

INSTITUTO AGRONÔMICO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA
TROPICAL E SUBTROPICAL

NITROGÊNIO E COBRE NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE
LARANJEIRA PÊRA SOBRE PORTA-ENXERTOS DE
LIMÃO CRAVO E TANGERINA SUNKI

UIRÁ MANZOLLI RAMOS

Orientador: Dr. Dirceu de Mattos Jr.

Dissertação submetida como requisito
parcial para obtenção do grau de **Mestre** em
Agricultura Tropical e Subtropical
Área de Concentração em Gestão de
Recursos Agroambientais

Campinas, SP
Junho 2008

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Ficha elaborada pela bibliotecária do Núcleo de Informação e Documentação do Instituto Agronômico

R175n Ramos, Uirá Manzolli
Nitrogênio e cobre na produção de mudas de laranjeira pêra sobre porta-
enxertos de limão cravo e tangerina sunki./ Uirá Manzolli Ramos.
Campinas, 2008.
60 fls

Orientador: Dirceu de Mattos Júnior
Dissertação (Mestrado) – Concentração em Gestão de Recursos
Agroambientais – Instituto Agronômico

1. Nitrogênio 2. Mudas de laranjeira pêra 3. Porta-enxertos 4. Limão
cravo 5. Tangerina sunki . I. Mattos Júnior, Dirceu de II. Título

CDD 546.17



SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA
DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO AGRONÔMICO
Pós-Graduação

Av. Barão de Itapura 1481 Caixa Postal 28
13001-970 Campinas, SP - Brasil

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

(019) 3231-5422 www.iac.br
pgiac@iac.sp.gov.br



**PÓS-GRADUAÇÃO
AGRICULTURA TROPICAL E SUBTROPICAL**

**TÍTULO: Nitrogênio e cobre na produção de mudas de laranjeira pêra sobre porta-
enxertos de limão cravo e tangerina sunki**

Aluno(a): **Uirá Manzolli Ramos**
Processo SAA nº. **12126/06**

Orientador(a): **Dirceu de Mattos Júnior**

Aprovado pela Banca Examinadora:



Dr.(a) Dirceu de Mattos Júnior - IAC



Dr.(a) Antonio Enedi Boaretto - CENA/USP



Dr.(a) Sérgio Alves de Carvalho - IAC

Campinas, 26 de junho de 2008

Visto:


Ana Maria M.A. Lagôa
Coordenadora
Pós-Graduação Instituto Agrônomo

Aos meus pais Cecília e Dario,
que sempre me apoiaram em minha luta,
com muito amor e confiança depositada,
não medindo esforços para isso,

DEDICO

A Fabiana, cujo apoio, amor
e companheirismo
foram indispensáveis,
OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

- Primeiramente agradeço a Deus, por me proporcionar a vida e os ótimos momentos passados durante o curso e por me acolher nos momentos difíceis;
- Ao extraordinário Orientador, Pesquisador, Professor e Amigo Dr. Dirceu de Mattos Jr, pelo seu empenho em me orientar, boa vontade e pelos conselhos de vida;
- Ao Eng. Agr. Christiano César Dibbern Graf, em nome da Citrograf Mudas, pelo apoio ao desenvolvimento do experimento no viveiro;
- Aos Eng. Agr. Marcelo Zanetti e Rafael Augusto Fadel Bordignon pela competência colaboração que foram essenciais para a condução do experimento bem como para a concretização do projeto;
- Aos pesquisadores José Antônio Quaggio, Pedro Roberto Furlani e Sérgio Alves de Carvalho pela colaboração direta neste trabalho;
- Aos funcionários da Citrograf Mudas;
- Aos funcionários da PG-IAC, pelo auxílio e amizade no decorrer do curso;
- Aos colegas da pós-graduação;
- Aos meus pais Cecília e Dario por sempre acreditarem na minha capacidade;
- A Fabiana pelo incentivo e conselhos imprescindíveis;
- Ao meu tio Luiz e todos meus familiares pelo apoio;
- Aos meus amigos que mesmo a distância sempre estiveram presentes aconselhando, acalmando e me incentivando;
- A todos que colaboraram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

ÍNDICE DE TABELAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ANEXOS.....	ix
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	2
3 MATERIAL E METODOS.....	7
3.1 Delineamento Experimental.....	7
3.2 Formação de Mudas.....	8
3.3 Manejo da Adubação.....	9
3.4 Avaliações.....	11
3.4.1 Variáveis biométricas.....	11
3.4.2 Pegamento de borbulhas.....	11
3.4.3 Amostragem e análise química de tecido vegetal.....	11
3.4.4 Amostragem e análise química de substrato.....	12
3.4.5 Análises estatísticas.....	12
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	13
4.1 Porta-Enxertos: Crescimento.....	13
4.2 Porta-Enxertos: Estado Nutricional e Acúmulo de Nutrientes.....	16
4.3 Pegamento de Borbulhas.....	24
4.4 Mudas da Laranjeira Pêra sobre Diferentes Porta-Enxertos: Crescimento.....	25
4.5 Mudas da Laranjeira Pêra sobre Diferentes Porta-Enxertos: Estado Nutricional e Acúmulo de Nutrientes.....	29
4.6 Concentração de Micronutrientes no Substrato de Produção das Mudas.....	37
5 CONCLUSÕES.....	38
6 REFERÊNCIAS.....	40
7 ANEXOS.....	46
7.1 Anexo 1.....	46
7.2 Anexo 2.....	47
7.3 Anexo 3.....	48
7.4 Anexo 3.....	49

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 -	Composição das soluções nutritivas aplicadas via fertirrigação....	8
Tabela 2 -	Crescimento de porta-enxertos, aos 81 dias de idade após o transplântio, fertirrigados com diferentes doses de nitrogênio e cobre.....	15
Tabela 3 -	Concentração de macro e micronutrientes em folhas de porta-enxertos, aos 81 dias de idade após o transplântio, fertirrigados com diferentes doses de nitrogênio e cobre.....	19
Tabela 4 -	Concentração de macro e micronutrientes nas raízes de porta-enxertos aos 81 dias de idade após o transplântio, na porção superior da sacola da muda, fertirrigados com diferentes doses de nitrogênio e cobre.....	20
Tabela 5 -	Concentração de macro e micronutrientes nas raízes de porta-enxertos aos 81 dias de idade após o transplântio, na porção inferior da sacola da muda, fertirrigados com diferentes doses de nitrogênio e cobre.....	21
Tabela 6 -	Acúmulo de N e Cu por dois porta-enxertos, aos 81 dias de idade após o transplântio, fertirrigados com diferentes doses de nitrogênio e cobre.....	23
Tabela 7 -	Crescimento de mudas de laranjeira Pêra sobre dois porta-enxertos, aos 254 dias de idade após o transplântio, fertirrigadas com diferentes doses de nitrogênio e cobre.....	27
Tabela 8 -	Concentração de macro e micronutrientes em folhas de mudas de laranjeira Pêra sobre dois porta-enxertos, aos 254 dias de idade após o transplântio, fertirrigadas com diferentes doses de nitrogênio e cobre.....	30
Tabela 9 -	Concentração de macro e micronutrientes nas raízes de mudas de laranjeira Pêra sobre dois porta-enxertos aos 254 dias de idade após o transplântio, na porção superior da sacola da muda, fertirrigadas com diferentes doses de nitrogênio e cobre.....	33
Tabela 10 -	Concentração de macro e micronutrientes nas raízes de mudas de laranjeira Pêra sobre dois porta-enxertos aos 254 dias de idade após o transplântio, na porção inferior da sacola da muda, fertirrigadas com diferentes doses de nitrogênio e cobre.....	34

Tabela 11 - Acúmulo de N e Cu por mudas de laranjeira Pêra sobre dois porta-enxertos, aos 254 dias de idade após o transplante, fertirrigados com diferentes doses de nitrogênio e cobre.....	36
---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 -	Pegamento de borbulhas de laranjeira Pêra sobre porta-enxertos de Cravo e Sunki fertirrigados com diferentes doses de Cu, avaliado 92 dias após a enxertia no viveiro.....	25
Figura 2 -	Produção de massa seca total de mudas de laranjeira Pêra sobre porta-enxertos de Cravo e Sunki fertirrigadas com diferentes doses de N e Cu, avaliada 254 dias após o transplatio no viveiro.....	29
Figura 3 -	Acúmulo de Mn nas folhas e raízes de mudas de laranjeira Pêra sobre porta-enxertos de Cravo e Sunki fertirrigadas com diferentes doses de Cu, avaliado 254 dias após o transplatio no viveiro.....	37
Figura 4 -	Teores de Cu no substrato em duas camadas da sacola de produção, aos 254 dias após o transplatio de mudas de citros fertirrigadas com diferentes doses de nitrogênio e cobre.....	38

ANEXOS

Anexo 1 -	Concentração de macro e micronutrientes no tecido vegetal de porta-enxertos com quatro meses de idade, no momento do transplântio para sacolas de formação de mudas.....	46
Anexo 2 -	Características físicas do substrato para produção de mudas cítricas utilizado no experimento.....	47
Anexo 3 -	Características químicas do substrato para produção de mudas cítricas utilizado no experimento avaliadas por dois procedimentos laboratoriais.....	48
Anexo 4 -	Resumo da análise de variância do experimento.....	49

RAMOS, Uirá Manzolli. **Nitrogênio e cobre na produção de mudas de laranjeira Pêra sobre porta-enxertos de limão Cravo e tangerina Sunki**. 2008. 48 f. Dissertação (Mestrado em Gestão dos Recursos Agroambientais) - Pós-graduação - IAC.

RESUMO

A citricultura brasileira é uma atividade econômica de destaque na pauta comercial do País. Envolve vários componentes no setor antes da fazenda, como a produção de mudas de alta qualidade genética e sanitária, e depois da fazenda, como os mercados interno e de exportação de frutos e sucos processados. O crescimento e principalmente a manutenção do parque citrícola requerem a produção de 10-15 milhões de mudas cítricas anualmente. Em vista das características dos viveiros e das variedades porta-enxertos e copas, há a necessidade de se estabelecer recomendações adequadas para o manejo nutricional dessas plantas. O trabalho de pesquisa teve o objetivo de avaliar o suprimento de N e Cu e o desenvolvimento da laranjeira Pêra, sobre porta-enxertos de limão Cravo e tangerina Sunki, produzida em substrato. Foram testadas a aplicação de dois níveis de N (120 e 240 mg L⁻¹), e quatro de Cu (0, 5, 10 e 20 mg L⁻¹; como Cu-EDTA) em esquema fatorial com três repetições, via fertirrigação, duas ou três vezes por semana entre o transplântio de porta-enxertos e a finalização da muda. Os resultados obtidos demonstraram o maior vigor do porta-enxerto de Cravo em comparação à Sunki com base na produção de massa seca da parte aérea e raízes, diâmetro de caule e altura das mudas. O maior desenvolvimento das mudas foi obtido com a concentração da solução de fertirrigação com 240 mg L⁻¹ de N e 5 a 10 mg L⁻¹ de Cu. Houve efeito depressivo no desenvolvimento das mudas com o fornecimento de 20 mg L⁻¹ de Cu, associado a teores de Cu na massa seca das folhas de 20 mg kg⁻¹ e das raízes de 50 mg kg⁻¹. Esse prejuízo foi menor para o maior fornecimento de N. Da mesma forma, o pegamento de borbulhas diminuiu com o aumento das doses de Cu, cujas médias para Sunki foram menores que aquelas observados para o Cravo. A demanda de Cu foi maior para mudas sobre Sunki e na dose alta de N. O excesso desse elemento ainda reduziu a absorção de Mn pelas mudas. Os teores de Cu nas raízes foram maiores na porção superior da sacola, o que coincidiu com a maior adsorção de Cu ocorrida também na camada superior com máximo acima de 300 mg kg⁻¹ de Cu. Os resultados reportados permitem ajustar o suprimento de N e Cu no viveiro para a produção eficiente de mudas sobre os porta-enxertos de Cravo e Sunki.

Palavras-Chave: *Citrus*, nutrição mineral, fertirrigação, micronutrientes, substrato.

Abreviações: CR – limão Cravo; SK – tangerina Sunki; PA/R – relação parte aérea : raiz; n – número de observações; P – probabilidade estatística.

RAMOS, Uirá Manzolli. **Nitrogen and copper for nursery production of Pêra sweet orange on Rangpur lime and Sunki mandarin rootstocks.** 2008. 48 f. Dissertação (Mestrado em Gestão dos Recursos Agroambientais) - Pós-graduação - IAC

ABSTRACT

The citrus industry is an important economical activity in Brazil. It engages the work of several business components within the farm and along the internal and export markets. The increase and mostly the maintenance of citrus groves in the field require the production of 10-15 million nursery plants yearly. Because of type of nurseries and horticultural characteristics of rootstocks and scions there is a need to develop guidelines for best nutrient management of these plants. This research evaluated the supply of N and Cu, and the growth of of Pêra sweet orange nursery trees grafted on Rangpur lime Sunki mandarin rootstocks. Two levels of N (120 and 240 mg L⁻¹) and four of Cu (0, 5, 10 and 20 mg L⁻¹; as Cu-EDTA) were tested in a factorial design with three replicates, applied via fertigation two or three times a week, from transplant of seedlings to finalization of nursery plants. The results demonstrated greater vigour of he Rangpur lime as compared to the Sunki, based on dry mass production of leaves and stems, and roots, stem diameter and plant hight. Better plant growth was attained at 240 mg L⁻¹ of N and 5 to 10 mg L⁻¹ of Cu, whereas a negative effect was observed with 20 mg L⁻¹ of Cu, which was associated with Cu concentrations in the leaf tissue of 20 mg kg⁻¹ and root of 50 mg kg⁻¹. This negative effect was minimized with greater N supply. Similarly, bud take on both rootstocks was also negatively associated with increased Cu supply, which averages for Sunki were smaller than those observed for Rangpur lime. Copper demand of nursery plants was greater for those on Sunki mandarin rootstock and at 200 mg L⁻¹ of N fertigation. Excess Cu also reduced Mn uptake by plants. Greater Cu concentration of root tissue from the upper part of nursery bags, compared to the lower part, was in line with Cu adsorption in the substrate as indicated by maximum concentration of 310 mg kg⁻¹ of Cu. The reported results allow fine tuning of N and Cu supplies for efficient production of nursery plants on Rangpur lime and Sunki rootstocks.

Key Words: *Citrus*, mineral nutrition, fertigation, substrate.

1 INTRODUÇÃO

A citricultura brasileira é a maior produtora de frutos cítricos do mundo, com a produção de laranjas na ordem de 18,1 milhões de toneladas anuais, o que representa 27,8% do total produzido mundialmente; são cerca de 800 mil hectares cultivados no País (FAO, 2008), dos quais, 70-80% se encontram no Estado de São Paulo. O setor obteve cerca de US\$ 2 bilhões em 2007 com a exportação de suco processado (SECEX/MDIC, 2008). Estima-se mais de 15 mil propriedades rurais e quase uma dezena de indústrias de suco concentrado e congelado, em várias regiões de São Paulo. O setor emprega direta e indiretamente 400 mil pessoas e constitui uma atividade essencial para mais de 300 municípios paulistas e outros municípios do triângulo mineiro, o que demonstra a extensão do seu impacto econômico e social (NEVES et al., 2007).

Por ser o principal exportador mundial de suco concentrado, o Brasil necessita para a manutenção do seu parque citrícola, da produção de um grande número de mudas, para o plantio de novos pomares e renovação daqueles mais velhos. Dessa forma, a produção dos viveiros é vista com destaque na pauta econômica do Estado de São Paulo. Em 2003, foi estimada a produção de 10-15 milhões de mudas por cerca de 500 viveiros comerciais (NEVES & LOPES, 2005), as quais a preços de R\$ 3,50 a R\$ 5,00 por unidade, totaliza um valor direto R\$ 35-50 milhões por ano dentro desse agronegócio. Outras contribuições a essa pauta econômica são associadas a estruturas, produtos, insumos, sementes e borbulhas, e substrato.

Apesar da significativa produção dos viveiros, são observadas dificuldades para a condução das várias etapas entre a sementeiras até a finalização da muda. Um exemplo disso se trata do manejo nutricional, cujas condições de ambiente protegido (altas temperaturas e regime de irrigação), características dos substratos (físicas e químicas) e das variedades de porta-enxertos e copas exigem a adoção de estratégias para o suprimento adequado de nutrientes em quantidade e nos períodos determinados pela demanda das plantas (ZANETTI et al., 2003; CARVALHO et al., 2005).

Neste cenário ainda destaca-se a necessidade do setor para a diversificação do uso de porta-enxertos para o melhor planejamento de novos pomares, principalmente quanto às

características de tolerância ao déficit hídrico e da resistência/tolerância a estresses bióticos, como exemplo a morte súbita dos citros (MSC) de diferentes variedades (POMPEU Jr., 2005).

A busca por informações para a produção eficiente de mudas sobre porta-enxertos de tangerina Sunki [*Citrus sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka] e limão Cravo (*C. limonia* Osbeck), cujas características no viveiro são bastante distintas quanto ao desenvolvimento inicial, pegamento de borbulhas e finalização da muda, é justificada. Dados recentes demonstraram teores elevados de cobre (Cu) nas folhas e outras partes de mudas de laranjeira Valência o que sugeriu que a exigência de mudas para este nutriente é superior a exigência de plantas adultas (BOAVENTURA, 2003). A experiência dos viveiristas também tem revelado que essas características estão relacionadas à demanda distinta de nutrientes que aqueles porta-enxertos apresentam, destacadamente quanto ao fornecimento de nitrogênio (N) e Cu.

Verifica-se, então, que existem respostas varietais de mudas de citros ao suprimento de nutrientes quando produzidas no viveiro sobre diferentes porta-enxertos. A adequação de doses de N e Cu conforme a demanda da planta aumenta a eficiência de produção do viveiro, embora o cobre quando aplicado via fertirrigação possa acumular no substrato de produção da muda e afetar o seu desenvolvimento. Desse modo esse trabalho teve como objetivo avaliar, em mudas de laranja Pêra produzidas sobre os porta-enxertos de limão Cravo e tangerina Sunki em substrato, entre a fase do transplântio do porta-enxerto até a finalização da muda, a demanda e as interações do suprimento diferencial de N e Cu, aplicados via fertirrigação.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Os macro e micronutrientes exercem funções específicas nas plantas, como estrutural (constituente enzimático) e ativador de enzimas, porém em alguma delas possa haver uma substituição dependendo do elemento (MENGEL & KIRKBY, 2001)

O nitrato (NO_3^-) e o amônio (NH_4^+) são as formas predominantes em que o N é absorvido pelas plantas. Por fazer parte da molécula de clorofila, a falta desse nutriente causa sintomas de clorose nas plantas (BENNEDETT, 1997).

Segundo MALAVOLTA e al. (1997), o N é importante para as plantas por participar da composição de diversos aminoácidos, proteínas, bases nitrogenadas, ácidos nucléicos, enzimas, coenzimas, vitaminas, glico e lipoproteínas, pigmentos e produtos secundários. Muitas dessas enzimas atuam em processos de absorção iônica, fotossíntese, respiração, sínteses, multiplicação e diferenciação celulares e herança genética. Como consequência o suprimento adequado de N para as plantas promove a melhor formação e desenvolvimento de gemas floríferas, frutificação e proporciona maior vegetação, perfilhamento e aumento do teor de proteína.

Clorose generalizada e hábito estiolado são os sintomas mais característicos. O crescimento é retardado e lento e as plantas têm uma aparência pouco viçosa. O fruto é excepcionalmente bem colorido. As partes mais maduras da planta são as primeiras a se tornarem afetadas, pois o N transloca-se de regiões mais velhas para as mais jovens, que crescem ativamente (EPSTEIN et al., 2004)

O Cu é um micronutriente que, em excesso ou deficiência, ocasiona desordens no crescimento e desenvolvimento das plantas por afetar adversamente processos fisiológicos, em particular o transporte de elétrons na fotossíntese. Assim, para um adequado desenvolvimento da planta, o Cu deve ser absorvido do solo, transportado para toda a planta, distribuído, compartimentalizado, e o seu conteúdo cuidadosamente disposto nas diferentes células e organelas (YRUELA, 2005). É um cofator essencial de muitas enzimas, como a Cu/Zn superoxidase dismutase (SOD), citocromo e oxidase, amino oxidase, lacase, plastocianina e polifenol oxidase. Em nível celular também desempenha um papel essencial no processo de transcrição, fosforilação oxidativa e mobilização de ferro (YRUELA, 2005).

Em citros, a deficiência de Cu ocorre geralmente em plantas muito vigorosas, excessivamente adubadas com N, razão pela qual o sintoma é também conhecido como amonificação. As folhas têm coloração verde-escura, com limbo muito grande e geralmente estão em ramos muito longos. Às vezes ocorre a exsudação de gomas em ramos novos e nos frutos, cuja casca se torna escura e racha facilmente (JONES & SMITH, 1964). As plantas quando deficientes em Cu apresentam mudanças na expressão de uma série de genes e alterações morfológicas na arquitetura das folhas e das raízes. Sintomas típicos de deficiência aparecem primeiro nas pontas de folhas jovens e se estende para baixo ao longo das margens das folhas. As folhas podem também ficar retorcidas ou mal formadas e

mostrar cloroses ou necroses. A deficiência de Cu é atribuída à redução do transporte de elétrons no fotossistema (PSI) devido à redução da formação de plastocianina (DROPPA et al., 1987). Plantas deficientes em Cu mostram ainda redução do conteúdo de pigmentos (clorofila e carotenóides), redução da síntese de plastoquinona e baixo conteúdo de ácido fítico não saturado (BARÓN et al., 1992).

O sistema de produção de mudas em ambiente protegido no Brasil representa um dos principais avanços tecnológicos do setor nos últimos anos, cujos resultados obtidos com mudas de alta qualidade genética e sanitária têm subsidiado a manutenção e o aumento da eficiência da citricultura, pelo aumento de produtividade e redução da disseminação de doenças como a clorese variegada dos citros (CVC), gomose de *Phytophthora* e *huanglongbing* (HLB) (AMARO et al., 2005). Este patamar foi alcançado com a adoção voluntária do novo sistema a partir da instalação do protótipo de produção de mudas em 1994 e depois da instituição de normas específicas pela Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (CARVALHO & LARANJEIRA, 1994; CARVALHO et al., 2005).

Não obstante ao início da implantação do novo sistema que substituiu a produção de mudas no campo em sistema aberto, o uso de substratos obtidos através da misturas de compostos e resíduos orgânicos, sistemas de irrigação e manutenção de condições controladas dos ambientes internos dos telados de produção, verificou-se a necessidade do levantamento de informações que subsidiassem o manejo adequado de nutrientes nessas novas condições.

Inicialmente, as informações disponíveis na literatura internacional deram subsídios ao setor para se estabelecer a demanda e a adubação de N e de outros nutrientes requeridas nos viveiros, além de sugerir fontes e modos de aplicação de fertilizantes (CHAMPMAN & LIEBIG, 1937, 1940; WILLIAMSON & CASTLE, 1989; CASTLE & ROUSE, 1990; COETZEE et al., 1993; MAUST & WILLIAMSON, 1994). A partir daí, os trabalhos dentro das condições estabelecidas no Brasil trouxeram novas informações acerca do manejo de nutrientes dos citros em cultivo protegido, contribuindo significativamente para o avanço do setor, cujo desenvolvimento em muito superou os modelos do exterior (CARVALHO, 1994; JOAQUIM, 1997; PERIM et al., 1999; BERNARDI et al., 2000; RUSCHEL et al.; 2001; DECARLOS NETO et al., 2002; BOAVENTURA et al., 2004;

GIRARDI et al., 2005). Desses trabalhos, destacam-se estudos sobre respostas dos citros no viveiro ao N, fósforo (P), potássio (K) e cálcio (Ca), uso de diferentes fontes de N, fontes solúveis e de liberação lenta de nutrientes, demanda e balanço de nutrientes em diferentes manejos.

Outro aspecto que mereceu destaque, foi o desenvolvimento de testes diagnósticos para interpretação da reserva de nutrientes nos substratos. Uma das primeiras referências versa sobre a caracterização da toxicidade de boro em porta-enxertos produzidos em tubetes (MATTOS Jr. et al., 1995). Da determinação dos teores totais, passou-se a desenvolver métodos mais adequados para a avaliação da reserva de nutrientes nos substratos de produção de mudas (FURLANI et al., 2002). Outros trabalhos descreveram características que são importantes para o manejo de nutrientes em vista da natureza complexa de ordem física e química daqueles materiais (ZANETTI et al., 2003; PÁDUA Jr., 2006).

Dessa produção científica, pouco tratou do fornecimento de micronutrientes, cujas desordens nutricionais têm dificultado a produção de mudas nos viveiros, especialmente com relação ao Cu, ferro (Fe) e manganês (Mn). Neste escopo, apenas o trabalho de BOAVENTURA (2003), e mais recentemente, aqueles de FERRAREZI et al. (2007) e BORDIGNON (2008) abordaram questões sobre a disponibilidade de Mn no substrato, demanda de Cu pelas mudas, e efeitos de fontes e doses de Fe e Cu aplicadas via fertirrigação.

Na literatura, encontram-se relatos sobre a relação entre a severidade da deficiência de cobre em plantas e o amplo suprimento de N via fertilização, uma vez que esta deficiência é caracterizada pela formação anormal de compostos nitrogenados complexos em prejuízo à formação de carboidratos, provavelmente, pela reduzida translocação de Cu das raízes para a parte aérea das plantas e conseqüente reduções de transporte eletrônico, atividade enzimática e fotossíntese. Neste contexto, GILBERT (1951) discute que a atividade de Cu no metabolismo vegetal é inversamente proporcional à concentração do íon ligado a complexos protéicos, a qual seria indiretamente relacionada à disponibilidade de N. Por outro lado, o efeito do cobre sobre o metabolismo do N ocorre com a diminuição do teor de total N na planta, redução das frações de nitrato e aminoácidos livres em folhas e raízes, e conseqüente aumento da fração N-não protéico (DHILLON et al., 1983; LLORENS et al., 2000). Considerando, então, a estreita relação entre esses dois nutrientes

no metabolismo vegetal, verifica-se que o suprimento adequado é necessário para o desenvolvimento vegetal (WALKER & LONERAGAN, 1981). A discussão acerca de processos bioquímicos específicos, citados anteriormente, está além do escopo do presente trabalho.

Nos anos 1940, na Flórida, freqüentemente se reportava problemas no campo associados com a deficiência de Cu em citros (BRYAN, 1957; SCHUBERT, 1982). Esse problema ocorria geralmente em plantas muito vigorosas, excessivamente adubadas com N. As folhas apresentavam coloração verde-escura, com limbo grande e originadas em ramos muito longos que rachavam e exsudavam goma, causando o sintoma conhecido como *dieback*. Aplicações com sulfato de cobre eram freqüentemente realizadas no solo. Contudo, ao passar dos anos, houve o acúmulo deste nutriente no solo, associado a aplicações foliares do elemento, como fungicida, e constatou-se a toxicidade de Cu nas plantas. Além dos prejuízos diretos sobre o crescimento das plantas, foram reportados problemas associados às deficiências de Fe e Mn.

A aplicação de maiores doses de N nos viveiros aparece como uma estratégia para o rápido crescimento das mudas. Assim, têm-se reportado problemas relativos à deficiência de Cu (ALMEIDA et al., 2007a, b). Por outro lado, a alta freqüência das adubações pode causar toxidez nas plantas pelo suprimento inadequado do elemento. O excesso de Cu afeta vários processos bioquímicos e ocasiona distúrbios metabólicos, resultando em inibição do crescimento, ou mesmo num desenvolvimento anormal (FERNANDES & HENRIQUES, 1991). Por isso faz-se necessário se ajustar as doses desses dois nutrientes na produção de mudas em viveiros cítricos.

Contudo, informações acerca do manejo de N e Cu para a produção de mudas são limitadas. Os principais estudos realizados com Cu em citros focalizaram o entendimento do excesso de Cu nas plantas, conforme apresentado anteriormente. Neste contexto, os trabalhos realizados na Flórida utilizaram *seedlings* de espécies copas e porta-enxertos, cuja idade das plantas permitiu aplicar algumas discussões apresentadas sobre os dados obtidos no presente trabalho com mudas de viveiro. Assim, destacam-se os trabalhos de SMITH & SPECHT (1952), ALVA & CHEN (1995), MOZAFFARI et al. (1996) e ALVA et al. (2000) sobre as interações da disponibilidade de Cu em solos, absorção pela planta e interações entre micronutrientes.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em viveiro comercial de citros da Citrograf Mudas, no município de Conchal - SP, que atende às Normas para Produção de Mudanças Certificadas de Citros da Coordenadoria de Assistência Técnica Integrada (CATI, 2003) e cujas características principais foram descritas por CARVALHO & LARANJEIRA (1994). O viveiro possui cobertura de filme plástico transparente com 150 µm de espessura e fechamento lateral com telas antiafídeo, com abertura de 0,87 mm x 0,30 mm, que impedem a entrada de possíveis vetores de doenças. As bancadas para a produção de mudas foram instaladas a 0,5 m do piso para facilitar o manejo e aumentar a proteção contra contaminações por gomos de *Phytophthora*, nematóides ou outras doenças de solo.

3.1 Delineamento Experimental

Foi estudada a formação de mudas de laranjeira Pêra [*C. sinensis* (L.) Osbeck] sobre *i*) dois porta-enxertos: limão Cravo (*C. limonia* Osbeck) = CR e tangerina Sunki [*Citrus sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka] = SK, fertirrigadas com *ii*) dois níveis de N (120 e 240 mg L⁻¹) e *iii*) quatro níveis de Cu (0, 5, 10 e 20 mg L⁻¹), cujas concentrações e fontes da solução de fertirrigação, incluindo demais nutrientes, são descritas na Tabela 1. Essas concentrações foram estabelecidas com base no trabalho de pesquisa desenvolvido por BOAVENTURA (2003) e nas recomendações médias utilizados por viveiros comerciais. A dose N = 120 representou uma concentração baixa, enquanto aquela N = 240, uma concentração alta do nutriente no sistema de manejo. Isto possibilitou o estudo das respostas das mudas no viveiro ao fornecimento de Cu. Ainda, para o estabelecimento das composições das soluções adotou-se combinações de sais solúveis para alcançar menores variações de concentração de nutrientes (exceto N e Cu) e condutividade elétrica nas soluções de fertirrigação. Utilizou-se o esquema fatorial 2 x 2 x 4, com três repetições. Cada parcela experimental foi composta por 27 plantas.

Tabela 1 - Composição das soluções nutritivas aplicadas via fertirrigação.

Nutriente		Solução N1	Solução N2		
----- mg L ⁻¹ -----					
N-NO ₃		108	196		
N-NH ₄		12	44		
N-Total		120	240		
P		30	30		
K		120	216		
Ca		90	120		
Mg		30	30		
S		40	40		
Fonte	origem	----- g L ⁻¹ -----			
Ca(NO ₃) ₂	comercial	0,491	0,632		
KNO ₃	comercial	0,283	0,333		
NH ₄ H ₂ PO ₄	MAP comercial	0,064	0,115		
MgSO ₄	p.a.	0,333	-		
KH ₂ PO ₄	MKP comercial	0,060	-		
K ₂ SO ₄	p.a.	-	0,235		
NH ₄ NO ₃	p.a.	-	0,150		
Mg(NO ₃) ₂	p.a.	-	0,333		
Relação N-NH ₄ /N-total, %		10,0	18,3		
Condutividade elétrica, dS m ⁻¹		1,36	1,95		
Nutriente		Solução Cu1	Solução Cu2	Solução Cu3	Solução Cu4
----- mg L ⁻¹ -----					
Cu ⁽¹⁾		0	5	10	20
Micronutrientes ⁽²⁾		concentração constante para níveis de N e Cu			

¹ usado na forma de Cu-EDTA (comercial).

² B-(H₃BO₃ p.a.) = 0,55, Fe-(Fe-EDDHA comercial) = 1,8, Mn-(MnSO₄ p.a.) = 0,54, Zn-(ZnSO₄ p.a.) = 0,23 e Mo-(NaMoO₄ p.a.) = 0,10 mg L⁻¹.

5.2 Formação de Mudanças

Porta-enxertos de limão Cravo e tangerina Sunki, com cerca de quatro meses de idade após a semeadura, foram transplantados em 15/1/2007 para sacolas plásticas de polietileno preto reciclado, com espessura de 200 µm, diâmetro de 15 cm e altura de 40 cm, com capacidade de 7,0 dm³, preenchidas com o substrato. A produção dos porta-enxertos foi feita observando-se práticas comuns de viveiristas (CARVALHO et al., 2005).

Foi utilizado o substrato do tipo comercial, mais comumente empregado pelo setor, composto principalmente por casca de *Pinus* (ZANETTI et al., 2003) e sem adição de Cu na base, que apresentou as seguintes características físicas e químicas (teor total): umidade volumétrica = 55,8% (0 atm de tensão); densidade seca = 294,5 g kg⁻¹; distribuição de partículas = 20,0% (2,0-4,0 mm) e 34,0% (>4,0 mm); pH (CaCl₂) = 4,8; CE = 1,5 dS m⁻¹; C-org = 339,9 g kg⁻¹; N = 7,5, P = 2,0, K = 1,2, Ca = 7,4, Mg = 16,1 e S = 0,7 g kg⁻¹; B = 8,2, Fe = 9,2, Cu = 18,3, Mn = 175,6 e Zn = 9,2 mg kg⁻¹. O teor de Cu em extrato saturado 1:1,5 (SONNENVELD et al., 1994) foi <0,01 mg L⁻¹.

Os porta-enxertos foram conduzidos no viveiro até a idade de 93 dias após o transplântio (17/4/2007), quando o caule do porta-enxerto atingiu o diâmetro de 5-6 mm e foram enxertados a 10 cm de altura com borbulhas da laranjeira Pêra pelo método de borbulhia em “T” invertido. Foram utilizadas borbulhas do matrizeiro do próprio viveiro, cuja análise química das hastes contendo as borbulhas revelou os seguintes teores de nutrientes no tecido vegetal, em g kg⁻¹, N (12,4), K (22,0), P (1,7), Ca (6,9) e Mg (1,2), e, em mg kg⁻¹, B (31), Cu (61), Fe (40), Mn (13) e Zn (25).

Logo após a enxertia, realizou-se o forçamento da borbulha pelo método de curvamento da haste do porta-enxerto, sendo o fitilho plástico removido cerca de 20 dias após a enxertia. A haste dos porta-enxertos foi cortada aos 146 dias (6/6/2007), quando se avaliou o pegamento da borbulha. A formação das mudas foi finalizada aos 162 dias após a enxertia (25/9/2007), quando se totalizou 254 dias após o transplântio dos porta-enxertos.

3.3 Manejo da Adubação

Além do N e Cu, o manejo de nutrientes após o transplântio dos porta-enxertos foi feito com a aplicação de solução nutritiva, via água de irrigação, cuja composição é descrita na Tabela 1.

Foram preparadas duas soluções nutritivas estoque para cada nível de N testado. Essas soluções foram identificadas como A₁ e A₂ para o N₁ = 120 mg L⁻¹, e B₁ e B₂ para N₂ = 240 mg L⁻¹, compostas por misturas apropriadas para se prevenir a precipitação de sais. Assim, a solução A₁ recebeu a mistura de nitrato de cálcio e micronutrientes (exceto Mo), a A₂, nitrato de potássio, MAP, sulfato de potássio, MKP e molibdato de sódio, a B₁, nitratos de cálcio, de amônio e de magnésio mais micronutrientes (exceto Mo), e por

último, a B₂, nitrato de potássio, MAP, sulfato de potássio e molibdato de sódio. As soluções estoques foram armazenadas em ambiente protegido e utilizadas num período até de 15 dias após o preparo. Foram utilizados produtos de alta solubilidade e pureza comerciais ou como reagentes analíticos.

O preparo da solução final para fertirrigação foi realizado com a mistura das soluções A₁+A₂ e B₁+B₂, mais as doses respectivas do Cu-EDTA, na proporção de 100 mL da estoque para 10 L de água.

A fertirrigação, feita individualmente por sacola com o auxílio de copo graduado, ocorreu com duas ou três aplicações semanais com volume de 250 mL de solução nutritiva por planta. Isso se repetiu entre a segunda semana do transplantio até o final do experimento.

O fornecimento de nutrientes ocorreu com 36 aplicações da fertirrigação antes da enxertia e 62 aplicações após a enxertia das mudas. Assim, as quantidades totais aplicadas, para a condição N1, foram: N = 2940, K = 2940, P = 735, Ca = 2205, Mg = 735, S = 980, B = 13,5, Fe = 44,1, Mn = 13,2, Zn = 5,6 e Mo = 2,5 mg por sacola, enquanto que para a condição N2, foram: N= 5880, K= 5292 e Ca= 2940 mg por sacola; as quantidades de P, Mg, S e micronutrientes, exceto Cu, foram as mesmas que aquelas anteriores. Para Cu, foram fornecidos 0, 123, 245 e 490 mg por sacola, conforme a concentração da solução testada.

Aos 49 dias após a enxertia, observaram-se sintomas visuais severos da deficiência de manganês nas folhas da laranjeira Pêra. Para correção dessa deficiência, foram aplicadas três pulverizações foliares com sulfato de manganês 3,0 g L⁻¹ em intervalos de três dias. Também, elevou-se a concentração do referido nutriente na solução de fertirrigação, de 0,54 mg L⁻¹ para 0,64 mg L⁻¹, nas aplicações subseqüentes. Os sintomas visuais da deficiência foram corrigidos, embora observou-se que para plantas sobre Sunki, a severidade da ocorrência foi maior e mais persistente.

3.4 Avaliações

3.4.1 Variáveis biométricas

O crescimento das plantas foi avaliado tomando-se as seguintes medidas: a) altura das plantas utilizando régua graduada; b) diâmetro de caule dos porta-enxertos ao nível do substrato, com o auxílio de um paquímetro digital com precisão para 0,01 mm; e c) massa seca das raízes, caule e folhas após secagem do material vegetal em estufa de circulação forçada de ar a 60 °C, por 24 h, e pesagem em balança eletrônica com precisão de 0,01 g.

Essas variáveis foram avaliadas aos 81 (5/4/2007) e 254 (25/9/2007) dias após o transplântio dos porta-enxertos, cujas datas corresponderam ao ponto de enxertia e da finalização das mudas, respectivamente. Exceção foi feita apenas para a altura das plantas cuja medição foi realizada apenas no segundo período mencionado, uma vez que no momento da avaliação dos porta-enxertos as plantas já haviam sido padronizadas em altura pela poda dos ponteiros, prática usual do viveiro, visando maior facilidade no curvamento das hastes para forçamento de borbulhas.

3.4.2 Pegamento das borbulhas

Avaliou-se o pegamento das borbulhas com a contagem dos brotos desenvolvidos da laranjeira Pêra com cerca de 5 cm de comprimento, oriundos do enxerto realizado sobre os dois porta-enxertos estudados. Esta avaliação foi realizada aos 51 (6/6/2007) e depois aos 92 (17/7/2007) dias após a enxertia para confirmação dos dados observados.

3.4.3 Amostragem e análise química de tecido vegetal

A coleta de plantas para a análise do tecido vegetal foi feita aos 81 (5/4/2007) e 254 (25/9/2007) dias. Após o desmanche das sacolas, as plantas foram divididas em raízes (metade superior e metade inferior da sacola), caule e folhas. Os materiais vegetais coletados foram lavados com água, solução de detergente (0,1% v/v), solução HCl 0,01 N, novamente lavadas em água e finalmente em água desionizada. A seguir, as amostras foram colocadas em sacos de papel e secas em estufa de ventilação forçada com temperatura

60 °C, por 24 h. Com o auxílio de uma balança de precisão ($\pm 0,01$ g) foram realizadas as pesagens das amostras, sendo obtidos, a massa seca acumulada em cada parte da planta. O material de raízes e folhas foi moído em moinho tipo Wiley, com câmara de aço inoxidável e peneira de 1 mm de abertura. Uma porção de cada material, cerca de 25 g, foi imediatamente acondicionada e armazenado em frasco de vidro hermeticamente fechado.

Após o preparo, o material foi digerido por digestão via úmida (BATAGLIA et al., 1983). As determinações analíticas dos teores totais de nutrientes foram feitas por plasma de argônio acoplado indutivamente (ICP-AE). O N total foi determinado após digestão, passagem por destilador micro Kjeldahl e titulação com solução de ácido sulfúrico padronizado.

3.4.4 Amostragem e análise química de substrato

Porções do substrato das camadas superior (camada de 0-20 cm) e inferior (camada de 20-40 cm) das sacolas do mesmo tratamento dentro de porta-enxertos foram coletadas no final do experimento para determinação dos teores totais de Cu, Fe, Mn e Zn, conforme descrito no item 3.4.3, nas amostras compostas.

3.4.5 Análises estatísticas

A análise de variância dos fatores estudados e interações foi realizada utilizando-se o modo GLM do pacote estatístico SAS[®] (SAS Institute, Inc., 1996). Para a determinação dos teores totais dos micronutrientes metálicos no substrato, foi considerado na análise de variância, a camada de amostragem (superior e inferior) como fator de causa de variação independentemente do tipo de porta-enxerto estudado. Modelos lineares de resposta foram ajustados para variáveis dependentes utilizando-se o modo REG do mesmo pacote.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Porta-Enxertos: Crescimento

O crescimento dos porta-enxertos de Cravo e de Sunki, avaliado pela produção de massa seca da parte aérea e das raízes e diâmetro do caule, demonstrou o maior vigor do primeiro no viveiro ($P < 0,01$; Tabela 2). As médias da massa seca de folhas (7,1 g) e haste (6,1 g) de plantas de Cravo foram cerca de 40% maiores comparadas àquelas de plantas de Sunki. Maior diferença foi observada para a produção de raízes, principalmente, àquelas da parte inferior da sacola cuja média, para o Cravo (1,5 g), foi 75% superior. Isso determinou a menor relação parte aérea : raízes (PA/R) do porta-enxerto de Cravo, e o maior diâmetro de caule do mesmo (6,1 mm) em relação ao da tangerina Sunki (5,6 mm) (Tabela 2).

O maior vigor do porta-enxerto de Cravo comparado à Sunki, desde a sementeira até as mudas produzidas sobre ele (ver item 4.4), é freqüentemente observado nos viveiros (CARVALHO, 1994; POMPEU Jr., 2005; BORDIGNON, 2008).

As doses de N aplicadas na fertirrigação não promoveram efeitos diferenciais nesta fase do desenvolvimento das plantas no viveiro uma vez que ambos porta-enxertos produziram quantidades equivalentes de massa seca total para as doses de 120 mg L⁻¹ e 240 mg L⁻¹ de N (CR: 17,9 g e SK: 12,4 g) ($P > 0,05$; Tabela 2). Desenvolvimento satisfatório de porta-enxertos de Cravo e citrumelo Swingle foi observado com a aplicação de solução contendo 196 mg L⁻¹ no viveiro comparado ao uso de fertilizante nitrogenado de liberação lenta (BOAVENTURA et al., 2004).

Os viveiristas relatam que o desenvolvimento das mudas de citros é menos intenso nos períodos do ano quando a temperatura do ar é menor se comparado àquele durante os meses mais quentes. Essa diferença foi discutida por SCHAFER et al. (2006) em estudo do desenvolvimento de porta-enxertos cítricos em fase inicial do viveiro. Assim, é possível, que entre fevereiro e setembro, período que englobou o inverno, a resposta às doses de N tenha sido minimizada no presente estudo.

Também, em função do número de aplicações da solução de fertirrigação realizadas, a quantidade de N suprida em cada condição pôde ter atendido a demanda dos porta-enxertos. Isto foi evidenciado no trabalho de CARVALHO & SOUZA (1996), no qual o

aumento da frequência de aplicação da adubação nitrogenada em sementeira de citros não afetou o crescimento do limão Cravo, na frequência maior que uma vez por semana, ou da tangerina Cleópatra, na frequência maior que duas vezes por semana. Aplicações da adubação três vezes por semana chegou a causar prejuízos às plantas pela queima de bordos foliares. Embora não se tenha realizado o controle no presente estudo, também é possível que na dose maior de N testada possa ter ocorrido perdas do nutriente na sacola por lixiviação.

Por outro lado, o suprimento do cobre na forma de Cu-EDTA, na dose até de 5 mg L⁻¹, determinou um aumento da massa seca de folhas, haste e raízes ($P < 0,05$; Tabela 2). Doses de Cu maiores que 5,0 mg L⁻¹, no presente trabalho, demonstraram um efeito negativo sobre aquelas características, o que indica, provavelmente, toxicidade do nutriente. Recente estudo sobre o manejo nutricional em viveiro demonstrou que a máxima produção de massa seca das plantas de Cravo e de Sunki, fertirrigadas com solução com Cu-EDTA, foi obtida na dose de 3,0 mg L⁻¹ de Cu na durante a fase de sementeira; já na fase entre o transplântio e a enxertia, a resposta foi linear na dose até de 7,5 mg L⁻¹ de Cu (BORDIGNON, 2008).

Tabela 2 - Crescimento de porta-enxertos, aos 81 dias de idade após o transplante, fertirrigados com diferentes doses de nitrogênio e cobre.

Tratamento		Produção de massa seca ⁽¹⁾						Tamanho ⁽²⁾	
N	Cu	folha	haste	raiz inf.	raiz sup.	raiz total	total	diâm.	PA/R
mg L ⁻¹		g						mm	
<u>Cravo</u>									
120	0	5,9	5,3	1,5	3,0	4,6	15,7	6,2	2,5
120	5	7,8	6,7	1,8	3,2	5,0	19,6	6,2	2,9
120	10	7,1	6,1	1,5	3,1	4,6	17,8	6,1	2,9
120	20	7,0	6,1	1,5	3,1	4,6	17,7	6,2	2,8
240	0	7,3	5,7	1,3	3,4	4,8	17,8	6,0	2,7
240	5	8,0	6,8	1,8	3,1	4,9	19,8	6,0	3,1
240	10	7,0	6,2	1,4	2,9	4,3	17,4	6,4	3,1
240	20	6,8	6,0	1,3	2,9	4,2	17,0	6,0	3,1
Média		7,1	6,1	1,5	3,1	4,6	17,9	6,1	2,9
<u>Sunki</u>									
120	0	5,4	4,8	0,9	2,1	3,0	13,2	5,7	3,4
120	5	5,7	4,9	0,8	2,1	3,0	13,6	5,4	3,6
120	10	5,0	3,6	0,8	2,0	2,8	11,4	5,5	3,1
120	20	4,9	3,8	0,8	1,9	2,8	11,5	5,9	3,1
240	0	5,2	4,5	0,9	2,0	2,9	12,6	5,7	3,3
240	5	5,2	4,4	1,0	2,0	3,0	12,6	5,5	3,3
240	10	5,4	4,4	0,9	1,8	2,7	12,5	5,5	3,6
240	20	5,0	4,0	0,8	2,0	2,8	11,8	5,4	3,3
Média		5,2	4,3	0,9	2,0	2,9	12,4	5,6	3,3
Teste F ⁽³⁾									
PE		100,9**	81,3**	101,8**	150,9**	173,9**	131,8**	31,3**	44,5**
N		0,5 ^{ns}	0,3 ^{ns}	0,7 ^{ns}	0,8 ^{ns}	0,7 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0,5 ^{ns}	3,5 ^{ns}
Cu		3,9*	2,9*	2,8*	0,8 ^{ns}	1,8 ^{ns}	3,2*	0,3 ^{ns}	2,1 ^{ns}
PE*N		1,0 ^{ns}	0,1 ^{ns}	1,5 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0,2 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0,7 ^{ns}
PE*Cu		1,8 ^{ns}	2,7 ^{ns}	1,8 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0,4 ^{ns}	1,5 ^{ns}	0,6 ^{ns}	2,7 ^{ns}
N*Cu		0,9 ^{ns}	0,4 ^{ns}	0,6 ^{ns}	0,7 ^{ns}	0,2 ^{ns}	0,3 ^{ns}	1,1 ^{ns}	1,9 ^{ns}

¹ sup. = superior, representa o volume de substrato na camada até de 20 cm da sacola da muda, e inf. = inferior, representa o volume de substrato na camada de 20-40 cm da sacola da muda.

² diâm. = diâmetro do caule do porta-enxerto e PA/R = razão massa seca total da parte aérea e raiz.

³ ^{ns}, *, **: não significativo, e significativo aos níveis de 5% e de 1%, respectivamente.

4.2 Porta-Enxertos: Estado Nutricional e Acúmulo de Nutrientes

De forma similar ao observado para a avaliação do crescimento, verificou-se diferenças para a concentração de macro e micronutrientes nas folhas das plantas cujos teores médios foram maiores para o Cravo comparados à Sunki, com exceção para o cálcio ($P < 0,01$; Tabela 3). Essas diferenças reforçam os dados observados no item 4.1 e a constação do maior vigor do Cravo no viveiro. Os teores encontrados para o Cravo foram: em g kg^{-1} , N (38), K (23), P (3,2), Ca (17,5) e Mg (5,1); em mg kg^{-1} , B (73), Cu (16), Fe (194), Mn (98) e Zn (18), enquanto que para a Sunki foram: em g kg^{-1} , N (32), K (20), P (2,2), Ca (20,8) e Mg (4,5); em mg kg^{-1} , B (60), Cu (13), Fe (162), Mn (83) e Zn (12). A maior produção de massa seca do Cravo e os maiores teores de nutrientes nas folhas comparados à Sunki demonstram o maior acúmulo de nutrientes por aquele primeiro, justificando o maior vigor e maior capacidade de absorção.

Essa resposta varietal foi ainda verificada para a concentração de nutrientes nas raízes das porções superior e inferior da sacola de produção. Contudo, a relação foi, com poucas exceções (Ca e Fe), inversa, isto é, as concentrações dos macro e micronutrientes foram menores para o porta-enxerto de Cravo quando comparadas àquelas do porta-enxerto de Sunki (Tabelas 4 e 5). Isto pode ser explicado, provavelmente, pela maior concentração dos nutrientes no tecido radicular ocorrida pela menor produção de raízes da Sunki (Tabela 2), como discutido anteriormente (item 4.1). LOMBNAES & SINGH (2003) ilustraram essa mesma resposta para cultivares de trigo e cevada em experimento em solução nutritiva para o fornecimento de micronutrientes, e ressaltam que mesmo havendo menor absorção ou conteúdo, em função da menor produção de massa seca das plantas, a concentração dos elementos minerais no tecido aumenta.

As concentrações de micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn) nas folhas aumentaram com a aplicação das doses de 0, 5, 10 e 20 mg L^{-1} de Cu na solução de fertirrigação (Tabela 3). Observaram-se teores iguais a 11, 12, 15 e 21 mg kg^{-1} de Cu (médias para os dois porta-enxertos; $n=12$), respectivamente às soluções aplicadas. A mesma correspondência foi observada para os tores de Cu nas raízes da porção superior da sacola, onde houve variação de 7 a 36 mg kg^{-1} de Cu para CR e de 6 a 34 mg kg^{-1} de Cu para SK, nas doses de 0 a 20 mg L^{-1} de Cu na fertirrigação. Já na porção inferior, as concentrações variaram de 12 a 31

mg kg⁻¹ de Cu para CR e de 16 a 29 mg kg⁻¹ de Cu para SK, nas mesmas condições descritas.

No caso de Fe, Mn e Zn, os teores nas raízes foram bastante superiores àqueles encontrados nas folhas (Tabelas 4 e 5), sendo 6 a 8 vezes superiores para Fe (1000-1500 mg kg⁻¹), 2 a 3 vezes superiores para Mn (190-300 mg kg⁻¹), e 1,5 a 2 vezes superiores para Zn (25-30 mg kg⁻¹).

A absorção excessiva de vários elementos minerais pode causar desbalanço no metabolismo vegetal. Assim, a manutenção de concentrações adequadas nas células é requerida, o que se dá pela homeostase (MARSCHNER, 1995). São vários os mecanismos que ocorrem a nível celular, como por exemplo, imobilização na parede, compartimentação no vacúolo e transformação ou imobilização (ou quelação) no citoplasma, cujos processos são integrados ao nível da planta, por meio do acúmulo, imobilização nas raízes e restrição ao transporte via xilema dos elementos minerais, ocorrendo então uma menor razão do conteúdo da parte aérea em relação às raízes (Reilly & Reilly, 1973, citado por KE et al., 2007), o que explicaria as diferenças observadas no presente estudo.

Para os dois porta-enxertos, independente da dose de N, ocorreram incrementos dos teores de Fe, Mn e Zn nas folhas em função do aumento das doses de Cu na fertirrigação. Por outro lado, para o Zn, este efeito ocorreu somente para o Cravo, não havendo variação no teor foliar de Zn para o porta-enxerto de Sunki com o aumento das doses de Cu aplicadas, apresentando valor médio 12 mg kg⁻¹ de Zn (Tabela 3). Não se encontrou uma explicação para essa diferença.

A absorção de micronutrientes pelas plantas é dependente da atividade do íon livre em solução, ao contrário da concentração total do metal dissolvido. Ainda, podem ocorrer condições nas quais se formam complexos iônicos em solução, e conseqüentemente a disponibilidade de um elemento mineral, o que afeta a absorção pelas plantas (DEGRYSE et al., 2006).

Com base no parágrafo anterior, a composição da solução de fertirrigação é importante para a manutenção da disponibilidade de nutrientes para as mudas no viveiro. Assim, o uso do Fe-citrato (Fe + ácido cítrico) com o sulfato de cobre ou o Cu-EDTA pode levar à deficiência de Fe em porta-enxertos no viveiro (BORDIGNON, 2008). Isso se deve à formação de outros complexos com o ácido cítrico, preferencialmente com o Cu,

provocando a precipitação do Fe, por exemplo, tornando-o indisponível para absorção pelas plantas no viveiro. Essa questão foi discutida pelo referido autor, quem ainda demonstrou diferentes equilíbrios iônicos da solução de fertirrigação em função de doses e fontes dos nutrientes utilizando o programa GeoChem (PARKER et al., 1995). No presente estudo, utilizou-se o Fe-EDDHA (Tabela 1), cuja estabilidade é alta (até pH 9,0) e forma grande especificidade com o nutriente o que determina sua eficiência no viveiro de citros para a nutrição da planta, comparado a outros agentes quelantes (FERRAREZI et al., 2007). Isso explica o incremento dos teores dos micronutrientes metálicos nas folhas dos porta-enxertos, ao contrário daquilo observado por Bordignon.

Tabela 3 - Concentração de macro e micronutrientes em folhas de porta-enxertos, aos 81 dias de idade após o transplântio, fertirrigados com diferentes doses de nitrogênio e cobre.

Tratamento		Nutriente									
N	Cu	N	K	P	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn
mg L ⁻¹		g kg ⁻¹				mg kg ⁻¹					
<u>Cravo</u>											
120	0	37,9	23,5	3,4	16,3	4,9	74	13	161	88	16
120	5	37,2	23,6	3,2	16,3	5,3	68	14	246	91	18
120	10	37,0	24,7	3,4	17,3	5,1	73	16	170	87	18
120	20	38,0	22,8	3,2	21,3	5,5	67	24	217	104	20
240	0	39,0	21,3	2,8	15,4	4,4	71	12	135	97	15
240	5	38,7	20,7	3,1	16,6	5,0	75	13	193	108	18
240	10	38,3	23,1	3,4	17,1	4,9	78	16	218	100	19
240	20	38,7	22,1	3,3	19,9	5,5	74	20	212	111	21
Média		38,1	22,7	3,2	17,5	5,1	73	16	194	98	18
<u>Sunki</u>											
120	0	32,7	19,2	2,3	21,3	4,6	61	8	108	68	12
120	5	31,0	20,0	2,1	21,6	4,4	56	11	139	78	12
120	10	32,2	20,0	2,2	19,1	4,5	56	14	196	85	12
120	20	33,1	21,1	2,3	18,5	5,0	62	22	231	106	12
240	0	32,7	20,5	2,6	20,5	4,7	64	10	113	78	12
240	5	32,6	20,3	2,2	20,3	4,3	61	11	149	79	12
240	10	31,1	20,0	2,0	23,2	4,1	59	12	178	80	11
240	20	32,0	20,3	2,2	21,5	4,4	60	19	180	91	12
Média		32,2	20,2	2,2	20,8	4,5	60	13	162	83	12
Teste F ⁽¹⁾											
PE		498,9**	23,8**	98,5**	18,9**	23,0**	60,5**	9,7**	8,4**	52,8**	349,3**
N		4,04 ^{ns}	2,5 ^{ns}	0,5 ^{ns}	0,2 ^{ns}	3,7 ^{ns}	3,4 ^{ns}	2,0 ^{ns}	1,1 ^{ns}	4,9*	0,3 ^{ns}
Cu		2,7 ^{ns}	0,6 ^{ns}	0,3 ^{ns}	1,3 ^{ns}	3,3 ^{ns}	0,4 ^{ns}	34,2**	9,6**	17,5**	12,1**
PE*N		5,9*	3,9 ^{ns}	0,5 ^{ns}	1,4 ^{ns}	<0,1 ^{ns}	0,3 ^{ns}	0,1 ^{ns}	<0,1 ^{ns}	10,6**	0,3 ^{ns}
PE*C _u		0,13 ^{ns}	0,9 ^{ns}	1,5 ^{ns}	3,0 ^{ns}	2,4 ^{ns}	1,4 ^{ns}	0,6 ^{ns}	2,1 ^{ns}	2,0 ^{ns}	12,2**
N*C _u		2,27 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0,7 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0,6 ^{ns}	1,5 ^{ns}	0,7 ^{ns}	2,4 ^{ns}	0,6 ^{ns}

¹ ^{ns}, *, **: não significativo, e significativo aos níveis de 5% e de 1%, respectivamente.

Tabela 4 - Concentração de macro e micronutrientes nas raízes de porta-enxertos aos 81 dias de idade após o transplântio, na porção superior⁽¹⁾ da sacola da muda, fertirrigados com diferentes doses de nitrogênio e cobre.

Tratamento		Nutriente									
N	Cu	N	K	P	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn
mg L ⁻¹		g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹				
<u>Cravo</u>											
120	0	22,1	16,3	3,4	8,1	4,6	48	8	1123	217	23
120	5	22,4	15,6	3,3	7,7	4,7	47	13	1248	207	22
120	10	22,7	13,2	3,5	9,0	4,9	46	21	1618	162	24
120	20	21,9	9,9	3,1	8,0	5,2	39	36	1657	96	22
240	0	23,0	15,1	3,1	7,8	4,6	49	7	1240	287	26
240	5	22,9	13,9	3,0	7,8	4,6	44	12	1329	260	24
240	10	23,5	13,2	3,1	7,6	4,0	45	16	1234	185	26
240	20	22,7	10,5	2,9	7,2	4,5	42	32	1378	104	24
Média		22,7	13,5	3,2	7,9	4,6	45	18	1353	190	24
<u>Sunki</u>											
120	0	23,5	16,4	4,5	7,2	5,0	48	9	909	247	27
120	5	24,9	19,2	4,5	7,3	5,6	58	15	1058	233	31
120	10	24,8	16,4	4,7	6,7	5,0	49	21	970	195	27
120	20	24,2	14,9	4,2	6,2	4,6	45	34	1199	179	28
240	0	24,6	16,9	4,2	6,4	5,2	52	6	872	246	26
240	5	25,2	17,6	4,6	6,2	4,9	46	11	735	234	26
240	10	25,5	17,6	4,1	6,7	5,0	49	15	1174	183	29
240	20	23,8	16,6	4,2	5,9	4,5	35	26	1149	197	25
Média		24,6	17,0	4,4	6,6	5,0	48	17	1008	214	27
Teste F ⁽²⁾											
PE		24,9**	47,6**	199,2**	30,5**	5,33*	1,9 ^{ns}	1,8 ^{ns}	19,2**	2,3 ^{ns}	12,2**
N		2,4 ^{ns}	<0,1 ^{ns}	8,6**	5,6*	4,1*	1,2 ^{ns}	20,2**	1,1 ^{ns}	1,5 ^{ns}	<0,1 ^{ns}
Cu		1,5 ^{ns}	10,0**	2,2 ^{ns}	1,3 ^{ns}	0,5 ^{ns}	4,2*	144,8**	3,3 ^{ns}	8,9**	0,6 ^{ns}
PE*N		0,2 ^{ns}	0,9 ^{ns}	0,4 ^{ns}	<0,1 ^{ns}	0,9 ^{ns}	1,2 ^{ns}	1,5 ^{ns}	0,2 ^{ns}	1,3 ^{ns}	5,0*
PE*C _u		0,3 ^{ns}	3,5 ^{ns}	0,6 ^{ns}	0,4 ^{ns}	2,3 ^{ns}	0,6 ^{ns}	1,9 ^{ns}	<0,1 ^{ns}	1,8 ^{ns}	0,4 ^{ns}
N*C _u		0,2 ^{ns}	1,5 ^{ns}	1,2 ^{ns}	<0,1 ^{ns}	1,0 ^{ns}	1,2 ^{ns}	1,7 ^{ns}	0,3 ^{ns}	0,2 ^{ns}	0,7 ^{ns}

¹ porção superior, representa o volume de substrato na camada até de 20 cm da sacola da muda.

² ^{ns}, *, **: não significativo, e significativo aos níveis de 5% e de 1%, respectivamente.

Tabela 5 - Concentração de macro e micronutrientes nas raízes de porta-enxertos aos 81 dias de idade após o transplântio, na porção inferior⁽¹⁾ da sacola da muda, fertirrigados com diferentes doses de nitrogênio e cobre.

Tratamento		Nutriente									
N	Cu	N	K	P	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn
mg L ⁻¹		g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹				
<u>Cravo</u>											
120	0	30,6	23,1	3,2	5,2	4,8	61	13	1417	142	23
120	5	32,1	24,2	3,3	5,4	5,4	58	15	1688	226	26
120	10	31,3	24,6	3,4	5,7	5,5	55	20	1499	163	26
120	20	31,8	20,7	3,8	6,3	5,9	55	31	1466	168	27
240	0	31,3	25,8	3,4	5,6	5,3	59	12	1473	272	22
240	5	31,4	23,9	3,1	5,2	5,3	57	15	1848	257	24
240	10	31,1	25,2	3,2	5,3	4,8	63	17	1306	186	23
240	20	32,6	23,8	3,5	5,8	5,3	61	30	1424	187	25
Média		31,5	23,9	3,4	5,6	5,3	59	19	1515	200	25
<u>Sunki</u>											
120	0	28,4	25,2	4,6	4,6	5,0	64	16	1040	345	30
120	5	28,7	25,1	4,6	4,9	5,0	76	17	1138	287	31
120	10	27,9	22,6	5,0	5,1	4,9	76	23	1253	296	31
120	20	27,2	19,8	4,3	5,1	4,8	72	29	1524	292	32
240	0	27,6	20,7	4,3	5,2	5,2	71	17	1245	268	26
240	5	29,6	26,8	5,0	5,2	5,7	74	19	1237	368	39
240	10	27,5	23,1	4,2	5,0	5,1	73	23	1419	232	28
240	20	28,5	21,8	4,5	5,0	5,4	82	27	1659	312	34
Média		28,2	23,1	4,6	5,0	5,1	73	21	1314	300	31
Teste F ⁽²⁾											
PE		97,0**	0,5 ^{ns}	71,4**	17,3**	0,6 ^{ns}	21,0**	5,5*	3,18 ^{ns}	33,5**	23,5**
N		0,3 ^{ns}	0,5 ^{ns}	0,6 ^{ns}	<0,1 ^{ns}	0,3 ^{ns}	0,9 ^{ns}	0,4 ^{ns}	0,4 ^{ns}	1,4 ^{ns}	0,2 ^{ns}
Cu		1,9 ^{ns}	1,9 ^{ns}	0,2 ^{ns}	1,8 ^{ns}	0,5 ^{ns}	0,3 ^{ns}	43,8**	0,8 ^{ns}	2,6 ^{ns}	2,9*
PE*N		<0,1 ^{ns}	0,6 ^{ns}	<0,1 ^{ns}	1,7 ^{ns}	2,4 ^{ns}	<0,1 ^{ns}	0,3 ^{ns}	1,5 ^{ns}	3,2 ^{ns}	0,9 ^{ns}
PE*C _u		1,2 ^{ns}	0,7 ^{ns}	1,8 ^{ns}	1,2 ^{ns}	0,4 ^{ns}	0,6 ^{ns}	2,5 ^{ns}	1,9 ^{ns}	0,3 ^{ns}	0,6 ^{ns}
N*C _u		0,8 ^{ns}	0,4 ^{ns}	0,9 ^{ns}	1,8 ^{ns}	0,5 ^{ns}	0,4 ^{ns}	0,5 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0,8 ^{ns}	1,0 ^{ns}

¹ porção inferior, representa o volume de substrato na camada de 20-40 cm da sacola da muda.

² ^{ns}, *, **: não significativo, e significativo aos níveis de 5% e de 1%, respectivamente.

A absorção de nutrientes pelos porta-enxertos de Cravo e Sunki demonstrou que o acúmulo médio de N (folha + raiz) foi maior para o primeiro (430 mg planta⁻¹ de N; *n*=6) e menor para o segundo (252 mg planta⁻¹ de N; *n*=6), na dose de 5 mg L⁻¹ de Cu, enquanto que o acúmulo de Cu (folha + raiz) foi crescente até a dose de 20 mg L⁻¹ de Cu nas diferentes partes da planta analisadas (*P*<0,01; Tabela 6). Neste último caso, verificou-se quantidades até de 0,33 mg planta⁻¹ de Cu para o CR na maior dose de N.

A aplicação de N afetou o acúmulo de Cu nas raízes dos porta-enxertos, uma vez que na dose maior houve decréscimo dos valores médios (*P*<0,01; Tabela 6) mesmo embora não tendo sido observado um aumento correspondente da produção de massa seca dessa parte da planta (Tabela 2).

A interação significativa para porta-enxertos e doses de Cu (PE*Cu) demonstrou que a absorção desse nutriente foi maior para o Cravo (0,11 mg planta⁻¹ nas folhas e 0,08 mg planta⁻¹ nas raízes) comparada à Sunki (0,07 mg planta⁻¹ nas folhas e 0,05 mg planta⁻¹ nas raízes), o que é diretamente relacionado à menor produção de massa seca das diferentes partes das plantas (Tabelas 2 e 6). Essa variação pode estar relacionada à diferenças na tolerância das variedades porta-enxerto testadas. MOZAFFARI et al. (1996) demonstraram essa questão em estudo com a tangerina Cleópatra e o citrumelo Swingle com seis meses de idade, crescidos em solo tratado com doses de Cu. O primeiro foi mais tolerante ao excesso de Cu.

Tabela 6 - Acúmulo de N e Cu por dois porta-enxertos, aos 81 dias de idade após o transplântio, fertirrigados com diferentes doses de nitrogênio e cobre.

Tratamento		Folha		Raiz sup. ⁽¹⁾		Raiz inf. ⁽¹⁾		Raiz total	
N	Cu	N	Cu	N	Cu	N	Cu	N	Cu
mg L ⁻¹		----- mg planta ⁻¹ -----							
<u>Cravo</u>									
120	0	223	0,08	67	0,02	47	0,02	114	0,04
120	5	292	0,11	72	0,04	57	0,03	130	0,07
120	10	263	0,11	71	0,07	47	0,03	118	0,10
120	20	265	0,17	68	0,11	48	0,05	116	0,16
240	0	284	0,09	79	0,02	42	0,02	121	0,04
240	5	311	0,11	71	0,04	56	0,03	127	0,06
240	10	268	0,11	67	0,05	45	0,02	112	0,07
240	20	263	0,13	67	0,10	42	0,04	109	0,13
Média		271	0,11	70	0,06	48	0,03	118	0,08
<u>Sunki</u>									
120	0	177	0,04	48	0,02	27	0,02	75	0,03
120	5	178	0,06	53	0,03	24	0,01	77	0,05
120	10	162	0,07	51	0,04	22	0,02	73	0,06
120	20	163	0,11	47	0,07	23	0,02	70	0,09
240	0	172	0,05	48	0,01	26	0,02	74	0,03
240	5	171	0,06	50	0,02	29	0,02	79	0,04
240	10	168	0,06	47	0,03	24	0,02	70	0,05
240	20	159	0,09	47	0,05	22	0,02	69	0,07
Média		169	0,07	49	0,03	25	0,02	73	0,05
Teste F ⁽²⁾									
PE		247,5*	83,1**	115,8**	68,8**	124,7**	33,2**	190,6**	102,2**
N		1,9 ^{ns}	1,5 ^{ns}	<0,1 ^{ns}	19,3**	0,4 ^{ns}	2,6 ^{ns}	0,2 ^{ns}	19,4**
Cu		3,4*	26,7**	0,9 ^{ns}	104,0**	3,0*	14,0**	2,6 ^{ns}	97,7**
PE*N		3,2 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0,8 ^{ns}	0,2 ^{ns}	1,5 ^{ns}	4,4*	0,1 ^{ns}	1,6 ^{ns}
PE*Cu		3,3*	0,6 ^{ns}	0,4 ^{ns}	8,8*	1,4 ^{ns}	6,2**	0,3 ^{ns}	11,6**
N*Cu		1,0 ^{ns}	1,0 ^{ns}	1,1 ^{ns}	1,8 ^{ns}	0,4 ^{ns}	1,3 ^{ns}	0,3 ^{ns}	1,9 ^{ns}

¹ sup. = superior, representa o volume de substrato na camada até de 20 cm da sacola da muda, e inf. = inferior, representa o volume de substrato na camada de 20-40 cm da sacola da muda.

² ^{ns}, *, **: não significativo, e significativo aos níveis de 5% e de 1%, respectivamente.

4.3 Pegamento de Borbulhas

A avaliação do pegamento das borbulhas da laranjeira Pêra comprovou a dificuldade de produção de mudas de citros sobre a tangerina Sunki no viveiro, cuja porcentagem de pegamento, neste último foi em média 66%, enquanto que no Cravo foi 85% (Figura 1). Essa diferença, que parece ser regulada por uma característica genética dos porta-enxertos, é frequentemente citada pelos viveiristas no Estado de São Paulo.

Se os dados observados ilustram um problema frequente nos viveiros, o efeito do suprimento de Cu sobre o pegamento de borbulhas ($P < 0,01$; Figura 1) aparece como uma nova informação no referido cenário, uma vez que o excesso de Cu aplicado na fertirrigação causou um decréscimo significativo do pegamento de borbulhas da laranjeira Pêra, sendo mais evidente para enxertos realizados sobre a tangerina Sunki. Por outro lado, o sucesso na enxertia sobre a tangerina Sunki parece ser também afetado em condições de baixa disponibilidade de Cu, pois neste porta-enxerto a porcentagem máxima de pegamento de borbulhas (75%) ocorreu na dose de $8,9 \text{ mg L}^{-1}$ do nutriente. Para o limão Cravo, o valor máximo foi de 88% para CR, na dose de $2,8 \text{ mg L}^{-1}$ de Cu. Já os menores valores observados para ambos porta-enxertos, estimados pelas curvas de regressão polinomial, foram 78% para CR e 55% para SK, na dose de 20 mg L^{-1} de Cu aplicado na fertirrigação.

Até onde se conheça, não são reportados dados de pesquisa acerca desse efeito sobre o pegamento das borbulhas no viveiro. O excesso de cobre causa inibição do crescimento das plantas e prejudica importantes processos celulares como fotossíntese e respiração, pela inibição da atividade de um grande número de enzimas e prejuízos à manutenção da integridade de membranas (FERNANDES & HENRIQUES, 1991; YRUELA, 2005). Assim, é razoável afirmar que esses efeitos, diretos e/ou indiretos, sobre os processos bioquímicos da planta estariam comprometendo a integridade de tecidos e a produção de energia responsáveis pelo desenvolvimento da gema enxertada. FERNANDES & HENRIQUES (1991) ainda descrevem, que a toxicidade de Cu induz a produção de etileno em algas do gênero *Spirodella*. O acúmulo desse hormônio poderia estar associado à senescência dos tecidos na região de enxertia, o que diminuiria o pegamento das borbulhas.

A ausência da resposta à N para o pegamento de borbulhas, pode estar associada à discussão apresentada no item anterior, com base na época de desenvolvimento das mudas

no viveiro e na frequência de aplicação das soluções de fertirrigação como discutido anteriormente, uma vez que não se observou respostas às doses de N para os teores foliares e acúmulo do nutriente dentro de cada espécie porta-enxerto (Tabelas 2 e 6). No campo, o vigor excessivo das plantas pode causar sintomas típicos da deficiência de Cu (QUAGGIO & PIZA Jr., 2001), o que sugere, que no viveiro, as respostas da interação N*Cu pode ocorrer no período dos meses mais quentes, quando o desenvolvimento das mudas é mais vigoroso. Nessa condição, a importância do manejo desses nutrientes para o melhor desenvolvimento das mudas será mais destacado.

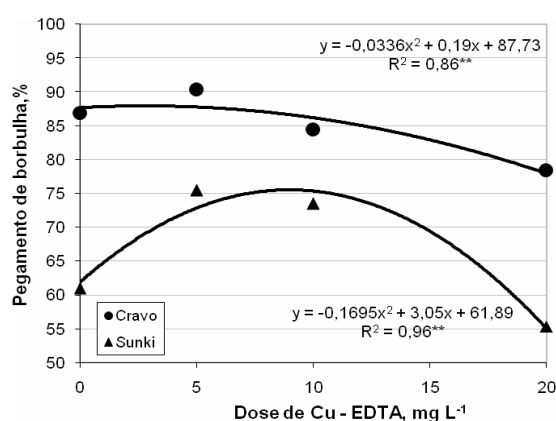


Figura 1 - Pegamento de borbulhas de laranjeira Pêra nos porta-enxertos de limão Cravo e tangerina Sunki fertirrigados com diferentes doses de Cu, avaliado 92 dias após a enxertia no viveiro. Dados agrupados dentro de porta-enxertos e doses de N; barras verticais indicam o desvio padrão da média ($n = 6$).

4.4 Mudanças da Laranjeira Pêra sobre dois Porta-Enxertos: Crescimento

O desenvolvimento das plantas no viveiro entre os períodos avaliados foi evidenciado pelo aumento da produção de massa seca da parte aérea (PA), das raízes (R) e do diâmetro de caule (d). Verificou-se, anteriormente à enxertia, para o limão Cravo (CR) PA = $13,2 \pm 1,3$ g planta⁻¹, R = $4,6 \pm 0,5$ g planta⁻¹ e d = $6,1 \pm 0,3$ mm, e para a tangerina Sunki (SK) PA = $9,5 \pm 1,4$ g planta⁻¹, R = $2,9 \pm 0,4$ g planta⁻¹ e d = $5,6 \pm 0,4$ mm. Já, na finalização das mudas, para a Pêra/CR, observou-se PA = $29,8 \pm 4,1$ g planta⁻¹, R = $14,8 \pm 2,0$ g planta⁻¹ e

$d = 11,5 \pm 0,7$ mm, e para a Pêra/SK, $PA = 23,8 \pm 3,6$ g planta⁻¹, $R = 10,3 \pm 1,3$ g planta⁻¹ e $d = 9,0 \pm 0,4$ mm. Assim, o desenvolvimento da laranjeira Pêra sobre o porta-enxerto de limão Cravo foi maior se comparado à tangerina Sunki ($P < 0,01$; Tabela 7).

A fertirrigação com doses de N e Cu e suas interações afetaram a resposta das mudas. A PA foi maior no tratamento com 240 mg L⁻¹ de N se comparado à menor dose do nutriente ($P < 0,05$; Tabela 7). Por outro lado, houve um decréscimo na produção de massa seca de raízes (R), o que determinou a relação PA/R para Pêra/CR de 1,9 e de 2,1 (médias dentro de porta-enxertos; $n = 24$), respectivamente, da maior para a menor dose de N. Similarmente, a relação PA/R para Pêra/SK foi de 2,5 e de 2,2.

Assim, ao contrário da primeira fase do experimento, ficou evidenciado a resposta ao suprimento de N pela fertirrigação em vista do significativo aumento de produção de massa seca das mudas. O N, por ser exigido em quantidade elevada e participar de importantes processos metabólicos das plantas, frequentemente demonstra efeito positivo para o aumento da produção de massa seca de mudas de citros no viveiro (VITÓRIA et al., 2001; RUSCHEL et al., 2001; SCIVITTARO et al., 2004).

Tabela 7 - Crescimento de mudas de laranjeira Pêra sobre porta-enxertos de limão Cravo e tangerina Sunki, aos 254 dias de idade após o transplante, fertirrigadas com diferentes doses de nitrogênio e cobre.

Tratamento		Produção de massa seca ⁽¹⁾						Tamanho ⁽²⁾		
N	Cu	folha	haste	raiz inf.	raiz sup.	raiz total	total	diâm.	altura	PA/R
mg L ⁻¹		g						mm	cm	
<u>Pêra/Cravo</u>										
120	0	13,8	13,3	6,6	7,2	13,8	40,9	11,4	90,2	2,0
120	5	15,2	16,4	7,2	9,8	17,0	48,6	11,7	92,4	1,9
120	10	13,0	13,9	5,5	8,2	13,7	40,6	11,5	93,2	2,0
120	20	12,3	12,2	5,3	7,8	13,1	37,5	10,6	79,7	1,9
240	0	15,4	15,8	6,0	7,8	13,9	45,1	11,7	92,8	2,3
240	5	16,2	18,4	6,9	9,6	16,6	51,1	11,8	95,8	2,1
240	10	17,2	15,5	6,9	8,5	15,4	48,2	11,9	97,2	2,1
240	20	15,3	14,8	6,9	8,5	15,4	45,5	11,7	85,7	2,0
Média		14,8	15,0	6,4	8,4	14,8	44,7	11,5	90,9	2,0
<u>Pêra/Sunki</u>										
120	0	13,2	12,7	3,7	6,7	10,4	36,2	8,9	77,9	2,5
120	5	13,6	13,3	3,7	7,8	11,5	38,4	9,6	86,8	2,4
120	10	11,3	11,8	4,0	7,3	11,3	34,4	9,4	83,7	2,0
120	20	7,2	10,1	3,3	5,9	9,2	26,5	8,8	70,2	1,9
240	0	11,7	11,0	2,9	5,5	8,4	31,1	8,9	85,4	2,7
240	5	11,8	12,6	4,5	5,8	10,3	34,7	8,8	87,0	2,4
240	10	13,5	12,9	4,6	6,3	10,9	37,3	9,0	94,1	2,4
240	20	12,6	11,0	4,2	6,0	10,1	33,7	8,9	88,9	2,3
Média		11,9	11,9	3,9	6,4	10,3	34,0	9,0	84,3	2,3
Teste F ⁽³⁾										
PE		39,2**	43,3**	161,7**	48,4**	129,8**	96,0**	243,5**	12,1**	22,1**
N		13,9**	4,6**	4,8*	1,2 ^{ns}	0,1 ^{ns}	7,3*	0,4 ^{ns}	12,0**	11,6**
Cu		4,8**	7,6**	2,9*	4,9**	6,2**	8,3**	2,3 ^{ns}	6,5**	5,2**
PE*N		2,1 ^{ns}	5,8*	0,2 ^{ns}	6,3*	4,1 ^{ns}	6,0*	6,0*	1,9 ^{ns}	0,5 ^{ns}
PE*Cu		0,6 ^{ns}	0,9 ^{ns}	1,7 ^{ns}	1,4 ^{ns}	1,6 ^{ns}	1,0 ^{ns}	0,1 ^{ns}	0,5 ^{ns}	1,2 ^{ns}
N*Cu		5,9**	0,4 ^{ns}	4,2*	1,2 ^{ns}	2,3 ^{ns}	3,7*	1,7 ^{ns}	1,3 ^{ns}	0,3 ^{ns}

¹ sup. = superior, representa o volume de substrato na camada até de 20 cm da sacola da muda, e inf. = inferior, representa o volume de substrato na camada de 20-40 cm da sacola da muda.

² diâm. = diâmetro do caule do porta-enxerto e PA/R = razão massa seca total da parte aérea e raiz.

³ ns, *, **: não significativo, e significativo aos níveis de 5% e de 1%, respectivamente.

O suprimento de Cu nas doses até de 10 mg L⁻¹ promoveu o melhor desenvolvimento das mudas sobre os dois porta-enxertos estudados, também avaliado pela produção de massa seca, diâmetro de caule e altura das plantas, se comparado ao tratamento sem a adição do nutriente. Na dose de 20 mg L⁻¹ de Cu, houve decréscimo daquelas características, demonstrando novamente o efeito da fitotoxicidade causada pelo excesso de Cu no manejo da fertirrigação. Esse prejuízo foi menor para a produção de massa seca de folhas, raiz inferior e conseqüentemente, massa seca total das mudas, nos tratamentos com a dose de N de 240 mg L⁻¹ (Figura 2). Também, destaca-se que para plantas sobre SK que receberam a maior dose de N, a produção máxima de MS total ocorreu com 11,5 mg L⁻¹ de Cu. Isto pode ser explicado pela maior demanda do micronutriente quando a produção de MS é maior.

No campo, o excesso da adubação nitrogenada é referido como causa da deficiência de Cu induzida nos citros (MALAVOLTA & VIOLANTE NETO, 1989), o que reitera a maior demanda deste nutriente à maiores doses de N. A variedade de laranja Westin tem muito vigor, principalmente quando enxertada em tangerina Cleópatra o que leva a maior ocorrência da deficiência de Cu nas plantas, caracterizada por saliências nos ramos novos, que desenvolvem até bolsas de goma que coalescem e cujo manejo é a redução da aplicação de N e o aumento das aplicações de Cu via foliar (QUAGGIO & PIZA Jr., 2001; MATTOS Jr. et al., 2005).

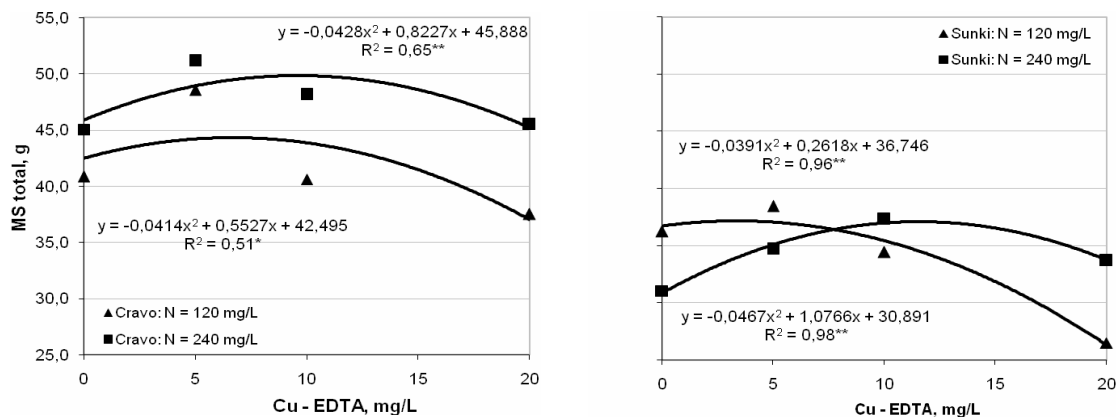


Figura 2 - Produção de massa seca total de mudas de laranjeira Pêra sobre porta-enxertos de Cravo e Sunki fertirrigadas com diferentes doses de N e Cu, avaliada 254 dias após o transplante no viveiro. Dados agrupados dentro de porta-enxertos e doses de N; barras verticais indicam o desvio padrão da média ($n = 6$).

4.5 Mudanças da Laranjeira Pêra sobre dois Porta-Enxertos: Estado Nutricional e Acúmulo de Nutrientes

A diferença varietal para porta-enxertos e as interações PE*N, verificadas anteriormente à enxertia das mudas, são evidentes também na avaliação da concentração foliar de nitrogênio, cálcio, cobre, ferro, manganês e zinco ($P < 0,05$; Tabela 8). Os teores médios de N nas folhas da Pêra/CR foi de $35,3 \text{ g kg}^{-1}$ na dose de 120 mg L^{-1} de N e de $35,8 \text{ mg kg}^{-1}$ de N na dose de 240 mg L^{-1} , enquanto que para a Pêra/SK, o mesmo foi de $32,5 \text{ g kg}^{-1}$ e de $34,5 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente ($n=12$; Tabela 8).

Com base na discussão anterior sobre a maior demanda de Cu em plantas sobre Sunki (Figura 2), é possível que os micronutrientes limitem o desenvolvimento das mudas nesse porta-enxerto em resposta ao suprimento de N, uma vez que se verificou menores concentrações médias nas folhas para a maior dose de N testada (N2), como segue, em mg kg^{-1} , Cu (13), Fe (148), Mn (90) e Zn (17), comparadas à condição N1, em mg kg^{-1} , Cu (22), Fe (196), Mn (115) e Zn (23) ($n=12$; Tabela 8). Essa resposta pôde ser associada à ocorrência dos sintomas visuais mais severos da deficiência de Mn nas mudas sobre Sunki, observados principalmente na maior dose de N aplicada na fertirrigação, embora tais

sintomas tenham sido reduzidos nas folhas de brotações mais novas com a aplicação do referido micronutriente via foliar e com o aumento da dose do Mn na solução de fertirrigação (item 4.4).

Tabela 8 - Concentração de macro e micronutrientes em folhas de mudas de laranjeira Pêra sobre dois porta-enxertos, aos 254 dias de idade após o transplântio, fertirrigadas com diferentes doses de nitrogênio e cobre.

Tratamento		Nutriente									
N	Cu	N	K	P	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn
mg L ⁻¹		g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹				
<u>Pêra/Cravo</u>											
120	0	35,3	28,5	2,1	15,1	4,0	48	18	196	93	21
120	5	35,7	27,5	2,3	16,3	4,2	54	19	199	97	25
120	10	35,2	26,6	2,5	14,9	4,4	47	21	186	77	20
120	20	34,9	27,3	2,1	15,0	4,1	49	23	177	82	22
240	0	33,9	23,8	1,9	19,2	3,7	43	18	192	99	20
240	5	36,4	24,1	2,0	17,3	3,5	44	20	200	107	24
240	10	36,5	27,1	2,4	16,6	4,1	46	20	173	87	27
240	20	36,5	26,0	2,5	16,1	4,6	63	24	200	129	31
Média		35,5	26,3	2,2	16,3	4,1	49	20	190	97	24
<u>Pêra/Sunki</u>											
120	0	30,8	24,1	2,1	15,3	4,2	38	22	168	102	21
120	5	32,0	27,3	3,0	19,6	6,1	59	26	240	131	25
120	10	33,5	26,0	2,2	14,4	4,4	46	20	184	123	23
120	20	33,8	27,8	2,4	16,0	4,6	52	21	191	102	23
240	0	33,2	25,0	2,3	14,0	4,2	44	16	184	94	18
240	5	36,1	27,8	2,1	14,3	3,7	34	10	116	82	15
240	10	34,8	26,0	2,1	14,9	3,8	42	13	150	91	18
240	20	34,2	25,3	2,2	14,2	3,9	47	11	142	84	16
Média		33,5	26,2	2,3	15,3	4,4	45	17	172	101	20
Teste F ⁽¹⁾											
PE		16,1**	<0,1 ^{ns}	0,5 ^{ns}	2,4 ^{ns}	0,2 ^{ns}	2,4 ^{ns}	5,6*	3,9 ^{ns}	0,6 ^{ns}	12,3**
N		6,6*	2,5 ^{ns}	2,0 ^{ns}	<0,1 ^{ns}	1,5**	1,9 ^{ns}	16,1**	6,2*	0,2 ^{ns}	2,2 ^{ns}
Cu		2,7 ^{ns}	0,7 ^{ns}	1,0 ^{ns}	1,4 ^{ns}	0,6 ^{ns}	2,4 ^{ns}	0,3 ^{ns}	0,6 ^{ns}	0,2 ^{ns}	0,9 ^{ns}
PE*N		2,2 ^{ns}	1,6 ^{ns}	0,7 ^{ns}	9,8**	2,8 ^{ns}	1,3 ^{ns}	18,1**	7,1*	7,8**	20,1**
PE*Cu		0,2 ^{ns}	0,8 ^{ns}	1,7 ^{ns}	0,8 ^{ns}	1,8 ^{ns}	0,1 ^{ns}	2,4 ^{ns}	<0,1 ^{ns}	1,3 ^{ns}	1,6 ^{ns}
N*Cu		0,6 ^{ns}	0,4 ^{ns}	1,9 ^{ns}	1,6 ^{ns}	2,7 ^{ns}	3,4*	0,6 ^{ns}	2,4 ^{ns}	0,8 ^{ns}	2,0 ^{ns}

¹ ns, *, **: não significativo, e significativo aos níveis de 5% e de 1%, respectivamente.

Outra característica destacada entre os dois porta-enxertos estudados, na fase após a enxertia e até a finalização da muda, é observada com relação à menor concentração de nutrientes no tecido das raízes das porções superior e inferior da sacola das mudas sobre limão Cravo comparado às aquelas sobre Sunki (Tabelas 9 e 10, respectivamente).

Também, verificou-se que os teores médios de nutrientes nas raízes observados foram relativamente maiores para N, K, P e Mg e menores para Ca, Cu, Fe, Mn e Zn se comparados entre as duas fases no viveiro (aos 81 dias: Tabelas 4 e 5, e aos 254 dias: Tabelas 9 e 10). A característica desse último grupo de nutrientes, cuja redistribuição é restrita no floema, e também o acúmulo no substrato principalmente de Cu ao longo do período de 254 dias de desenvolvimento das mudas no viveiro (item 4.6), pode explicar esse aumento do teor do nutriente no tecido das raízes mesmo com o incremento de massa seca total das raízes (item 4.4).

A adição de Cu na solução de fertirrigação causou um aumento da concentração deste nutriente no tecido das raízes. Foram observados teores entre 12 mg kg⁻¹ e 95 mg kg⁻¹ de Cu nas raízes superiores e de 19 mg kg⁻¹ a 45 mg kg⁻¹ de Cu nas raízes inferiores de ambos porta-enxertos ($P < 0,01$; Tabelas 9 e 10). Ao contrário, a adição de Cu causou um decréscimo significativo ($P < 0,05$) nos teores de Mn das mesmas partes.

Nesse caso acima, a discussão acerca do equilíbrio iônico na solução do substrato, conforme item 4.2 também é válida, pois a maior atividade de uma forma iônica na solução do substrato pode diminuir a ocorrência de outra e conseqüentemente a disponibilidade do nutriente para absorção radicular. HUANG & ALVA (1999) avaliaram o efeito da aplicação de sulfato de cobre (de 0 a 400 mg kg⁻¹ de Cu) em três amostras de solo da Flórida e verificaram que a distribuição de várias formas químicas de Fe, Mn, Zn e Al (trocável, adsorvida, ligada a complexos orgânicos, precipitada e residual) foram afetadas, o que reduziu a absorção de nutrientes por *seedlings* de citrumelo Swingle com o aumento das doses de Cu. Esses resultados corroboraram dados anteriores em estudo desenvolvido em solução nutritiva (ALVA & CHEN, 1995).

A absorção *per se* deve ser acrescida à presente discussão, uma vez que pode haver competição entre esses íons pelos sítios de absorção na membrana celular. Neste contexto, o trabalho de SMITH & SPECHT (1952) desenvolvido com *seedlings* de citros para estudar a ocorrência da clorose em pomares da Flórida devida a deficiência de Fe, onde se

verificava acúmulo de Cu, Zn e Mn na camada superficial do solo, demonstrou a redução no crescimento vegetal com o aumento do Cu na solução nutritiva, associado também a ocorrência de sintomas visuais da deficiência de Mn nas plantas. Várias outras relações foram reportadas, contudo ainda destaca-se que à concentração 10 mg L^{-1} de Cu na solução, reduziu-se os teores de Zn nas folhas e hastes e diminuiu-se o acúmulo de Mn nas raízes e Fe nas folhas. Resultados similares foram obtidos por UPADHAYAY & AWASTHI (2005) para mudas de macieira var. Starking Delicious mantidas durante 120 dias em solução nutritiva. A absorção de Fe, Zn e Mn diminuiu quando a concentração de Cu na solução nutritiva foi superior a $0,25 \text{ mg L}^{-1}$.

Tabela 9 - Concentração de macro e micronutrientes nas raízes de mudas de laranjeira Pêra sobre dois porta-enxertos aos 254 dias de idade após o transplantio, na porção superior⁽¹⁾ da sacola, fertirrigadas com diferentes doses de nitrogênio e cobre.

Tratamento		Nutriente									
N	Cu	N	K	P	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn
mg L ⁻¹		g kg ⁻¹				mg kg ⁻¹					
<u>Pêra/Cravo</u>											
120	0	23,3	16,4	3,5	8,0	3,5	41	16	968	298	34
120	5	22,3	11,0	3,0	8,6	3,9	37	38	1548	268	46
120	10	22,8	11,9	3,5	8,5	3,8	47	63	1522	265	47
120	20	22,0	9,4	2,6	7,3	3,6	43	95	1650	180	50
240	0	26,1	19,7	3,7	8,6	4,2	51	13	1327	606	47
240	5	22,1	15,4	3,2	8,9	3,8	44	37	1583	547	62
240	10	21,6	8,7	3,3	8,7	3,3	36	51	1132	337	56
240	20	23,5	8,7	3,5	8,0	3,5	42	93	1413	338	51
Média		22,9	12,7	3,3	8,3	3,7	43	51	1393	355	49
<u>Pêra/Sunki</u>											
120	0	20,6	17,1	3,4	6,1	4,2	31	12	1159	285	35
120	5	25,8	25,2	3,4	5,3	4,7	39	32	1698	366	49
120	10	25,3	22,5	3,7	5,9	4,2	25	33	956	358	64
120	20	24,7	21,0	3,6	5,5	3,9	33	53	1058	355	60
240	0	27,9	22,9	3,4	7,1	4,5	39	11	1855	409	69
240	5	24,7	19,8	3,3	7,5	4,8	36	33	1409	431	51
240	10	25,5	22,9	3,5	7,2	4,9	41	43	1813	433	65
240	20	26,3	23,1	3,4	7,2	4,9	33	58	1655	362	75
Média		25,1	21,8	3,4	6,5	4,5	35	34	1450	375	58
Teste F ⁽²⁾											
PE		29,0**	166,8**	1,4 ^{ns}	64,7**	47,7**	17,5**	51,7**	0,4 ^{ns}	0,7 ^{ns}	4,5*
N		11,1**	1,4 ^{ns}	0,2 ^{ns}	18,8**	4,7*	2,4 ^{ns}	<0,1 ^{ns}	4,6*	33,0**	6,6*
Cu		0,7 ^{ns}	4,7**	1,0 ^{ns}	1,5 ^{ns}	1,4 ^{ns}	0,5 ^{ns}	126,0**	1,2 ^{ns}	3,6*	1,8 ^{ns}
PE*N		2,5 ^{ns}	<0,1 ^{ns}	2,3 ^{ns}	5,8*	6,0*	1,24 ^{ns}	3,3 ^{ns}	7,6**	8,4**	0,1 ^{ns}
PE*C _u		4,6**	12,9**	1,1 ^{ns}	1,0 ^{ns}	0,7 ^{ns}	0,8 ^{ns}	12,8**	1,4 ^{ns}	4,2*	1,1 ^{ns}
N*C _u		10,8**	3,4*	0,6 ^{ns}	0,3 ^{ns}	1,0 ^{ns}	1,1 ^{ns}	0,1 ^{ns}	2,0 ^{ns}	2,2 ^{ns}	1,0 ^{ns}

¹ porção superior, representa o volume de substrato na camada até de 20 cm da sacola da muda.

² ^{ns}, *, **: não significativo, e significativo aos níveis de 5% e de 1%, respectivamente.

Tabela 10 - Concentração de macro e micronutrientes nas raízes de mudas de laranja Pêra sobre dois porta-enxertos aos 254 dias de idade após o transplante, na porção inferior⁽¹⁾ da sacola da muda, fertirrigadas com diferentes doses de nitrogênio e cobre.

Tratamento		Nutriente									
N	Cu	N	K	P	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn
mg L ⁻¹		g kg ⁻¹				mg kg ⁻¹					
<u>Pêra/Cravo</u>											
120	0	24,6	20,6	2,9	6,6	4,0	40	19	834	279	22
120	5	23,8	15,9	2,5	6,0	3,7	28	23	798	231	20
120	10	23,5	15,4	3,0	6,8	4,2	27	38	940	231	30
120	20	24,4	12,8	2,7	6,3	3,9	31	45	1001	178	25
240	0	26,1	20,3	3,0	7,2	4,5	50	19	899	455	26
240	5	27,6	21,3	3,1	7,7	4,9	49	31	1265	502	38
240	10	24,0	11,2	3,3	8,7	4,7	58	37	1090	371	40
240	20	25,2	12,4	3,3	7,2	4,4	46	41	975	270	31
Média		24,9	16,2	3,0	7,1	4,3	41	32	975	315	29
<u>Pêra/Sunki</u>											
120	0	25,4	25,9	3,5	5,0	4,4	41	25	1421	379	27
120	5	28,1	32,3	3,4	4,5	4,7	45	33	1598	393	32
120	10	26,2	24,0	3,5	5,6	4,0	47	40	1125	374	39
120	20	27,4	26,6	3,5	4,6	4,1	44	27	1228	345	38
240	0	29,0	21,8	3,4	7,0	5,2	49	21	1479	462	33
240	5	28,4	25,7	3,3	5,5	4,7	47	22	1426	393	37
240	10	27,7	30,6	3,3	6,3	5,4	50	41	1856	495	40
240	20	27,8	29,4	3,2	5,2	4,4	43	39	1520	340	39
Média		27,5	27,0	3,4	5,5	4,6	46	31	1457	398	36
Teste F ⁽²⁾											
PE		11,2**	89,4**	11,5**	56,5**	3,3 ^{ns}	8,3**	<0,1 ^{ns}	38,0**	19,2**	9,9**
N		4,1*	0,1 ^{ns}	0,6 ^{ns}	30,0**	13,7**	50,5**	<0,1 ^{ns}	6,3*	33,5**	8,5**
Cu		0,7 ^{ns}	2,2 ^{ns}	0,5 ^{ns}	4,9**	1,0 ^{ns}	1,8 ^{ns}	16,4**	0,5 ^{ns}	6,9**	3,9*
PE*N		<0,1 ^{ns}	<0,1 ^{ns}	5,7*	0,4 ^{ns}	0,1 ^{ns}	26,7**	<0,1 ^{ns}	0,2 ^{ns}	10,1**	2,0 ^{ns}
PE*C _u		0,1 ^{ns}	5,5*	0,2 ^{ns}	1,3 ^{ns}	0,4 ^{ns}	1,0 ^{ns}	2,3 ^{ns}	0,3 ^{ns}	1,8 ^{ns}	0,3 ^{ns}
N*C _u		0,3 ^{ns}	0,5 ^{ns}	0,2 ^{ns}	0,5 ^{ns}	0,5 ^{ns}	1,8 ^{ns}	0,4 ^{ns}	1,2 ^{ns}	1,4 ^{ns}	0,7 ^{ns}

¹ porção inferior, representa o volume de substrato na camada de 20-40 cm da sacola da muda.

² ^{ns}, *, **: não significativo, e significativo aos níveis de 5% e de 1%, respectivamente.

Em função do maior vigor do porta-enxerto de limão Cravo no viveiro, cujas produções de massa seca da parte aérea da Pêra e das raízes da muda foram superiores aos da tangerina Sunki, houve estreita correspondência do acúmulo de N e Cu nos tecidos vegetais, isto é, a maior massa correspondeu à maior absorção de nitrogênio (Tabela 11). Assim, mudas (excluindo hastes) sobre CR absorveram 947 mg e 812 mg de N nas

condições N2 e N1, respectivamente, enquanto que, da mesma forma, aquelas sobre SK absorveram 695 mg e 630 mg de N. Da interação N*Cu ($P < 0,01$; Tabela 11), foi possível verificar que os maiores acúmulos de N nas plantas ocorreram entre as doses de 5 mg L⁻¹ e 10 mg L⁻¹ de Cu, sendo os maiores valores associados à maior dose de Cu na fertirrigação.

Por outro lado, no caso do cobre, dada a absorção excessiva desse elemento, mesmo associada à menor produção de massa seca das plantas, o acúmulo ocorreu frequentemente às maiores doses do nutriente. Assim, observaram-se valores médios nas folhas de 0,26 mg planta⁻¹ nas mudas sobre Cravo e de 0,16 mg planta⁻¹ naquelas sobre Sunki. Nas raízes, os teores no tecido vegetal da porção superior (CR: 0,42 mg planta⁻¹ e SK: 0,22 mg planta⁻¹) foram maiores que aquelas da porção inferior (CR: 0,20 mg planta⁻¹ e SK: 0,12 mg planta⁻¹) (Tabela 11). Essas diferenças são ainda verificadas na interação significativa para PE*Cu ($P < 0,01$; Tabela 11).

O balanço de nutrientes estimado para mudas de laranjeira Valência, realizado por BOAVENTURA et al. (2004), mostrou que a absorção de N foi cerca de 1500 mg planta⁻¹ e aquela de Cu foi cerca de 1 mg planta⁻¹; a solução de fertirrigação continha 196 mg L⁻¹ de N e 0,13 mg L⁻¹ de Cu. No caso do N, os valores podem ser considerados similares, uma vez que no presente estudo não foram somados os conteúdos das hastes dos porta-enxertos no momento da desbrota e também das hastes das mudas por ocasião da finalização aos 254 dias. Nota-se, que no trabalho de Boaventura e colaboradores, na ocasião da enxertia dos porta-enxertos (100 dias após o transplantio), cerca de 35% da matéria seca acumulada por plantas de citrumelo Swingle encontram-se nas folhas e 46% no caule. Para o limão Cravo, 35% da matéria seca acumulada ocorreu no caule e 40% nas folhas. O acúmulo de Cu nas mudas de Pêra foi bastante superior aqueles também reportados por Boaventura e colaboradores.

Das relações anteriores, ainda pôde-se estimar que a absorção de Mn pelas folhas das mudas foi máxima na dose de aproximadamente 5 mg L⁻¹ de Cu para CR e 8,5 mg L⁻¹ de Cu para SK (Figura 3) e que na dose de 20 mg L⁻¹ de Cu houve decréscimo acentuado da absorção do referido micronutriente, o que representa o mesmo para o Mn nas raízes.

Tabela 11 - Acúmulo de N e Cu por mudas de laranja Pêra sobre dois porta-enxertos, aos 254 dias de idade após o transplante, fertirrigados com diferentes doses de nitrogênio e cobre.

Tratamento		Folha		Raiz sup. ⁽¹⁾		Raiz inf. ⁽¹⁾		Raiz total	
N	Cu	N	Cu	N	Cu	N	Cu	N	Cu
mg L ⁻¹		----- mg planta ⁻¹ -----							
<u>Pêra/Cravo</u>									
120	0	486	0,25	167	0,12	163	0,13	330	0,25
120	5	541	0,28	218	0,36	170	0,17	388	0,53
120	10	458	0,28	186	0,51	130	0,22	316	0,73
120	20	428	0,28	171	0,73	130	0,24	301	0,97
240	0	521	0,27	205	0,10	158	0,12	363	0,22
240	5	588	0,32	214	0,36	191	0,21	405	0,57
240	10	628	0,34	183	0,43	167	0,25	350	0,68
240	20	559	0,37	198	0,78	174	0,28	372	1,06
Média		526	0,30	193	0,42	160	0,20	353	0,63
<u>Pêra/Sunki</u>									
120	0	406	0,29	139	0,08	93	0,09	232	0,17
120	5	432	0,35	201	0,25	104	0,12	305	0,37
120	10	377	0,23	185	0,24	106	0,16	291	0,41
120	20	242	0,17	144	0,31	91	0,09	235	0,40
240	0	387	0,19	153	0,06	81	0,06	235	0,12
240	5	427	0,12	143	0,19	128	0,10	270	0,29
240	10	467	0,18	160	0,26	129	0,19	289	0,46
240	20	432	0,14	157	0,34	116	0,16	273	0,50
Média		396	0,21	160	0,22	106	0,12	266	0,34
Teste F ⁽²⁾									
PE		70,5**	28,4**	21,5**	185,9**	81,8**	37,4**	61,8**	177,4**
N		26,9**	2,2 ^{ns}	<01 ^{ns}	0,4 ^{ns}	10,4**	2,3 ^{ns}	3,2 ^{ns}	0,3 ^{ns}
Cu		5,6**	0,5 ^{ns}	3,3*	150,3**	3,1*	13,2**	4,5**	115,5**
PE*N		1,1 ^{ns}	22,2**	4,1 ^{ns}	<0,1 ^{ns}	0,6 ^{ns}	0,2 ^{ns}	2,9 ^{ns}	<0,1 ^{ns}
PE*Cu		0,5 ^{ns}	3,4*	1,0 ^{ns}	30,2**	2,4 ^{ns}	2,3 ^{ns}	2,1 ^{ns}	22,8**
N*Cu		6,1**	3,0*	3,8*	1,3 ^{ns}	2,6 ^{ns}	1,6 ^{ns}	1,4 ^{ns}	2,0 ^{ns}

¹ sup. = superior, representa o volume de substrato na camada até de 20 cm da sacola da muda, e inf. = inferior, representa o volume de substrato na camada de 20-40 cm da sacola da muda.

² ^{ns}, *, **: não significativo, e significativo aos níveis de 5% e de 1%, respectivamente.

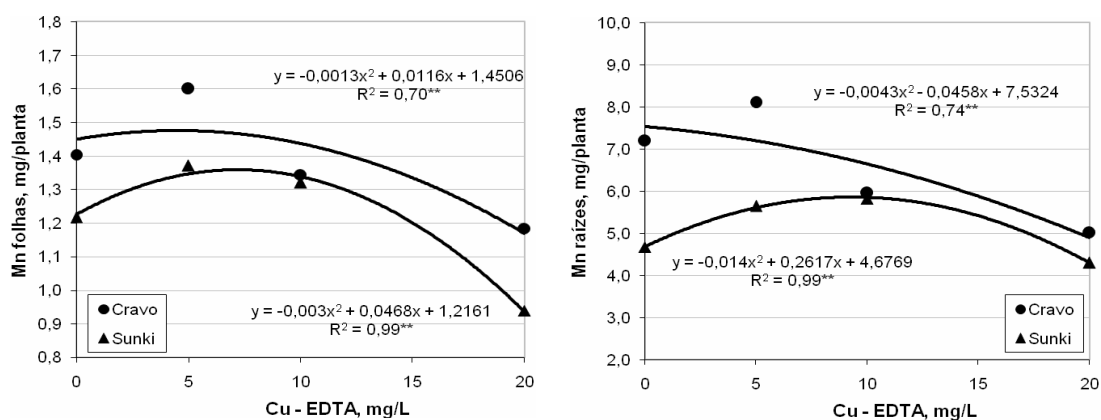


Figura 3 - Acúmulo de Mn nas folhas e raízes de mudas de laranjeira Pêra sobre porta-enxertos de Cravo e Sunki fertirrigadas com diferentes doses de Cu, avaliado 254 dias após o transplântio no viveiro. Dados agrupados dentro de doses de N ($n = 6$).

4.6 Concentração de Micronutrientes no Substrato de Produção das Mudas

Os teores de Cu no substrato foram maiores na camada superior da sacola se comparados com aqueles encontrados na camada inferior ($P < 0,01$; Figura 4). Houve efeito significativo das doses de Cu aplicadas via fertirrigação, bem como da interação camada * doses de Cu ($P < 0,01$). Embora o volume de água aplicado na fertirrigação tenha sido suficiente para molhar todo o volume de substrato da sacola, o incremento da concentração desse elemento foi cerca de três vezes maior na camada superior, isto é para cada intervalo da dose de Cu testada (5 mg L^{-1}), verificou-se um aumento do teor de Cu no substrato de 65 mg kg^{-1} na camada superior e 19 mg kg^{-1} na camada inferior da sacola (Figura 4).

As reações de adsorção do Cu na superfície de colóides do solo são bastante fortes e ocorrem pela formação de complexos Cu-ligante de alta energia (FERREIRA & CRUZ, 1991). Assim, a disponibilidade desse elemento para as plantas é uma função da contribuição e da composição da fração orgânica do meio de crescimento. Uma vez que o substrato à base de casca de pínus apresenta uma grande proporção de lignina, hemicelulose e celulose (MARTINEZ, 2002) e outros compostos orgânicos como resinas e taninos, é possível afirmar que o Cu foi adsorvido rapidamente na camada superior da sacola das mudas; ainda como o processo de dessorção desse metal é mais lento, uma menor

quantidade foi transportada para a camada inferior, o que então explica as diferenças observadas também para os maiores teores de Cu nas raízes das mudas da porção superior da sacola (itens 6.2 e 6.4).

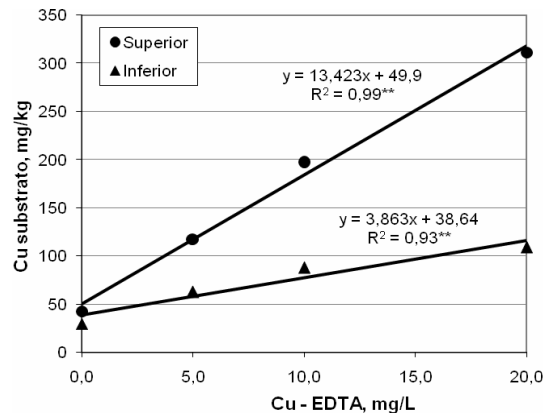


Figura 4 - Teores de Cu no substrato em duas camadas da sacola de produção, aos 254 dias após o transplante de mudas de citros fertirrigadas com diferentes doses de nitrogênio e cobre. Superior, representa o volume de substrato na camada até de 20 cm, e Inferior, representa o volume na camada de 20-40 cm da sacola da muda.

Os teores de Fe, Mn e Zn não variaram significativamente ($P > 0,05$) entre as camadas superior e inferior do substrato, embora houvesse tendência para essa diferença para Mn e Zn ao nível de probabilidade $P < 0,07$. Verificaram-se, em mg kg^{-1} , os seguintes teores médios para todos os tratamentos testados: Fe (12), Mn (201) e Zn (39).

5 CONCLUSÕES

O maior desenvolvimento das mudas no viveiro foi obtido com a concentração da solução de fertirrigação de 240 mg L^{-1} de N e 5 a 10 mg L^{-1} de Cu. Houve efeito depressivo com o fornecimento de 20 mg L^{-1} de Cu, que foi associado a teores de Cu na massa seca das folhas de 20 mg kg^{-1} e das raízes de 50 mg kg^{-1} de Cu. Esse prejuízo foi menor quando associado ao maior fornecimento de N.

A demanda de Cu foi maior para mudas sobre Sunki e na dose de 240 mg L⁻¹ de N aplicada na fertirrigação. O excesso de Cu ainda reduziu a absorção de Mn pelas mudas.

O pegamento de borbulhas foi maior entre 5 e 10 mg L⁻¹ de Cu, sendo este efeito mais perceptível para a tangerina Sunki, cujas médias foram menores que aquelas observadas para o Cravo.

Os teores de Cu nas raízes foram maiores na porção superior da sacola, o que coincidiu com a maior adsorção de Cu ocorrida também na camada superior com máximo acima de 300 mg kg⁻¹ de Cu, enquanto que na camada inferior, o máximo foi de 100 mg kg⁻¹ de Cu.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, T.R.P.; LEONEL, S.; GRASSI FILHO, H. Análise do crescimento de mudas cítricas em função do substrato e do fornecimento de cobre II. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007, Gramado - RS. Anais... Gramado: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007a., CD-Rom.

ALMEIDA, T.R.P.; LEONEL, S.; GRASSI FILHO, H. Crescimento de mudas cítricas em substrato de fibra de coco e o fornecimento de cobre via fertirrigação e foliar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 31., 2007, Gramado - RS. Anais... Gramado: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007b. Resumos, CD-Rom.

ALVA, A.K.; CHEN, Q. Effects of external copper concentrations on uptake of trace elements by citrus seedlings. *Soil Science*, Baltimore, v. 159, p. 59-64, 1995.

ALVA, A.K.; HUANG, B.; PARAMASIVAM, S. Soil pH affects copper fractionation and phytotoxicity. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 64, n. 3, p. 955-962, 2000.

AMARO, A.A.; MATTOS Jr., D.; POMPEU Jr., J. Pesquisa e desenvolvimento na citricultura. In: Mattos Jr., D.; De Negri, J.D.; Pio, R.M.; Pompeu Jr., J. *Citros*. Campinas: IAC e Fundag, 2005. p. 913-929.

BACKES, M.A. Composto de lixo urbano como substrato para plantas ornamentais. 1988. 80 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1988.

BARÓN, M.; LÓPEZ-GORGÉ, J.; LACHICA, M.; SADMANN, G. Changes in carotenoids and fatty acids in photosystem II of Cu-deficient pea plants. *Physiologia Plantarum*, v. 84, p. 1-5, 1992.

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 Agrônomo, 1983, 48 p. (Circular n. 78).

BERNARDI, A.C.; CARVALHO, S.A.; CARMELO, Q.A. Macronutrientes em mudas de citros cultivadas em vasos em resposta da adubação NPK. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 57, n. 4, p. 761-767, 2000.

BOAVENTURA, P.R.R. Demanda por nutrientes de porta-enxertos e mudas cítricas produzidas em substratos em ambiente protegido. 2003. 62 f. Dissertação (Mestrado em Gestão dos Recursos Agroambientais) - Instituto Agrônomo, Campinas.

BOAVENTURA, P.R.R.; QUAGGIO, J.A.; ABREU, M.F. Balanço de nutrientes na produção de mudas cítricas cultivadas em substrato. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 300-305, 2004.

BORDIGNON, R.A.F. Fontes de ferro e cobre na produção de porta-enxertos cítricos em substrato. 2008. 47 f. Dissertação (Mestrado em Gestão dos Recursos Agroambientais) - Instituto Agrônômico, Campinas.

BRYAN, O.C. Malnutrition symptoms of *Citrus*. Tallahassee: State of Florida Department of Agriculture, 1957. 63 p. (Bulletin 93)

CARVALHO, S.A. Produção de porta-enxertos cítricos sob doses crescentes de nitrato de potássio. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 29, n. 1, p. 87-90, 1994.

CARVALHO, S.A.; GRAF, C.C.D.; VIOLANTE, A.R. Produção de material básico e propagação. In: Mattos Jr., D.; De Negri, J.D.; Pio, R.M.; Pompeu Jr., J. Citros. Campinas: IAC e Fundag, 2005. p. 279-316.

CARVALHO, S.A.; LARANJEIRA, F.F. Protótipo de viveiro de mudas certificadas e borbulheiras sob telado à prova de afídeos do Centro de Citricultura-IAC. Laranja, Cordeirópolis, v. 15, n. 2, p. 213-220, 1994.

CARVALHO, S.A.; SOUZA, M. Doses e frequência de aplicação de nitrato de potássio no crescimento do limoeiro 'Cravo' e da tangerineira 'Cleópatra' em bandejas. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 31, n. 12, p. 815-822, 1996.

CASTLE, W.S.; ROUSE, R.E. Total mineral nutrient content of Florida citrus nursery plants. Proceedings of Florida State Horticultural Society, Tallahassee, v. 103, p. 42-44. 1990.

CHAPMAN, H.D.; LIEBIG, G.F. Nitrate concentrations and ion balance in relation to citrus nutrition, Hilgardia, Berkeley, v. 13, p. 141-173, 1940.

CHAPMAN, H.D.; LIEBIG, G.F. The effects of various nitrate concentration on the growth and composition of sweet orange seedlings. Soil Science Society America Proceedings, Madison, v. 2, p. 359-365, 1937.

COETZEE, J.G.K.; ESSELEM, L.; VAN ROOYEN, A. Fertilization of nursery trees - alternative method. In: WORLD CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF CITRUS NURSERYMEN, 2., 1993, South Africa. Proceedings: South Africa: International Society of Citrus Nurserymen, 1993. p. 143-150.

DE BOODT, M.; VERDONCK, O. The physical properties of the substrate in horticulture. Acta Horticulturae, The Hague, v. 26, p. 37-44, 1972.

DECARLOS NETO, A.; SIQUEIRA, D.L.; PEREIRA, P.R.G.; ALVAREZ V., V.H. Crescimento de porta-enxertos de citros produzidos em tubetes e influenciados por doses de N. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 199-203, 2002.

DEGRYSE, F.; SMOLDERS, E.; PARKER, D.R. Metal complexes increase uptake of Zn and Cu by plants: implications for uptake and deficiency studies in chelator-buffered. *Plant and Soil*, The Hague, v. 289, n. 1-2, p. 171-185, 2006.

DHILLON, K.S.; YAODEEN, B.A.; PLESHKOV, C. Micronutrients and nitrogen metabolism. I – Effects of different levels of micronutrients on nitrogen constituents in maize plants. *Plant and Soil*, The Hague, v. 73, p. 355-363, 1983.

DROPPA, M.; HORVÁTH, G. The role copper in photosynthesis. *Plant Science*, v. 9, p. 111-123, 1990.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. *Nutrição Mineral de Plantas: Princípios e Perspectivas*. Londrina: Planta, p. 63, 2004.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: <maio 2008>.

FERNANDES, J.C.; HENRIQUES, F.S. Biochemical, physiological and structural effects of excess copper in plants. *The Botanical Review*, Bronx, v. 57, p. 246-273, 1991.

FERRAREZI, R.S.; BATAGLIA, O.C.; FURLANI, P.R.; SCHAMMASS, E.A. Iron sources for citrus rootstock development grown on pine bark/vermiculite mixed substrate. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 64, n. 5, p. 520-531, 2007.

FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. Cobre. In: Ferreira, M.E.; Cruz, M.C.P. (Ed.). *Micronutrientes na agricultura*. Piracicaba: Potafos e CNPq, 1991. p. 131-157.

FURLANI, A.M.C.; BATAGLIA, O.C.; ABREU, M.F.; ABREU, C.A.; FURLANI, P.R.; QUAGGIO, J.A.; MINAMI, K. (Coord.). Caracterização, manejo e qualidade de substratos para produção de plantas. In: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 3. Campinas, 2002. Campinas: Instituto Agrônomo, 119 p. (Documentos IAC, 70).

GILBERT, S.G. A biochemical basis for copper-nitrogen balance in tung. *Plant Physiology*, Minneapolis, v. 26, n. 2, p. 298-405, 1951.

GIRARDI, E.A.; MOURÃO FILHO, F.A.A.; GRAF, C.C.D.; OLIC, F.B. Influence of soluble and slow release fertilizers on vegetative growth of containerized citrus nursery trees. *Journal of Plant Nutrition*, New York, v. 28, n. 9, p. 1465-1480, 2005.

HUANG, B.; ALVA, A.K. Copper amendmends and soil pH affect distribution of different forms of metals and their uptake by Swingle citrumelo seedlings. *Journal of Environmental Science and Health*, New York, v. 34, n. 6, 1065-1082, 1999.

JOAQUIM, D. *Produção de mudas de citros em condições controladas : casas de vegetação, substratos e recipientes*. Valência (Espanha), UVP - IVIA, 1997. 105 p.

JONES, W.W. & SMITH, P. Nutrient deficiency in citrus. In: HOWARD, B. & SPAGUE, H.B., eds. Hunger signs in crops. 3.ed. Nova Iorque, David Mc Kay Company, 1964, p. 353-383.

KE, WE; XIONG, Z.; CHEN, S.; CHEN, J. Effects of copper and mineral nutrition on growth, copper accumulation and mineral element uptake in two *Rumex japonicus* populations from a copper mine and in uncontaminated field sites. *Environmental and Experimental Botany*, Elmsford, v. 59, n. 1, p. 59-67, 2007.

LLORENS, N.; AROLA, L.; BLADÉ, C.; MAS, A. Effects of copper exposure upon nitrogen metabolism in tissue cultured *Vitis vinifera*. *Plant Science*, Shannon, v. 160, p. 159-163, 2000.

LOMBNÆS, P.; SINGH, B.R. Varietal tolerance to zinc deficiency in wheat and barley grown in chelator buffered nutrient solution and its effect on uptake of Cu, Fe, and Mn. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, Weinheim, v. 166, n. 1, p. 76-83, 2003.

MALAVOLTA, E.; VIOLANTE NETO, A. Nutrição mineral, calagem, gessagem e adubação dos citros. Piracicaba: Potafos, 1989. 153 p.

MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. London: Academic Press, 1995. 889 p.

MARTINEZ, P.F. Manejo de substratos para a horticultura. In: ENCONTRO NACIONAL DE SUBSTRATOS PARA PLANTAS, 3. Campinas, 2002. Campinas: Instituto Agrônômico, p. 53-76. (Documentos IAC, 70).

MATTOS Jr., D.; BATAGLIA, O.C.; QUAGGIO, J.A. Nutrição dos citros. In: Mattos Jr., D.; De Negri, J.D.; Pio, R.M.; Pompeu Jr., J. Citros. Campinas: IAC e Fundag, 2005. p.197-219.

MATTOS Jr., D.; QUAGGIO, J.A.; CARVALHO, S.A.; ABREU, M.F. Substratos para produção de mudas cítricas: caracterização da toxicidade de boro. *Laranja*, Cordeirópolis, v. 16, n. 1, p. 255-262, 1995.

MAUST, B.E.; WILLIAMSON, J.G. Nitrogen nutrition of containerized citrus nursery plants. *Journal of American Society for Horticultural Science*, Alexandria v. 119, n. 2, p. 195-201, 1994.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. Principles of plant nutrition. Dordrecht: Kluwer Academic Press. 2001, 849 p.

MOZAFFARI, M.; ALVA, A.K.; CHEN, E.Q. Relation of copper extractable from soil and pH to copper content and growth of two citrus rootstocks. *Soil Science*, Baltimore, v. 161, n. 11, p. 786-792, 1996.

NEVES, M.F.; LOPES, F.F.; TROBIN, V.G.; AMARO, A.A.; NEVES, E.M.; JANK., M.S. Caminhos para a citricultura – uma agenda para manter a liderança mundial. São Paulo: Atlas, 2007, 110 p.

PÁDUA Jr., A.L. Determinação da disponibilidade de cobre em substratos. 2006. 52 f. Dissertação (Mestrado em Gestão dos Recursos Agroambientais) - Instituto Agronômico, Campinas.

PARKER, D.R.; NORVELL, W.A.; CHANEY, R.L. GEOCHEM-PC: a chemical speciation program for IBM and compatible personal computers. In: Loeppert R.H. (Ed.). Soil chemical equilibrium and reaction models. SSSA, Madison, WI. 1995. p. 253-269. (SSSA special publication)

PERIN, J.R.; CARVALHO, S.A.; MATOS Jr., 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. 457-462, 1999.

POMPEU Jr., J. Porta-enxertos. In: Mattos Jr., D.; De Negri, J.D.; Pio, R.M.; Pompeu Jr., J. Citros. Campinas: Instituto Agronômico e Fundag, 2005. p. 61-104.

QUAGGIO, J.A.; PIZA Jr., C.T. Frutíferas tropicais. In: Ferreira, M.E.; Cruz, M.C.P.; Rajj, B. van; Abreu, C.A. Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura. Jaboticabal: CNPq, Fapesp, Potafos, 2001. p. 459-492.

RUSCHEL, J.; CAMARGO, Q.A.C.; BERNARDI, A.C.; CARVALHO, S.A.; MATTOS Jr., D. Leaf nutrient contents of Rangpur lime rootstock as affected by N, P, Ca and S fertilization. Scientia Agricola, Piracicaba, v. 61, n. 5, p. 501-506, 2004.

SAS INSTITUTE, Inc. The SAS System - Release 6.12. Cary, NC. 1996.

SCHAFER, G.; SOUZA, P.V.D.; KOLLER, O.C.; SCHWARZ, S.F. Desenvolvimento vegetativo inicial de porta-enxertos cítricos cultivados em diferentes substratos. Ciência Rural, Santa Maria, v. 36, n. 6, p. 1723-1729, 2006.

SCHUBERT, T.S. Copper deficiency of plants. Fla. Dept. Agric. & Consumer Serv., 1982. 2 p. (Plant Pathology Circular n. 241)

SCIVITTARO, W.B.; OLIVEIRA, R.P.; RADMANN, E.B. Adubação nitrogenada na formação de porta-enxertos de limoeiro ‘Cravo’ em tubetes. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 26, p. 131-135, 2004.

SECEX/MDIC. Secretaria do Comércio Exterior - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Disponível em: <<http://www2.desenvolvimento.gov.br/sitio/secex/secex/competencia.php>>. Acesso em: <maio 2008>.

SMITH, P.F.; SPECHT, A.W. Heavy-metal accumulation and iron chlorosis of citrus seedlings. Plant Physiology, Minneapolis, v. 28, n. 3, p. 371-382, 1953.

SONNEVELD, C.; van ELDEREN, C.W. Chemical analysis of peaty growing media by means of water extraction. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v. 25, n. (19&20), p. 3199-3208, 1994.

UPADHAYAY, S.K.; AWASTHI, R.P. Effect of substrate nutrient levels on micronutrients uptake by roots, shoots and leaves of apple. *Acta Horticulturae*, The Hague, v. 696, p. 219-222, 2005.

VITÓRIA, D.P.; DONADIO, L.C.; STUCHI, E.S. Influence of nitrogen and potassium fertilizers in Rangpur lime (*Citrus limonia* Osbeck) seedlings development. In: *PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONGRESS OF CITRUS NURSERYMEN*, 6. Riberião Preto. 2001. ISCN, EECB, Fundecitrus. p. 271-274.

WALKER, C.D.; LONERAGAN, J.F. Effects of copper deficiency on copper and nitrogen concentrations and enzyme activities in aerial parts of vegetative subterranean clover plants. *Annals of Botany*, London, v. 47, p. 65-73, 1981.

WILLIAMSOM, J.G.; CASTLE, W.S. A survey of Florida citrus nurseries. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, Tallahassee, v. 102, p. 78-82, 1989.

YRUELA, I. Copper in plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, Piracicaba, v.17, n.1, p.145-156, 2005.

ZANETTI, M.; FERNANDES, C.; CAZETTA, J.O.; CORÁ, J.E.; MATTOS Jr., D. Caracterização física de substratos para a produção de mudas cítricas sob telado. *Laranja*, Cordeirópolis, v. 24, p. 519-530, 2003.

7 ANEXOS

Anexo 1 - Concentração de macro e micronutrientes no tecido vegetal de porta-enxertos de limão Cravo e tangerina Sunki, com quatro meses de idade, no momento do transplântio para sacolas de formação de mudas.

PE	Parte ⁽¹⁾	N	K	P	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn
		g kg ⁻¹				mg kg ⁻¹					
Cravo	PA	20,4	16,0	1,7	7,2	2,3	19	12	32	1	12
	R	14,4	9,1	1,2	3,3	3,1	15	4	405	93	21
Sunki	PA	20,5	15,5	1,8	9,9	3,0	17	4	32	6	21
	R	17,4	10,9	2,4	3,2	2,5	17	5	540	176	55

¹ PA = parte aérea; R = raízes.

Anexo 2 - Características físicas⁽¹⁾ do substrato para produção de mudas cítricas utilizado no experimento.

Umidade volumétrica ⁽²⁾ (tensão, atm)				Densidade ⁽²⁾		
0,00	0,01	0,05	0,10	úmida	seca	
----- % -----				----- g L ⁻¹ -----		
55,8	48,0	29,8	26,5	392,4	294,5	
Distribuição de partículas (diâmetro das partículas, mm)						
<0,125	0,125-0,25	0,25-0,50	0,5-1,0	1,0-2,0	2,0-4,0	>4,0
----- % ⁽³⁾ -----						
4,0	4,0	7,0	10,0	11,0	30,0	34,0

¹ FCAV/Unesp Jaboticabal. Departamento de Solos e Adubos, Laboratório de Física do Solo.

² Curva de retenção de água, segundo De Boodt & Verdonck (1972) e densidade, segundo Hoffmann, descrito por Backes (1988).

³ Distribuição do tamanho de partículas (granulometria) utilizando-se peneiras de 4, 2, 1, 0,5, 0,25 e 0,125 mm de abertura; porcentagem em m/m.

Anexo 3 - Características químicas⁽¹⁾ do substrato para produção de mudas cítricas utilizado no experimento avaliadas por dois procedimentos laboratoriais.

Procedimento A ⁽²⁾														
pH	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	B	Cu	Mn	Zn	Umidade	C- orgânico	Relação C/N
	g kg ⁻¹	----- g kg ⁻¹ -----				----- mg kg ⁻¹ -----					%	g kg ⁻¹		
4,8	7,5	2,0	1,2	7,4	16,1	0,7	9,2	8,2	18,3	175,6	9,2	59,9	339,9	45,3
Procedimento B ⁽³⁾														
EC	N-NO ₃	N-NH ₄	P	Cl	S	K	Na	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Mn	Zn
dS m ⁻¹	----- mg L ⁻¹ -----													
1,6	117,9	3,5	65,0	5,7	26,4	117,2	1,1	90,2	114,3	0,1	<0,01	0,2	0,4	0,04

¹ Instituto Agronômico. Centro de Solos e Recursos Agroambientais, Laboratório de Análise de Solo e Planta.

² pH em água 1:1,5 ; teor total: P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn, Zn após digestão nítrico-perclórico e determinação por ICP-OES; N total por Kjeldahl; umidade a 65 °C (m/m); e C-orgânico: Walkley-Black.

³ Extrato saturado 1:1,5 (Sonnenveld & van Elderen, 1994); determinações: N-(amoniacoal e nitrato) por destilação; K, Ca, Mg, P, S, Cu, Fe, Mn e Zn por ICP-OES; C-orgânico: Walkley-Black; e N total por Kjeldahl.

Anexo 4 - Resumo da análise de variância do experimento⁽¹⁾.

Causa de variação	GL	QM	Teste F
Porta-enxerto (PE)	1	$SQ_{PE}/1$	QM_{PE}/QM_R
Doses N	1	$SQ_N/1$	QM_N/QM_R
Doses Cu	3	$SQ_{Cu}/3$	QM_{Cu}/QM_R
PE x N	1	$SQ_{(PE \times N)}/1$	$QM_{(PE \times N)}/QM_R$
PE x Cu	3	$SQ_{(PE \times Cu)}/3$	$QM_{(PE \times Cu)}/QM_R$
N x Cu	3	$SQ_{(N \times Cu)}/3$	$QM_{(N \times Cu)}/QM_R$
Resíduo (R)	35	$SQ_R/35$	
TOTAL	47		

¹ SQ = soma de quadrados; QM = quadrado médio.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)