

APLICAÇÃO DE COBRE EM MUDAS CÍTRICAS

MARCO ANTONIO TECCHIO¹; TATIANA PIRES DE ALMEIDA MERLIM²;
SARITA LEONEL¹ E HÉLIO GRASSI FILHO³

¹ Eng. Agrônomo, Doutor, Departamento de Horticultura, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu – SP, Caixa Postal 237. CEP: 18.610-307. E-mail: tecchio@fca.unesp.br; sarinel@fca.unesp.br.

² Eng. Agrônomo, Doutor, Pesquisador, Monsanto do Brasil, Uberlândia - MG. CEP: 38400-00. Email: Tatiana.merlin@monsanto.com

³ Eng. Agrônomo, Doutor, Departamento de Solos e Recursos Ambientais, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu – SP, Caixa Postal 237. CEP: 18.610-307. E-mail: heliograssi@fca.unesp.br.

1 RESUMO

A produção de mudas em viveiros telados é o alicerce da citricultura paulista e o manejo da adubação constitui-se num dos principais entraves do processo. Nessas condições, a deficiência e o excesso de cobre em mudas cítricas tornou-se um sério problema para os viveiristas. Nesse cenário, realizou-se o presente trabalho com o objetivo de avaliar os efeitos da aplicação cúprica em mudas cítricas. O experimento foi realizado em viveiro comercial localizado na cidade de Botucatu/SP e consistiu na aplicação de cinco tratamentos: T1 – testemunha, T2 - oxicloreto de cobre ($1,8 \text{ g L}^{-1}$), T3 - óxido cuproso (500 g L^{-1}), T4 - quelato de cobre EDTA ($0,04 \text{ mL L}^{-1}$) e T5 - sulfato de cobre ($2,5 \text{ g L}^{-1}$). Após a aplicação dos tratamentos, foram realizadas avaliações a cada 30 dias, durante 5 meses, da altura média de planta (cm), diâmetro médio do caule (mm), massa de matéria seca da parte aérea e radicular (g) e teor médio de cobre nas folhas (mg kg^{-1}) do porta enxerto de limoeiro 'Cravo' (*Citrus limonia*, Osbeck), nas duas primeiras avaliações e na variedade copa laranjeira 'Valência' (*Citrus sinensis*, Osbeck), nas três avaliações posteriores. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com parcelas subdivididas no tempo, onde as parcelas corresponderam aos tratamentos com cobre e as subparcelas aos meses de avaliação. Independentemente da fonte de cobre utilizada houve incrementos nas variáveis de crescimento avaliadas. O teor médio de cobre apresentou valores considerados excessivos, principalmente para os produtos aplicados via foliar.

Palavras-chaves: *Citrus limonia*; *Citrus sinensis*; fibra de coco; crescimento.

TECCHIO, M. A.; MERLIM, T. P. A.; LEONEL, S.; GRASSI FILHO, H.
COPPER FERTILIZATION IN CITRIC SEEDLINGS

2 ABSTRACT

Seedling production in protected nursery is the basis of the São Paulo state citrus culture, and fertilization management is one of the main pitfalls in the process. Copper deficiency and excess in citrus seedlings have become a serious concern for seedling nursery owners. Based

on these considerations, the study aimed at evaluating the effects of copper fertilization on citrus seedlings. The experiment was carried out at a commercial seedling nursery in Botucatu city/SP and consisted of 5 treatments: T1 – control, T2 – copper oxyfluoride (1.8 g L^{-1}), T3 – cupric oxide (500 g L^{-1}), T4 – copper chelate EDTA (0.04 mL L^{-1}) and T5 – copper sulphate ($2,5 \text{ g L}^{-1}$). After treatment allocation, monthly evaluations were performed for 5 months for mean plant height (cm), mean stem diameter (mm), above ground and root dry matter (g) and mean copper level in the leaves (mg kg^{-1}) of the rootstocks of the rangpur lime (*Citrus limonia*, Osbeck) in the two first evaluations. The three following evaluations were performed in the “Valencia” orange cultivar (*Citrus sinensis*, Osbeck). The experiment was completely randomized with a split plot design, in which plots corresponded to treatments with copper fertilization, and subplots to months of evaluation. Mean values of copper were considered excessive, mostly in the products applied to the leaves.

Keywords: *Citrus limonia*; *Citrus sinensis*; coconut fiber; growth.

3 INTRODUÇÃO

As plantas cítricas ocupam lugar de destaque na economia mundial, sendo que o Brasil, com tradição no mercado, é o maior produtor e exportador de suco concentrado de laranja (NEVES et al., 2011). De acordo com a Abecitrus (2013) existe uma projeção de crescimento de 3% ao ano da demanda dos mercados abastecidos pelo Brasil para os próximos anos, enquanto que a perspectiva do aumento da produção brasileira é de 1,9% ao ano.

O Brasil mantém a posição de maior produtor mundial de laranja, sendo o Estado de São Paulo o maior produtor nacional, onde praticamente toda a matéria-prima é processada e de onde o suco é exportado. Os indicadores mostram a grande importância econômica que a cadeia produtiva da laranja tem para o estado de São Paulo. O aumento da produtividade e da longevidade dos pomares se mostram fatores decisivos para manter a posição de liderança mundial.

A produtividade é função de vários fatores que podem ser controlados ou modificados pelo citricultor, principalmente na fase de implantação do pomar. Uma das prováveis causas do sucesso de São Paulo na produção de laranjas está relacionada com a produção de mudas em viveiros telados, proporcionando um maior controle fitossanitário.

A muda é um dos insumos mais importantes para a formação de um pomar, tendo em vista o caráter perene da cultura. A importância da muda está no fato de que o potencial máximo de produtividade e de qualidade das frutas será revelado alguns anos após o plantio e a longevidade do pomar só será conhecida em um intervalo de tempo ainda maior (REZENDE et al., 2010). De acordo com o relato de Merlin et al. (2012), todos os níveis de produtores de mudas cítricas apresentaram algum tipo de problema na formação das mudas em ambientes telados, entre eles os mais encontrados foram as deficiências e ou excessos nutricionais e o manejo da fertirrigação.

A adubação empregada em viveiros comerciais está baseada nos mesmos princípios utilizados para as plantas cultivadas em campo. O uso de soluções nutritivas completas, com macro e micronutrientes, em adição aos substratos é a forma mais comum de adubação na produção de mudas em viveiros comerciais. O manejo da nutrição nesses recipientes é complexo, pois deve ocorrer um equilíbrio entre a quantidade de sais que devem lixiviar, para não ocorrer excesso de salinidade no substrato e a que deve estar disponível para suprir a sua

necessidade para a absorção, para não haver deficiências ou toxicidade dos nutrientes (FERRAREZI et al., 2007).

Os relatos sobre possível deficiência ou excesso de cobre em citros referem-se normalmente às plantas adultas. A deficiência de cobre é frequente em plantas que se desenvolvem em solos com altos teores de matéria orgânica, nos quais esse elemento é complexado em formas orgânicas insolúveis, não disponíveis às plantas. A ligação principal do cobre com a matéria orgânica está nos ácidos húmicos e fúlvicos, os quais provavelmente formam complexos estáveis com o cobre (MATTOS JÚNIOR et al., 2010). Em decorrência da aplicação de maiores doses de nitrogênio (N) visando ao rápido crescimento das mudas, foram reportados problemas nos viveiros associados à deficiência de cobre (Cu), causada pelo excesso de N nos viveiros (MERLIN et al., 2012). Boaventura; Quaggio; Abreu (2004) verificaram teores elevados de cobre nas folhas e nas demais partes das mudas de laranja 'Valência', sugerindo que a exigência de mudas por esse micronutriente é superior àquela de plantas adultas.

O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito da aplicação de tratamentos com cobre no crescimento de mudas cítricas tendo como porta-enxerto o limoeiro 'Cravo' e variedade copa a laranja 'Valência', até atingirem o estágio para a comercialização.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em condição de ambiente protegido, em viveiro comercial produtor de mudas cítricas, na cidade de Botucatu-SP, situado a 22°54'13,8" S e 48°27'32,8" O. O viveiro tinha cobertura de filme plástico transparente, com tela a prova de afídeos e malha de 1 mm² nas laterais.

O trabalho teve início com a semeadura do porta-enxerto limoeiro 'Cravo' (*Citrus limonia* Osbeck), sendo que as sementes foram provenientes de doação do Centro Sylvio Moreira - IAC, Cordeirópolis, SP. Primeiramente foi realizada a esterilização das sementes com tratamento térmico a 52 °C por 10 minutos. Em seguida as sementes foram retiradas da água quente e colocadas para secar. Após a secagem das sementes procedeu-se o tratamento químico, onde 2 kg de sementes ficaram imersas em solução contendo 500 mL L⁻¹ de hipoclorito de sódio, 3 mL L⁻¹ de ácido muriático, 15 mL L⁻¹ de soda cáustica e 1 L de água, permanecendo na solução durante cinquenta minutos. Após este procedimento, realizou-se a lavagem das sementes e a remoção da película, com auxílio de pano limpo e desinfetado.

As sementes foram semeadas em tubetes de polipropileno com capacidade de 50 cm³, contendo substrato à base de fibra de coco. Antes de ser colocado nos recipientes, realizou-se o destorroamento do substrato e a adição de água, de acordo com a especificação do fabricante.

Foi realizada a análise química do substrato no Laboratório de Nutrição Mineral de Plantas, da Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Botucatu - SP. Baseado nos resultados da análise química do substrato, fez-se a recomendação para a fertirrigação, sendo realizada duas vezes por semana, com o auxílio de um motor JP 42 A e o chamado "chuveirinho", proporcionando um molhamento uniforme para todas as mudas. Para a realização da fertirrigação foi utilizada uma caixa d'água com capacidade para 500 litros de água, onde em 200 litros eram misturados os fertilizantes: nitrato de potássio (50 g), nitrato de amônio (300 g), MAP (400 g); sulfato de magnésio (200 g) e, posteriormente, fez-se a mistura com nitrato de cálcio (850 g), para evitar a formação de precipitado. Após 120 dias da

semeadura, foi realizado o transplântio das mudas para sacolas plásticas, com capacidade de 4 litros, também contendo fibra de coco como substrato e colocadas em bancadas a 50 cm acima do piso de pedra britada.

As aplicações dos tratamentos iniciaram-se aos 60 dias após o transplântio das mudas para as sacolas plásticas. Os tratamentos consistiram na aplicação de cobre via foliar, via fertirrigação ou via água de irrigação, conforme descritos abaixo:

T1: as plantas não receberam pulverização com cobre.

T2: aplicação foliar, em intervalos quinzenais, de 1,8 g L⁻¹ do produto comercial Recop (Novartis Biociências S.A.), composto por oxicloreto de cobre (840 g kg⁻¹);

T3: aplicação foliar, em intervalos quinzenais, de 3 mL L⁻¹ do produto comercial Coptrac (Yara Vita), composto por 500 g L⁻¹ de óxido cuproso;

T4: aplicação via fertirrigação, duas vezes na semana, adicionando-se quelato de cobre EDTA na concentração de 0,04mL do produto comercial Cobre Stoller (5% de N; 2,9% de S; 5% de Cu e 1,0% de Mn) L⁻¹ solução;

T5: aplicação via água de irrigação, uma vez por semana, com sulfato de cobre (Microsal), que apresenta 25% de Cu;

Nas aplicações foliares utilizou-se uma bomba costal. Para evitar a deriva durante o momento da aplicação dos tratamentos, utilizou-se uma barreira física, composta por duas estacas de madeira e plástico.

A enxertia das mudas foi realizada com borbulhas de laranjeira 'Valência' (*Citrus sinensis* L. Osbeck), decorridos 120 dias após o transplântio. As avaliações tiveram início aos 90 dias após o transplântio das mudas. Assim, realizaram-se cinco avaliações, a intervalos mensais, onde foram coletadas duas plantas por repetição de cada tratamento, ao acaso. As duas primeiras avaliações são referentes ao porta-enxerto enquanto que as demais nas mudas enxertadas com a variedade laranjeira 'Valência'. Avaliaram-se as variáveis: altura da planta, utilizando-se uma régua graduada (cm); diâmetro do caule dos porta-enxertos, medido na altura do colo, com auxílio de um paquímetro digital (mm) e a massa da matéria seca da parte aérea e do sistema radicular, que foram secas em estufas de ventilação por 48 horas à 60-65°C, pesadas em balanças de precisão (0,001g). Em cada época de avaliação, após a pesagem, as folhas foram lavadas com água destilada e deionizada, sendo posteriormente secas e moídas para análise química e determinação do teor de cobre, segundo metodologia descrita por Malavolta; Vitti; Oliveira (1997).

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado com parcelas subdivididas no tempo, sendo a parcela principal as fontes de cobre e as subparcelas as épocas de avaliações a cada 30 dias, com seis repetições. Cada parcela foi composta por vinte plantas. Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo realizado o teste LSD a 5% de probabilidade. Assim, compararam-se as médias dos tratamentos com as fontes de cobre e as épocas de avaliação, sendo comparada a primeira e a segunda avaliação, correspondente aos porta-enxertos, e a terceira, quarta e quinta avaliações, as quais corresponderam às mudas enxertadas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve efeito significativo das fontes de cobre na altura da planta e no diâmetro médio do caule dos porta-enxertos (Tabelas 1 e 2) havendo, no entanto, variações nas épocas de avaliação. Todavia, foi possível verificar que, independentemente da fonte de cobre utilizada, as plantas apresentaram um bom desenvolvimento, onde os valores médios da altura

da planta e do diâmetro médio do caule dos porta-enxertos na segunda avaliação foi significativamente superior aos resultados obtidos na primeira avaliação. Os valores médio obtidos na primeira e segunda época de avaliação foram de, respectivamente, 27,33 cm e 60,26 cm para a altura da planta e de, 3,4 mm e 5,0 mm para o diâmetro médio do caule dos porta-enxertos.

Tabela 1. Altura média de plantas (cm), nas cinco épocas de avaliações. FCA/UNESP/Botucatu, 2014.

| Tratamentos | Altura da planta (cm) | | | | |
|--------------------------|-----------------------|----------------|------------------|----------------|----------------|
| | Porta-enxertos | | Mudas enxertadas | | |
| | 1 ^a | 2 ^a | 3 ^a | 4 ^a | 5 ^a |
| 1. Testemunha | 28,25 aB | 58,50 aA | 46,33 aB | 51,58 aA | 54,83 aA |
| 2. Oxidoreto de cobre | 27,66 aB | 64,08 aA | 48,66 aB | 48,58 aB | 53,85 aA |
| 3. Óxido cuproso | 27,33 aB | 62,50 aA | 46,75 aB | 51,50 aA | 54,83 aA |
| 4. Quelato de cobre EDTA | 30,33 aB | 61,41 aA | 47,16 aA | 48,58 aA | 48,33 aA |
| 5. Sulfato de cobre | 25,08 aB | 54,83 aA | 49,00 aB | 51,97 aB | 56,92 aA |
| Médias | 27,33 | 60,26 | 47,58 | 50,20 | 53,70 |
| CV (%) | 11,09 | 22,62 | 9,49 | 8,36 | 11,61 |

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste t (P>0,05).

Na terceira, quarta e quinta avaliação, correspondentes às avaliações nas mudas já enxertadas, as plantas apresentaram menor desenvolvimento da parte aérea (Tabela 1). Notou-se que, nos tratamentos sem aplicação de cobre (testemunha) e no tratamento com óxido cuproso, houve diferença significativa na altura das plantas quando se compara os resultados obtidos na terceira e na quarta avaliação, evidenciando o maior desenvolvimento das mudas quando comparado aos demais tratamentos, nos quais houve variação na altura da planta apenas na quinta avaliação, quando comparada com as demais. Quanto ao diâmetro médio do caule dos porta-enxertos, obtiveram-se os maiores valores médios na quarta e na quinta avaliação, em relação à terceira. Notou-se que, na quinta época de avaliação, os tratamentos T1, T2 e T3 apresentaram um aumento no diâmetro médio do caule dos porta-enxertos de, respectivamente, 59%, 57% e 63%, quando comparado com os valores obtidos na terceira avaliação. Este incremento no diâmetro médio do caule dos porta-enxertos foi superior aos obtidos nos tratamentos T4 e T5, onde obtiveram-se valores de, respectivamente, 34 e 36%. Assim, sugere-se que as fontes compostas por quelato de cobre EDTA e sulfato de cobre, nas dosagens aplicadas via irrigação, prejudicaram o desenvolvimento das mudas.

Tabela 2. Diâmetro médio do caule dos porta-enxertos (mm), nas cinco épocas de avaliações. FCA/UNESP/Botucatu, 2014.

| Tratamentos | Diâmetro do caule (mm) | | | | |
|--------------------------|------------------------|----------------|------------------|----------------|----------------|
| | Avaliações | | | | |
| | 1 ^a | 2 ^a | 3 ^a | 4 ^a | 5 ^a |
| | Porta-enxertos | | Mudas enxertadas | | |
| 1. Testemunha | 3,5 aB | 4,6 aA | 6,3 aB | 9,2 aA | 10,0 aA |
| 2. Oxicloreto de cobre | 3,5 aB | 5,3 aA | 6,7 aB | 8,9 aA | 10,5 aA |
| 3. Óxido cuproso | 3,4 aB | 5,0 aA | 6,2 aB | 9,3 aA | 10,1 aA |
| 4. Quelato de cobre EDTA | 3,5 aB | 5,0 aA | 6,8 aB | 9,1 aA | 9,1 aA |
| 5. Sulfato de cobre | 3,3 aB | 5,0 aA | 7,2 aB | 9,4 aA | 9,8 aA |
| Médias | 3,4 | 5,0 | 6,6 | 9,2 | 9,9 |
| CV (%) | 10,06 | 7,54 | 8,56 | 10,15 | 11,03 |

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste t ($P > 0,05$).

Para as variáveis massa de matéria seca das folhas e do caule houve diferenças estatísticas na quinta época de avaliação (Tabela 3), sendo que para a massa da matéria seca das raízes houve diferenças na terceira e na quinta época de avaliação (Tabela 4). A matéria seca é o melhor indicador do crescimento da planta, sendo menos variável que a massa fresca, pois esta varia durante o dia, isso pela quantidade de água disponível no substrato, temperatura e outros fatores. Quando a planta é seca a 60 °C durante 48 horas, a massa é reduzida à cerca de 10 a 20% da inicial (BOAVENTURA; QUAGGIO; ABREU, 2004). Provavelmente, não houve diferença entre os tratamentos utilizados, em função do crescimento lento do porta-enxerto de limoeiro ‘Cravo’ nas primeiras avaliações do experimento (SETIN; CARVALHO; MATTOS JÚNIOR, 2005). Na quinta época de avaliação o tratamento com quelato de cobre EDTA apresentou a menor massa da matéria seca do caule e folhas, quando comparado com o tratamento com oxicloreto de cobre (Tabela 3).

Da mesma maneira que na parte aérea, foi observado que o acúmulo de matéria seca das raízes (Tabela 4) foi constante nas duas primeiras avaliações. Isto possivelmente pode ser explicado, como resposta a uma possível ambientação por parte das raízes ao substrato e recipiente, já que a primeira avaliação foi realizada aos 90 dias após o transplantio. Em consequência, quando é transplantada, a planta leva certo tempo até conseguir se restabelecer novamente e reiniciar o crescimento, o que também foi relatado por Rezende et al. (2010). Conforme os autores, a maior demanda por nutrientes ocorre após o transplantio (150 aos 180 dias) e após a enxertia (270 dias). Outro motivo pode ser devido ao baixo teor de nutrientes encontrados no substrato. O mesmo foi observado por Boaventura; Quaggio; Abreu (2004), em estudo comparando-se a fertirrigação e adubos de liberação lenta, onde a fertirrigação para o porta-enxerto limoeiro ‘Cravo’ foi superior ao citrumeleiro ‘Swingle’, justificando o maior vigor e precocidade.

Referente às épocas de amostragem, notou-se que os valores médios obtidos na massa da matéria seca das folhas, caule e raízes dos porta-enxertos na segunda época de avaliação foram significativamente superiores aos dados médios da primeira avaliação. Quanto às avaliações das mudas enxertadas, obtiveram-se na quinta época de avaliação os maiores valores médios da massa da matéria seca das folhas, caule e raízes dos porta-enxertos. Pelos dados obtidos, evidenciou-se o bom desenvolvimento das mudas, estando de acordo com os

dados obtidos da altura da planta (Tabela 1) e do diâmetro do caule do porta-enxerto (Tabela 2).

Comparando-se os valores obtidos na quinta e na terceira época de avaliação, obteve-se maior incremento na massa da matéria seca das folhas e do caule das mudas cítricas nos tratamentos T1 e T2, sendo de, respectivamente, 140% e 155%. A menor porcentagem de aumento, de 81%, foi obtida no T4, composto pelo quelato de cobre EDTA, evidenciando mais uma vez o efeito desfavorável dessa fonte de cobre no desenvolvimento das mudas. O desenvolvimento da parte aérea das mudas está diretamente relacionado com o sistema radicular.

A massa da matéria seca do sistema radicular foi crescente conforme foram ocorrendo às avaliações (Tabela 4). Os incrementos nessa variável revelam que as mudas não foram significativamente afetadas pelo excesso de cobre, no entanto, algumas raízes das plantas tratadas com óxido cuproso (T3), já apresentavam uma cor mais escurecida que a normal, o que pode indicar que se fossem efetuadas mais avaliações, os sintomas do excesso do nutriente poderiam ser mais evidentes. Também as mudas cítricas submetidas ao tratamento T4 (quelato de cobre EDTA), apresentaram menor incremento na massa da matéria seca das raízes (54%), quando se compara a terceira com a quinta época de avaliação, obtendo-se no tratamento testemunha (T1) aumento de 180% (Tabela 4). Conforme Soon; Clayton; Clarke (1997), o excesso de cobre ocasiona distúrbios no metabolismo, resultando em inibição do crescimento ou no desenvolvimento anormal da planta.

Tabela 3. Massa de matéria seca (g) de folhas e caule, nos cinco meses de avaliações. FCA/UNESP/Botucatu, 2014.

| Tratamentos | Massa de matéria seca de folhas e caule (g) | | | | |
|--------------------------|---|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 1 ^a | 2 ^a | 3 ^a | 4 ^a | 5 ^a |
| 1. Testemunha | 5,70 aB | 7,14 aA | 17,74 aC | 32,42 aB | 42,58 abA |
| 2. Oxicloreto de cobre | 5,86 aB | 9,03 aA | 17,04 aC | 26,68 aB | 43,42 aA |
| 3. Óxido cuproso | 6,70 aB | 7,84 aA | 17,87 aC | 27,49 aB | 37,54 abA |
| 4. Quelato de cobre EDTA | 5,96 aB | 10,16 aA | 17,71 aC | 24,25 aB | 32,01 bA |
| 5. Sulfato de cobre | 5,93 aB | 7,10 aA | 16,34 aC | 25,53 aB | 39,83 abA |
| Médias | 6,03 | 8,25 | 17,34 | 27,30 | 39,07 |
| CV (%) | 15,64 | 27,16 | 19,76 | 18,33 | 15,56 |

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste t (P>0,05).

Tabela 4. Massa da matéria seca da raiz (g), nos cinco meses de avaliações. FCA/UNESP/Botucatu, 2014.

| Tratamentos | Massa de matéria seca da raiz (g) | | | | |
|--------------------------|-----------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 1 ^a | 2 ^a | 3 ^a | 4 ^a | 5 ^a |
| 1. Testemunha | 2,82 aB | 5,83 aA | 17,23 abC | 31,73 aB | 48,26 abA |
| 2. Oxicloreto de cobre | 4,01 aB | 7,26 aA | 17,78 abC | 27,33 aB | 46,28 abA |
| 3. Óxido cuproso | 3,30 aB | 6,43 aA | 17,03 abC | 28,09 aB | 39,27 abA |
| 4. Quelato de cobre EDTA | 4,11 aB | 6,10 aA | 23,30 aC | 27,37 aB | 35,86 abA |
| 5. Sulfato de cobre | 3,00 aB | 5,00 aA | 14,74 bC | 25,69 aB | 54,02 aA |
| Médias | 3,45 | 6,12 | 18,02 | 28,11 | 44,83 |
| CV (%) | 27,16 | 20,81 | 19,36 | 19,23 | 16,59 |

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste t ($P > 0,05$).

Quanto ao teor de cobre nas folhas (Tabela 5), o tratamento T3, composto por óxido cuproso, apresentou-se superior aos demais tratamentos, em todas as épocas de avaliação. Este fato pode ser resultado do mecanismo de aplicação, sendo via foliar, em função do acúmulo do nutriente na cutícula da folha. Verificou-se que, os teores de cobre para este experimento foram considerados excessivos principalmente no tratamento T3 (óxido cuproso), que diferiu dos demais, em todas as épocas de avaliação (Tabela 5). De acordo com Yruela (2005), a toxicidade de cobre causa inibição no crescimento das plantas e prejudica importantes processos celulares como fotossíntese e respiração, pela inibição da atividade de enzimas e prejuízos na integridade da membrana.

Estudo realizado por Bordignon (2008) demonstrou que a máxima produção de massa seca das plantas de limoeiro 'Cravo' e de tangerineira 'Sunki', fertirrigadas com solução Cu-EDTA, foi obtida na dose de $3,0 \text{ mg L}^{-1}$ de Cu durante a fase de sementeira; já na fase entre o transplante e a enxertia, a resposta foi linear na dose de até $7,5 \text{ mg L}^{-1}$ de Cu. Segundo Mattos Júnior et al. (2010) o suprimento de cobre EDTA para porta-enxertos de limoeiro 'Cravo' e tangerineira 'Sunki', na dose de até 5 mg L^{-1} , determinou um aumento da massa seca das plantas em relação à testemunha. Doses de Cu maiores que 5 mg L^{-1} causaram efeito negativo sobre aquelas características, o que indica, toxicidade do nutriente. De acordo com os autores, houve redução do desenvolvimento das mudas com a dose de 20 mg L de Cu, demonstrando o efeito fitotóxico causado pelo excesso de cobre.

No presente trabalho, com exceção do tratamento controle (sem adição de cobre), os teores foram superiores aos obtidos pelos autores supracitados em todas as épocas de avaliação e o crescimento das mudas foi menor, principalmente nos tratamentos T3 (óxido cuproso) e T4 (quelato de cobre EDTA), porém não houve redução no crescimento das mudas.

Em plantas adultas, os casos de toxicidade de cobre, com teores disponíveis no solo superiores a 300 mg L^{-1} , as alterações manifestam-se nas raízes, que tendem a perder vigor, adquirem cor escura, apresentam engrossamento e paralisam seu crescimento. O excesso pode provocar deficiência em ferro, já que o cobre em excesso atua em reações que afetam o estado de oxidação do ferro, limitando sua absorção e translocação na planta. Outro efeito do excesso de cobre é a redução da absorção de fósforo (DECHEN; NACHTIGALL, 2006).

Boaventura; Quaggio; Abreu (2004) e Rezende et al. (2010) verificaram que o cobre apresentou os maiores teores médios em folhas de mudas cítricas, contrariamente aos outros micronutrientes (Fe, Mn e Zn) que acumularam em maior quantidade nas raízes,

demonstrando que as raízes foram o órgão de armazenamento do excesso desses nutrientes absorvidos pela planta. Tal fato está relacionado à sua ligação aos fosfolípidos encontrados no sistema radicular das plantas e a adsorção de Fe e Mn na rizosfera por ácidos orgânicos formando quelatos, demonstrando que a análise das raízes seja a maneira mais correta para o diagnóstico da toxicidade desses elementos. Já para o cobre, objeto de estudo do presente trabalho, os autores reportam que as folhas foram os órgãos que acumulam os maiores teores do nutriente, o que sugere que a exigência das mudas cítricas para cobre é bastante superior à exigência de plantas adultas no campo.

Tabela 5. Teor médio de cobre nas plantas (mg kg^{-1}), nas cinco épocas de avaliações. FCA/UNESP/Botucatu, 2014.

| Tratamentos | Teor de cobre (mg kg^{-1}) | | | | |
|--------------------------|---------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 1 ^a | 2 ^a | 3 ^a | 4 ^a | 5 ^a |
| 1. Testemunha | 3,60 cA | 2,73 cA | 3,73 cA | 3,40 cA | 3,13 cA |
| 2. Oxicloreto de cobre | 15,00 bA | 5,46 bB | 32,00 bA | 32,60 bA | 39,60 bA |
| 3. Óxido cuproso | 88,60 aA | 62,80 aA | 67,30 aB | 76,66 aA | 72,46 aA |
| 4. Quelato de cobre EDTA | 10,46 bcA | 11,53 bA | 27,86 bA | 6,13 cB | 18,40 cA |
| 5. Sulfato de cobre | 7,26 bcA | 3,60 bcB | 4,33 cB | 2,60 cB | 46,00 cA |
| Médias | 24,9 | 17,22 | 27,01 | 24,28 | 27,64 |
| CV (%) | 23,12 | 43,41 | 41,50 | 20,96 | 42,83 |

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste t ($P > 0,05$).

6 CONCLUSÕES

Independentemente da fonte e dosagem de cobre utilizada, houve crescimento das mudas cítricas. No entanto, com o decorrer das avaliações, verificou-se que os tratamentos com óxido cuproso (500 g L^{-1}) e quelato de cobre EDTA ($0,04 \text{ mL L}^{-1}$), induziram um menor crescimento percentual, em relação aos demais tratamentos utilizados. O teor médio de cobre apresentou valores considerados excessivos, principalmente para os produtos aplicados via foliar.

7 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS EXPORTADORES DE CÍTRICOS. Disponível em: <http://www.abecitrus.com.br/informativo/nota_citricultura_out_05.html>. Acesso em: 5 nov. 2013.

BOAVENTURA, P. S. 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 Agrônomo, Campinas, 2008.

DECHEN, A. R.; NACHTIGAL, G. R. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. 432 p.

FERRAREZI, R. S.; BATAGLIA, O. C.; FURLANI, P. R.; SCHAMASS, 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.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MATTOS JÚNIOR, D.; RAMOS, U. M.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, P. R. Nitrogênio e cobre na produção de mudas de citros em diferentes porta-enxertos. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 135-147, 2010.

MERLIN, T. P. A.; LIMA, G. P. P.; LEONEL, S.; VIANELO, F. Peroxidase activity and total phenol content in citrus cuttings treated with different copper sources. **South African Journal of Botany**, Pietermaritzburg, v. 83, p. 159-164, 2012.

NEVES, M. F.; TROMBIN, V. G.; MILAN, P.; LOPES, F. F.; CRESSONI, F.; KALAKI, R. **O retrato da citricultura brasileira**. Ribeirão Preto: FEA/USP, 2011. 138 p.

REZENDE, C. F. A.; FERNANDES, E. P.; SILVA, M. F.; LEANDRO, W. M. Crescimento e acúmulo de nutrientes em mudas cítricas cultivadas em ambiente protegido. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 26, n. 3, p. 367-375, 2010.

SETIN, D. W.; CARVALHO, S. A.; MATTOS JÚNIOR, D. Recipientes e substratos à base de fibra de coco na produção de mudas de laranja 'Valência' sobre limoeiro 'Cravo'. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 26, n. 2, p. 337-348, 2005.

SOON, Y. K.; CLAYTON, G. W.; CLARKE, P. J. Content and uptake of phosphorus and copper by spring wheat: effect of environment, genotype and management. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 20, p. 925-937, 1997.

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