo os quais o K não interferiu nos teores de Ca das raízes. Nas doses de 1,25 e 2,99 g por planta de N e P, obteve-se o teor de 5,71 g kg⁻¹. Nos teores de Ca do caule o N teve papel benéfico até 5,54 g por planta (TABELA 2)

Koo & Reese (1977) observaram que a adubação nitrogenada reduziu os teores de Ca, efeito que ocorreu nesse estudo apenas nas doses mais elevadas de fertilizante nitrogenado. A inibição competitiva existente entre K e Ca já havia sido relatada em vários estudos (Gallo et al., 1960; Smith, 1966; Chapman, 1968; Weir, 1969; Nagai et al., 1975; Smith, 1975; Koo & Reese, 1977; Embleton et al., 1978).

Na adubação dos porta-enxertos, houve interação entre o fornecimento de N e de K sobre os teores de Mg nas folhas novas e folhas velhas. O K reduziu os teores, enquanto o N teve efeito positivo até as doses de 4,8 e 5,74 g por planta de N. Os teores máximos (4,81 e 6,68 g kg⁻¹) foram obtidos na dose mínima de K (0,42 g por planta). Para os teores de Mg do caule, houve interação entre N e P, tendo estes nutrientes apresentado efeito positivo e quadrático sobre os teores. Nas doses de 3,3 e 1,87 g por planta de N e de P, obteve-se o maior teor (de 1,87 g kg⁻¹). O adubo nitrogenado teve efeito positivo quadrático sobre os teores de Mg nas raízes, e o na dose de 3,9 g por planta de N alcançou-se o teor de 4,31 g kg⁻¹ (TABELA 1).

Na adubação das mudas, também houve interação entre N e K sobre os teores de K nas folhas novas e velhas. O adubo potássico atuou negativamente, enquanto que o N positivamente até as doses de 9,13 e 12,4 g por planta, enquanto que nas doses mais baixas de K (0,42 g por planta) obteve-se os teores de 4,99 e 4,18 g kg⁻¹. Dentro dos limites testados da adubação das mudas, as relações dos teores de Mg nas raízes foram inversos às doses de K, como nos resultados de Smith et al. (1954). Já os teores do nutriente no caule relacionaram-se diretamente com as doses de K (TABELA 2).

O efeito positivo do N sobre os teores de Mg já haviam sido demonstrados por Smith (1966); Reese & Koo (1975) e Koo & Reese (1977). As referências na literatura sobre os efeitos depressivos da adubação potássica sobre os teores Mg são freqüentes no Brasil (Gallo et al., 1960; Nagai et al., 1975) e nos EUA (Smith, 1966; Chapman, 1968; e Embleton et al., 1978).

As equações da TABELA 1 mostram que os teores de S nas folhas velhas e raízes do limoeiro 'Cravo' aumentaram de 3,48 para 4,04 e de 1,24 para 1,73 g kg⁻¹ das doses mínimas de N (0,47 g por planta) para as doses de 5,39 e 4,05 g por planta. Nas folhas novas e caule os teores não variaram significativamente com os tratamentos (TABELA 1). Nas folhas novas e caule das mudas de laranja 'Valência'/'Cravo', os teores aumentaram até 2,41 e 0,86 g kg⁻¹ nas doses de 11,2 e 21,25 g por planta de N (TABELA 2). Não houve efeito significativo dos tratamentos sobre os teores de S nas folhas velhas e raízes (TABELA 2). De acordo com Embleton et al. (1978), aumentos nos

teores de N tendem a reduzir os teores de S na planta podendo favorecer o efeito negativo da relação entre eles, pois uma relação alta reduz o S, e este pode atingir conteúdos que aproximam-se aos da deficiência.

Acumulação de nutrientes

Na TABELA 3 estão as equações obtidas para as relações entre adubação NPK e o acumulação e desses nutrientes.

A acumulação de N pelas raízes do limoeiro 'Cravo' foi crescente até 7,5 g por planta de N, quando foi extraído 0,32 g do nutriente. Na acumulação de N pela parte aérea e total houve interações entre a adubação com N e de K. As extrações máximas de 0,78 e 1,17 g de N evidenciaram o papel positivo do N e o efeito negativo do K. Estas extrações foram obtidas com as doses de 7,95 e 7,65 g por planta de N, e 0,42 e 1,78 g por planta de K, respectivamente.

A importância das reservas de N acumulados nas folhas velhas raízes e caules, de acordo com Legaz et al. (1995), são observadas nas novas vegetações, uma vez que os autores detectaram em seus estudos que mais de 70% do N acumulado nos órgãos novos durante a fase de vegetação originaram-se das reservas em órgãos mais velhos.

Houve interação entre os fertilizantes nitrogenado e fosfatado sobre a acumulação de P pela parte aérea, raízes e total do porta-enxerto. Os valores máximos de 0,069; 0,036 e 0,12 g de P foram obtidos com as doses de 4,54; 0,47 e 3,75 g por planta de N e 2,06; 1,77 e 2,16 g por planta de P.

A interação negativa do fertilizante nitrogenado sobre o K na planta refletiu também na acumulação do nutriente pelo limoeiro 'Cravo'. As maiores extrações de K pela parte aérea, raízes e total (0,58; 0,25 e 0,82 g por

planta, respectivamente) foram obtidas nas menores doses de N (0,47 g por planta) e maiores de K (4,67 g por planta).

Estas avaliações têm um interesse especial com relação ao porta-enxerto, uma vez que o sistema utilizado para o forçamento da brotação da borbulha foi a decapeção da parte aérea. Pelos resultados apresentados, nas extrações máximas de nutrientes, observou-se que 33,3% do N, 30% do P e 30% do K estava nas raízes, e o restante foi extraído pela parte aérea.

Nas mudas de laranja 'Valência'/'Cravo', a acumulação total de N cresceu até 1,34 g de N, obtido com 12,5 g por planta de N. Na acumulação total de P houve interação entre N e P, e a quantidade máxima de P absorvida (0,108 g por planta de P) foi alcançada com 2,67 e 2,99 g por planta de N e de P, respectivamente. Na acumulação de K houve interação entre N e K. O efeito foi negativo para o fornecimento de N e positivo para o de K e, a quantidade máxima de K absorvido (1,89 g por planta), foi obtida com 1,25 e 12,45 g por planta de N e de K, respectivamente.

CONCLUSÕES

- Os teores de N relacionam-se diretamente e os de P e K inversamente com a adubação nitrogenada.
- Os teores de Ca, Mg e S relacionam-se positivamente até os níveis intermediários das doses de N utilizadas.
- Há efeito inibitório das doses de K utilizadas na adubação sobre a absorção de Ca e Mg.
- A acumulação de NPK pelos porta enxertos é em torno de 30% pelas raízes e 70% pela parte aérea.

AGRADECIMENTOS

À FAPESP pelo financiamento da pesquisa.

TABELA 3 - Função de resposta ajustada para os termos significativos obtidos para a acumulação e uso eficiente de nutrientes pelo limoeiro 'Cravo' e laranja 'Valência'/'Cravo'. As condições indicam os níveis dos nutrientes não significativos para os quais as equações foram ajustadas.

Variável	Equação	Condição	R ²
g por planta			
Limoeiro 'Cravo'			
N _{PA}	Y=-0,008N ² +0,127N-0,015K ² +0,07K-0,001NK+0,282	P=0,19	0,777
N _R	Y=-0,004N ² +0,06N+0,094	P=0,19 e K=0,42	0,687
N _T	Y=-0,012N ² +0,189N-0,02K ² +0,094K-0,003NK+0,364	P=0,19	0,823
P _{PA}	Y=-0,0009N ² +0,009N-0,01P ² +0,041P+0,0004NP+0,006	K=4,67	0,705
P _R	Y=-0,00004N ² -0,005N-0,004P ² +0,022P-0,001NP+0,01	K=4,67	0,798
P _T	Y=-0,001N ² +0,009N-0,014P ² +0,063P-0,0007NP+0,038	K=4,67	0,801
K _{PA}	Y=-0,002N ² -0,017N-0,016K ² +0,149K-0,002NK+0,241	P=0,19	0,866
K _R	Y=0,001N ² -0,031N-0,008K ² +0,064K-0,001NK+0,139	P=0,19	0,802
K _T	Y=-0,0008N ² -0,048N-0,024K ² +0,213K-0,003NK+0,381	P=0,19	0,889
Laranja 'Valência'/'Cravo'			
N _T	Y=-0,005N ² +0,125N+0,554	P=0,19 e K=0,42	0,57
P _T	Y=-0,0002N ² +0,003N+0,005P ² +0,038P-0,001NP+0,04	K=0,42	0,76
K _T	Y=-0,001N ² +0,002N-0,003K ² +0,09K-0,002NK+0,332	P=0,19	0,851

PA = parte aérea; R = raízes; T = total.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; BATAGLIA, O.C.; RAIJ, B. van. Response of citrus to NPK fertilization in a network of field trials in São Paulo State, Brazil. In: INTERNATIONAL CITRUS CONGRESS, Acireale, 1992. **Proceedings**. Acireale: International Society of Citriculture, 1992. p.607-612.
- CARVALHO, S.A. Estratégias para estabelecimento e manutenção de matrizes, borbulheiras e viveiro de citros em ambiente protegido. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS – TRATOS CULTURAIS, 5., Bebedouro, 1998. **Anais**. Bebedouro: Fundação Cargill, 1998. p.67-101.
- 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, p.213-220, 1994.
- CHAPMAN, H.D. The mineral nutrition of citrus. In: REUTER, V.; BATCHELOR, L.D.; WEBBER, H. (Ed.) **The citrus industry**. Berkeley: University of California, 1968. p.127-289.
- CONAGIN, A.; JORGE, J.P.N. Delineamento (1/5) (5x5x5) em blocos. **Bragantia**, v.41, p.155-168, 1982.
- EMBLETON, T.W.; JONES, W.W.; LABANAUSKAS, C.K.; REUTHER, W. Leaf analysis as a diagnostic tool and guide to fertilization. In: REUTER, V. (Ed.) **The citrus industry**. Berkeley: University of California, 1973. p.183-210.
- EMBLETON, T.W.; JONES, W.W.; PALLARES, C.; PLATT, R.G. Effects of fertilization of citrus on fruit quality and ground water nitrate-pollution potencial. In: INTERNATIONAL CITRUS CONGRESS, Sidney, 1978. **Proceedings**. Sidney: International Society of Citriculture, 1978. p.280-285.
- FEIGENBAUM, S.H.; BIELORAI, H.; ERNER, Y.; DASBERG, S. The fate of ¹⁵N labelled nitrogen applied to mature citrus trees. **Plant and Soil**, v.97, p.179-187, 1987.
- GALLO, J.R.; HIROCE, R.; RODRIGUEZ, O.R. Correlação entre composição das folhas e produção e tamanho de frutas de laranja Baianinha. **Bragantia**, v.25, p.77-88, 1966.
- GALLO, J.R.; MOREIRA, S.; RODRIGUEZ, O.; FRAGA JÚNIOR, C.G. Composição inorgânica das folhas de laranja Baianinha, com referência à época de amostragem e adubação química. **Bragantia**, v.19, p.229-246, 1960.
- KATO, T. Nitrogen metabolism and utilization in citrus. **Horticultural Reviews**, v.8, p.181-216, 1986.
- KOO, R.C.J. Potassium nutrition of citrus. In: MUNSON, R.D. (Ed.) **Potassium in agriculture**. Madison: SSSA, 1985. p.1077-1086.
- KOO, R.C.J.; REESE, R.L. Influence of nitrogen, potassium, and irrigation on citrus fruit quality. In: INTERNATIONAL CITRUS CONGRESS, Riverside, 1977. **Proceedings**. Riverside: International Society of Citriculture, 1977. p.34-38.
- LEGAZ, F.; SERNA, M.D.; PRIMO-MILLO, E. Mobilization of the reserve N in citrus. **Plant and Soil**, v.173, p.205-210, 1995.
- NAGAI, V.; IGUE, T.; HIROCE, R. Estudo comparativo das relações entre os nutrientes dosados em folhas de café, citros e milho. **Bragantia**, v.34, p.23-27, 1975.
- 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**, v.100, p.195-198, 1975.
- REITZ, H.J.; KOO, P.C.J. Effect of nitrogen and potassium fertilization on yield, fruit quality, and leaf analysis of 'Valencia' orange. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v.59, p.1-12, 1960.
- SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ, Departamento de Química, 1974. 56p.
- SAS INSTITUTE. **The SAS-system for windows**: release 6.11 (software). Cary: Statistical Analysis System Institute, 1996.
- 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. Calcium requirements of citrus. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.6, p.245-260, 1975.
- SMITH, P.F.; REUTHER, W.; SPECHR, W.; HRNCIAR, G. Effect of differential nitrogen, potassium, and magnesium supply to young Valencia orange trees in sand culture on mineral composition especially of leaves and fibrous roots. **Plant Physiology**, v.40, p.349-355, 1954.
- WALLACE, A.; ZIDAN, Z.I.; MULLER, R.T.; NORTH, C.P. Translocations of nitrogen in citrus. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, v.64, p.87-104, 1954.
- WEIR, C.C. Nutrient element balance in citrus nutrition. **Plant and Soil**, v.30, p.405-414, 1969.

Recebido em 17.03.99