

REDISTRIBUIÇÃO DO ZINCO EM LARANJEIRAS

RAUL HENRIQUE SARTORI¹, ANTONIO ENEDI BOARETTO¹, TAKASHI MURAOKA¹,
FELIPE CARLOS ALVAREZ VILLANUEVA¹ e HENRIQUETA MARIA GIMENES FERNANDES¹

RESUMO

A deficiência de zinco encontrada, freqüentemente, nos pomares citrícolas está relacionada, em parte, à falta ou indisponibilidade do nutriente no solo e à sua mobilidade na planta. Assim, o conhecimento sobre a distribuição do Zn contido nas laranjeiras pode auxiliar o manejo da sua adubação. O objetivo deste trabalho foi avaliar a redistribuição do Zn interno para as partes novas das laranjeiras ‘Valência’ [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] enxertadas em citrumeleiro ‘Swingle’ [*Citrus paradisi* Macfad. cv. Duncan x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.]. O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação, sendo as mudas de laranjeira mantidas em vasos de plástico contendo solução nutritiva sem Zn. Antes de iniciar a emissão de novo fluxo de crescimento, adicionou-se ⁶⁵ZnCl₂ à solução nutritiva. Identificaram-se fluxos de crescimento emitidos após a adição de ⁶⁵Zn, colhendo-os quando desenvolvidos e, separando-os em ramos, folhas e frutos. O material vegetal foi colhido, seco e submetido à digestão. No extrato, determinou-se o Zn total por absorção atômica e, o ⁶⁵Zn, por cintilador sólido. O Zn absorvido pelas raízes foi distribuído pela planta e 21% do Zn já existente na planta, antes de se adicionar ⁶⁵Zn, foi redistribuído para as partes novas da planta.

Termos de indexação: nutrição, ZnCl₂ e fluxos de crescimento.

¹ Centro de Energia Nuclear na Agricultura - USP, Avenida Centenário 303, 13400-970 Piracicaba (SP).

² Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, Câmpus Muzambinho, Doutorando do Centro de Energia Nuclear na Agricultura - USP. E-mail: rsartori@cena.usp.br.

SUMMARY

REDISTRIBUTION OF ZINC IN ORANGE TREES

The zinc deficiency often found in citrus orchards is partly related to the lack of nutrients in the soil and its mobility in the plant. Thus, the knowledge on the distribution of Zn from pool within orange tree can aid on decision for fertilizer application. The objectives were to evaluate the redistribution of Zn within orange trees 'Valencia' variety [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] grafted on 'Swingle' citrumelo (*C. paradisi* Macfad. cv. Duncan x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.). Young orange trees were grown in plastic pots with complete nutrient solution without Zn. Before starting new flux emission, $^{65}\text{ZnCl}_2$ was added in the nutrient solution. The fluxes emitted after the addition of ^{65}Zn were identified and harvested when they were completely developed and split in branches, leaves and fruits. The harvested plant material was dried and digested and the ^{65}Zn was counted in a solid scintillation (NaI) counting system and total Zn determined in atomic absorption spectrophotometer. The Zn absorbed by the roots was distributed within the orange trees. Part of the Zn from the orange Zn pool (21% of total) was redistributed to the new parts of the plant.

Index terms: nutrition, ZnCl_2 , growth flushes.

1. INTRODUÇÃO

Em laranjeiras, emprega-se a aplicação foliar com Zn, Mn e B para prevenir ou corrigir suas deficiências. Segundo VITTI (1989), esses são os micronutrientes que limitam a produção de citros no Brasil. Para os citros, em específico, a deficiência de Zn é freqüente nos pomares brasileiros (QUAGGIO & PIZA JUNIOR, 2001).

A maioria dos micronutrientes apresenta baixa mobilidade no floema, limitando, assim, sua redistribuição na planta (QUAGGIO et al., 2003). O transporte limitado do Zn aplicado às folhas para as partes em crescimento exige que seja feita nova pulverização foliar a cada fluxo de crescimento (LABANAUSKAS et al., 1964; EMBLETON et al., 1965). No entanto, a necessidade de várias aplicações anuais tem sido fator economicamente limitante para aplicação de Zn via foliar.

O zinco é absorvido pelas raízes e folhas das plantas, predominantemente na forma catiônica Zn^{2+} , e, também, como Zn quelato (DECHEN et al., 1991). O processo de absorção é ativo em ambos os casos.

Os sintomas de deficiência de Zn aparecem nos ramos novos e são caracterizados por folhas pequenas, pontiagudas, estreitas, com faixas amarelas irregulares, contrastando com o fundo verde e com os ramos com internódios curtos. Sob condições severas de deficiência, a planta cítrica tem crescimento reduzido e pouca produção de frutos (WALLIHAN & HEYMANN-HERSCHBERG, 1956). SEXTON (2001) relatou que a queda de flores em laranjeiras pode chegar até 33% em razão da deficiência de Zn.

O Zn aplicado no solo e absorvido pelas raízes é rapidamente transportado para a parte aérea através do xilema. Testando a aplicação de Zn nas folhas e no solo, MACHANDA et al. (1972), verificaram que o teor do elemento nas folhas da laranjeira aumentou em ambos os tratamentos, porém na aplicação foliar não houve translocação do elemento para os novos brotos, ao contrário da aplicação no solo, na qual foi constatada translocação para as partes novas da planta.

A mobilidade de Zn no floema de feijoeiro também foi verificada por MARTINEZ et al. (2005), que constataram a retranslocação de Zn da parte aérea para o sistema radicular. Os autores relataram ainda que, em cafeeiro, a mobilidade no floema foi mínima.

A mobilidade do zinco existente na planta é considerada intermediária em relação aos elementos altamente móveis como potássio ou fósforo e imóveis, como cálcio e manganês (MARSCHNER, 1995). O Zn é redistribuído pelo floema de algumas espécies, como por exemplo o trigo (LONERAGAN et al., 1987; HASLETT et al., 2001) e o feijão (LIMA FRANCO, 1997).

Para determinar a mobilidade do Zn na planta, a técnica isotópica é de fundamental importância, pois permite distinguir o Zn aplicado (como adição externa) do Zn já existente na planta (como o conteúdo da biomassa).

Tendo em vista, a inexistência na literatura de resultados experimentais sobre a redistribuição de Zn contido na laranjeira, o objetivo deste trabalho foi avaliar a contribuição do Zn interno às partes novas da planta.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Três mudas de laranjeira ‘Valência’ [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] enxertada em citrumeleiro ‘Swingle’ [*Citrus paradisi* Macfad. cv. Duncan x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.] foram utilizadas para o ensaio desenvolvido em casa de vegetação, no Centro de Energia Nuclear na Agricultura, (CENA/USP) em Piracicaba (SP).

As laranjeiras, com dois anos de idade, foram cultivadas em sacos de plástico contendo substrato comercial Plantmax[®], que receberam adubação normal durante 150 dias até emitirem dois fluxos de crescimento, sendo, então, transplantadas para vasos de plástico com capacidade de 10 L, onde permaneceram por três dias em solução nutritiva sem zinco. Os vasos contendo as plantas foram postos sobre caixas de plástico para evitar possível contaminação da bancada com o radioisótopo. A bancada foi revestida duas vezes, sendo a primeira uma cobertura plástica e, a segunda, uma de papel, para absorver os possíveis respingos da solução radioativa.

Antes de iniciar a emissão de novo fluxo, a solução nutritiva foi renovada e, nela, adicionado ⁶⁵Zn com atividade de 11,88 μCi/vaso, o que correspondeu à atividade específica de 1,19 μCi L⁻¹. A solução nutritiva em que as plantas foram desenvolvidas continha 0,101 mg de Zn L⁻¹ + 0,017 mg de ⁶⁵Zn L⁻¹, sendo ambas as fontes ZnCl₂. A atividade específica da solução nutritiva foi de 10,08 μCi mg⁻¹. Após a aplicação do ⁶⁵Zn, retirou-se alíquota da solução nutritiva de cada vaso para utilizá-la como padrão na determinação da porcentagem de Zn proveniente da solução nutritiva (%Zn ppsn).

Preparou-se a solução nutritiva utilizada no desenvolvimento das plantas de acordo com SARRUGE (1975), com algumas modificações nos teores de Ca e K. A concentração de nutrientes (mg L⁻¹) em tal solução nutritiva foi: NH₄ = 25; NO₃ = 200; P = 31; K = 180; Ca = 300; Mg = 48; S = 64; B = 0,5; Cu = 0,02; Fe = 5,0; Mn = 0,6; Mo = 0,01 e Zn = 0,118. O volume de 10 L de solução nutritiva foi completado, diariamente, com água deionizada. O pH da solução nutritiva foi monitorado semanalmente com papel tornassol, sendo ajustado ao pH 5,5 ± 0,5 com NaOH 5 N ou HCl 1 N, sempre que necessário.

A solução nutritiva não foi trocada, entretanto, recebia 50% dos nutrientes da concentração inicial de SARRUGE (1975) modificada, a cada 30 dias, com exceção do Zn. Os fluxos de crescimento emitidos após o início do tratamento com ^{65}Zn foram identificados com barbante para serem separados do restante da planta no momento da coleta. Após desenvolvimento completo de novos fluxos, o que se deu 150 dias após a aplicação do ^{65}Zn na solução nutritiva, tempo em que permaneceram em solução, as três plantas foram colhidas e separadas em:

[a] partes novas emitidas após a adição de ^{65}Zn na solução nutritiva: ramos novos (Rn), folhas novas (Fn) e frutos maduros (FR);

[b] partes já existentes antes da adição do ^{65}Zn na solução nutritiva: ramos velhos (Rv), folhas velhas (Fv), caule (C); folhas velhas que se desprenderam da planta e caíram (Fc), caule do porta-enxerto (Cp) e raiz (R).

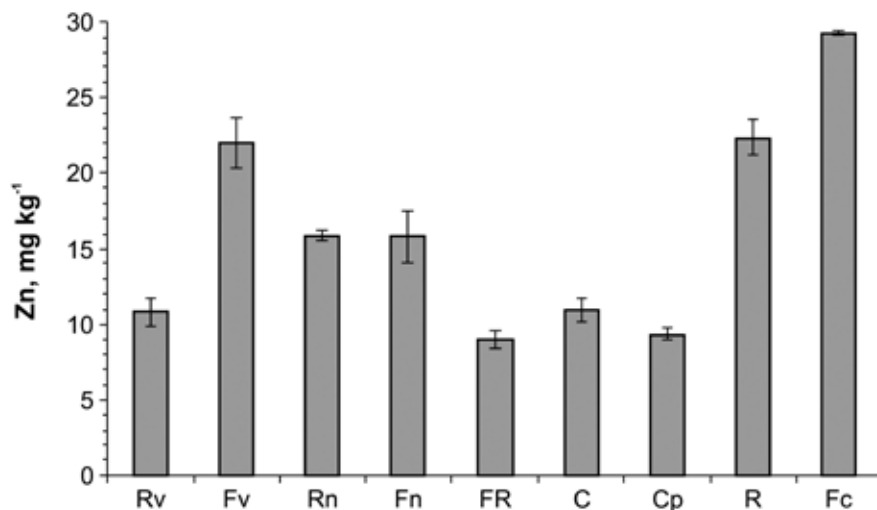
As partes da laranjeira foram lavadas em água destilada e o sistema radicular foi posto em água destilada repetidas vezes para que o excesso de ^{65}Zn contido na superfície da raiz fosse para a solução. Para determinação do Zn total (Zn_{Total}) nas amostras vegetais, seguiu-se o método descrito por MALAVOLTA et al. (1997). Com os resultados da análise química de Zn_{Total} , calcularam-se a média e o erro padrão da média de cada uma das partes amostradas.

O mesmo extrato utilizado para quantificar o Zn total foi empregado para contagem do ^{65}Zn , em espectrômetro gama monocanal acoplado a um cristal cintilador de NaI(Tl) de 3 x 3" tipo poço.

A relação obtida entre as contagens por grama da amostra (cpm/g) obtida no cintilador e a quantidade de Zn total (g) da amostra (espectrômetro de absorção atômica) recebe a denominação de atividade específica (AE). A porcentagem de Zn na planta proveniente da solução nutritiva (%Zn ppsn) foi determinada pela relação entre a AE da amostra e a AE do padrão. Já o cálculo da concentração do Zn na planta oriunda da solução nutritiva (Zn ppsn) foi pela multiplicação do %Zn ppsn pela concentração do nutriente na amostra e dividido por 100.

3. RESULTADOS DISCUSSÃO

As maiores concentrações de Zn ocorreram nas Fc e Fv, com exceção do sistema radicular, que ficou em contato com a solução nutritiva contendo Zn. As concentrações maiores de Zn nas Fc e Fv, quando comparadas com as folhas novas, evidenciam a restrita mobilidade desse elemento (Figura 1).



Rv (ramos velhos); Fv (folhas velhas); Rn (ramos novos); Fn (folhas novas); FR (frutos); C (caule); Cp (caule porta-enxerto); R (raiz); Fc (folhas velhas que caíram).

Figura 1. Teor de Zn total nas diferentes partes da laranjeira (valores médios, \pm erro padrão da média).

MARSCHNER (1995), baseando-se em dados da literatura, classificou o Zn como nutriente de mobilidade intermediária. Na literatura, não há estudos que quantifiquem a mobilidade do Zn existente em laranjeira.

Considerando que, em média, uma planta continha 5781 μg de Zn total no final do experimento, menos 662 $\mu\text{g planta}^{-1}$ (a parte proveniente da solução nutritiva, medida através do ^{65}Zn) tem-se que a planta tinha, no início do tratamento com ^{65}Zn , 5119 μg de Zn. Para as partes novas (Rn, Fn e FR) redistribuíram-se 1080 $\mu\text{g planta}^{-1}$ dos 5119 $\mu\text{g planta}^{-1}$ do Zn interno da planta, correspondendo a 21% do Zn existente na laranjeira antes de emitir novos fluxos. Resultado semelhante foi encontrado por SUDIA &

GREEN (1972), que, estudando translocação de Zn em soja, relataram que 24% de ^{65}Zn presente em sementes de primeira geração foi translocado para as sementes de segunda geração. Já HOCKING & PATE (1978), trabalhando com trevoço, verificaram que 80 a 90% do Zn presente nos cotilédones foi redistribuído para as plântulas.

O Zn redistribuído da reserva da planta (21%), representou 94% do Zn presente nas partes novas, demonstrando que, apesar de as plantas cítricas possuírem capacidade restrita de redistribuir o Zn, a pequena quantidade redistribuída contribuiu, em grande parte, com o Zn contido nas partes novas (Figura 2). O Zn proveniente da solução nutritiva corresponde apenas a 6% do Zn_{total} da parte nova da planta. Isso explica porque as plantas bem nutridas com Zn demoram a manifestar sintomas de deficiência quando cultivadas em solução deficiente do nutriente.

A quantidade de Zn absorvida da solução nutritiva, que foi em média 662 $\mu\text{g}/\text{vaso}$, correspondeu a 56% do total de Zn existente nessa solução. Como ao longo do experimento não foi acrescentado Zn, este nutriente contribui apenas com 6% do total de Zn acumulado nas partes novas que nasceram após a adição de ^{65}Zn à solução nutritiva. Os outros 50% do Zn proveniente da solução nutritiva acumularam-se nas partes velhas da planta. As folhas novas apresentaram amarelecimento, o que poderia ser reflexo do teor de Zn encontrado, que foi em média 16 mg kg^{-1} .

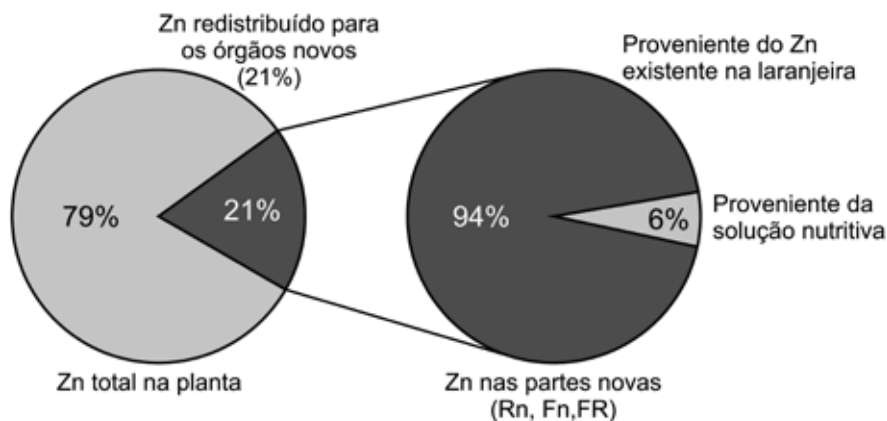
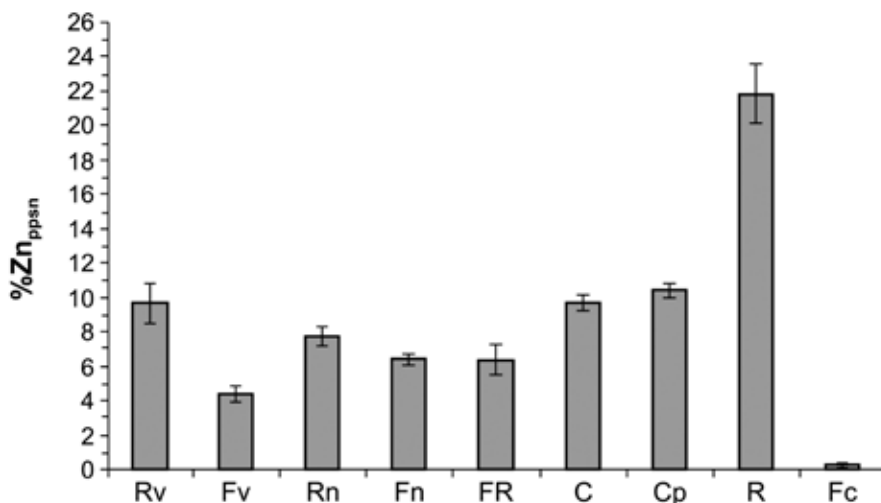


Figura 2. Zn da laranjeira redistribuído para as partes novas (ramos novos, folhas novas e frutos).

Pela Figura 3, constata-se que, na parte aérea, a porcentagem de Zn ppsn é maior nas partes velhas lenhosas (C e Rv) da planta, nas quais representam 10% do Zn_{Total} . Resultados semelhantes foram obtidos por MARTINEZ et al. (2005) em feijoeiro e cafeeiro: esses autores verificaram maiores teores de Zn no caule. McGRATH & ROBSON (1984) descreveram o caule como uma área temporária para acúmulo de micronutrientes em pinus. No entanto, PEARSON & RENGEL (1994), descreveram ainda que, o armazenamento de Zn no caule de trigo seria um mecanismo importante para alguns íons, relativamente imóveis, pois possibilitaria a remobilização do nutriente via xilema.

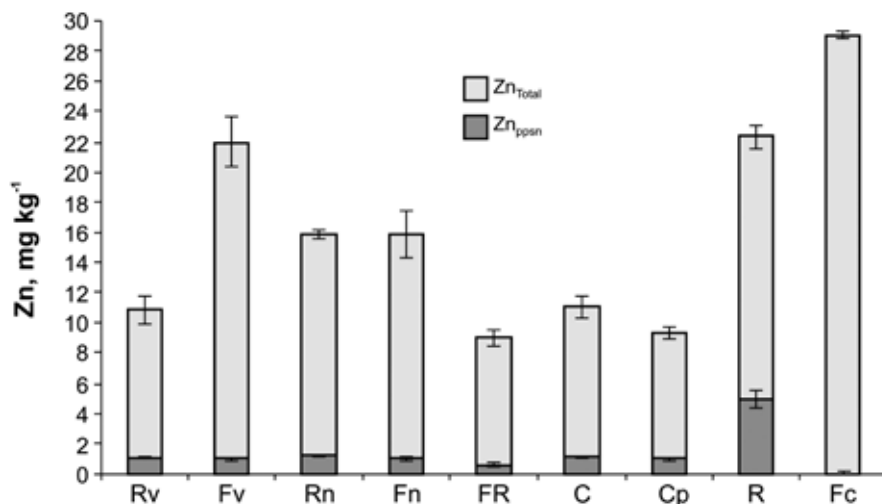
As folhas velhas (Fv), com 4% do Zn ppsn, foram os órgãos com a menor porcentagem do nutriente encontrado na planta toda. Nas raízes (R), verificou-se que 1/3 do Zn total provém da solução nutritiva. O Zn absorvido pelo sistema radicular foi distribuído de maneira eqüitativa entre os Rv e os Rn, demonstrando assim que, na disponibilidade de Zn no solo, os Rv, mesmo desenvolvidos, continuaram a acumular o nutriente, fato que pode ser comprovado pela técnica isotópica comparando a localização do Zn absorvido nas partes novas e velhas das plantas (Figura 4).



Rv (ramos velhos); Fv (folhas velhas); Rn (ramos novos); Fn (folhas novas); FR (frutos); C (caule); Cp (caule porta-enxerto); R (raiz); Fc (folhas velhas que caíam).

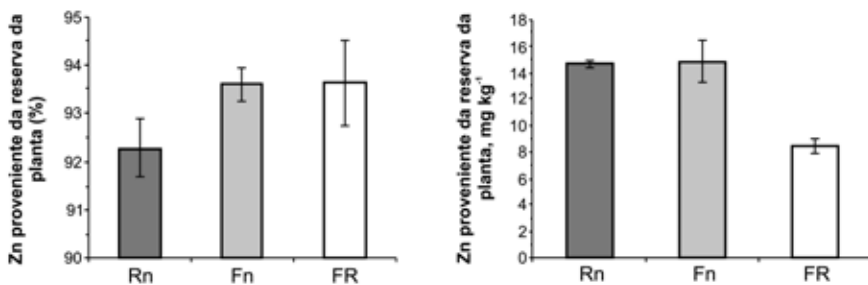
Figura 3. Partição do Zn ppsn absorvido nos diversos órgãos da planta (valores médios, \pm erro padrão da média).

A porcentagem de Zn nos órgãos novos (Rn, Fn e FR) da laranja, proveniente da reserva da planta chegou a 94% do Zn total. A quantidade de Zn proveniente da reserva contribuiu com 15, 15 e 8 mg kg⁻¹ de Zn nas concentrações do Rn, Fn e FR respectivamente (Figura 5).



Rv (ramos velhos); Fv (folhas velhas); Rn (ramos novos); Fn (folhas novas); FR (frutos); C (caule); Cp (caule porta-enxerto); R (raiz); Fc (folhas velhas que caíram).

Figura 4. Teor de Zn_{Total} e Zn ppsn (proveniente da solução nutritiva) nos diferentes órgãos da laranja (valores médios, ± erro padrão da média).



Rn (Ramos novos); Fn (folhas novas) e FR (frutos) (todos emitidos após a aplicação de ⁶⁵Zn na solução nutritiva).

Figura 5. Contribuição da reserva de Zn da planta para as diferentes partes novas (valores médios, ± erro padrão da média).

4. CONCLUSÕES

O Zn interno da planta é fonte importante para fornecer o micronutriente aos órgãos em formação, pois representou quase a totalidade de Zn presente em ramos novos, folhas novas e frutos. O Zn proveniente da solução nutritiva acumulou-se, principalmente, nas partes velhas da planta, na proporção de 8:1 com relação às partes novas.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo auxílio financeiro para a realização do experimento, e ao Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DECHEN, A.R.; HAAG, H.P. & CARMELLO, Q.A.C. **Mecanismos de absorção de nutrientes e translocação de micronutrientes**. In: FERREIRA, M.E. & CRUZ, M.C.P. (Eds.). MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA. Piracicaba: POTAFOS/CNPq, 1991. p. 79-98.
- EMBLETON, T. W.; WALLIHAN, E. F. & GOODALL, G. E. Effectiveness of soil vs. foliar applied zinc and of foliar applied manganese on California lemons. **American Society for Horticultural Science Proceedings**, Alexandria, v. 86, p. 253-259, 1965.
- HASLETT, B. S.; REID, R.J. & RENGEL, Z. Zinc mobility in wheat: uptake and distribution of zinc applied to leaves or roots. **Annals of Botany**, Oxford. v. 87, p. 379-386, 2001.
- HOCKING, P. J. & PATE, J. S. Accumulation and distribution of mineral elements in the annual lupins *Lupinus albus* L. and *L. angustifolius* L. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, 29, 267-280, 1978.
- LABANAUSKAS, C. K.; JONES, W. W. & EMBLETON, T. W. Effects of foliar applications of manganese, zinc and urea on yield and fruit quality of Valencia oranges and nutrient concentrations in the leave, peel and juice. **American Society for Horticultural Science Proceedings**, Alexandria, v. 82, p.143-153, 1964.
- LIMA FRANCO, I.A. **Translocação e compartimentalização de Zn em cafeeiro e feijoeiro, aplicado via raízes e folhas**. 66f. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa. 1997.

- LONERAGAN, J.F.; KIRK, G.J. & WEBB, M.J. Translocation and function of zinc in roots. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.10, n.9-16, p.1247-1254, 1987.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba : Potafos, 1997. 319p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. Academic Press, San Diego, 1995, 889p.
- McGRATH, J.F. & ROBSON, A.D. The influence of zinc supply to seedlings of *Pinus radiata* D. Don. on the internal transport of recently absorbed zinc. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.11, n.3, p.165-178, 1984.
- MACHANDA, H.R.; RANDHAWA, N.S. & SHUKLA, V.C. Relative efficacy of soil versus foliar applications of zinc to “Blood Red” variety of sweet orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck). **Indian Journal Agricultural Science**, v.42, n.4, p.347-351, 1972.
- MARTINEZ, H.E.P.; ZABINI, A.V.; FRANCO, I.A.L. & NOVAIS, R.F. Translocação e compartimentalização de Zn em função de doses aplicadas em feijoeiro e cafeeiro via radicular. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.3, p.491-497, 2005.
- PEARSON, J.N. & RENGEL, Z. Distribution and remobilization of Zn and Mn during grain development in wheat. **Journal of Experimental Botany**, v.45, n.281, p.1829-1835, 1994.
- QUAGGIO, J.A.; MATTOS JR., D.; CANTARELLA, H. & TANK JR., A. Fertilização com boro e zinco no solo em complementação à via foliar em laranja Pera. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 5, p. 627-634, 2003.
- QUAGGIO, J.A. & PIZA JR., C.T. Frutíferas tropicais. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M. C. P.; RAIJ, B. van & ABREU, C. A. (Eds.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq; FAPESP; POTAFOS, 2001. cap. 18, p.459-492.
- SARRUGE, J.R. Soluções nutritivas. **Summa Phytopatologica**, Jaguariúna, v. 1, n.3, p.231-233, 1975.
- SEXTON, R. Abscission. In: PESSARAKLI, M. (Ed.). **Handbook of plant and crop physiology**. 2. ed. New York, Marcel Dekker, 2001. p. 205-222.
- SUDIA, T. W. & GREEN, D.G. The translocation of Zn⁶⁵ and Cs¹³⁴ between seed generations in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.). **Plant Soil**, 37:695-697, 1972.
- VITTI, G.C. Calagem e adubação de citros. **Informações Agronômicas**, v.48, p.1-3, 1989.
- WALLIHAN, E. F. & HEYMANN-HERSCHBERG, L. Some factors affecting absorption and translocation of zinc in citrus plants. **Plant Physiology**, Rockville, v. 31, p.199-294, 1956.