

ACUMULAÇÃO DE MICRONUTRIENTES PELO CAFEIEIRO CONILON¹

Scheilla M. BRAGANÇA², E-mail:bragancasm@incaper.es.gov.br; Hermínia E. P. MARTINEZ³; Hélio Garcia LEITE³; Lucio P. SANTOS⁴; José A. LANI²; Carlos S. SEDIYAMA³; Víctor Hugo ALVAREZ V.³; Paulo R. MOSQUIM³.

¹Parte da tese de doutorado apresentada pela primeira autora à Universidade Federal de Viçosa; ²Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, Linhares, ES; ³Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG; ⁴Embrapa Amazônia Ocidental, Manaus, AM.

Resumo:

Com o objetivo de caracterizar a acumulação de micronutrientes pelo cafeeiro Conilon (*Coffea canephora*), foi conduzido um experimento na Fazenda Experimental do INCAPER, em Marilândia-ES, Brasil. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados com 24 tratamentos (época de amostragem) e três repetições. Cada parcela foi constituída por única planta, no espaçamento de 3,0 m x 1,5 m. Utilizou-se o clone 02, da variedade clonal EMCAPA 8111. As plantas foram removidas do solo por meio de jatos d' água e divididas em raiz, tronco + ramos ortotrópicos, ramos plagiotrópicos, folhas e frutos. Usando os valores médios de cada parte da produção de matéria seca e sua concentração de micronutrientes, foi calculada a acumulação de micronutrientes e a taxa de acumulação. Os conteúdos de Fe, Mn, B, Zn e Cu na planta aumentaram segundo uma função sigmoide, alcançando, no 72^o mês, 4.716,05 , 1.018,32 , 336,39 , 239,96 e 87,85 mg plant⁻¹, respectivamente. As folhas apresentaram maiores conteúdos de B e Mn e o tronco + ramos ortotrópicos os maiores conteúdos de Cu. As taxas de acúmulo dos micronutrientes foram máximas entre o 33^o e 42^o mês, exceção para o Cu que foi no 21^o mês.

Palavras-chave: *Coffea Canephora*, nutrição mineral, partição, taxa de acúmulo.

ACCUMULATION OF MICRONUTRIENTS BY THE COFFEE PLANT CONILON

Abstract:

With the objective to characterize the accumulation of micronutrients for the coffee plant Conilon (*Coffea canephora*), an experiment was carried-out at the Experimental Farm of the INCAPER, in Marilândia-ES, Brazil. The experimental design of randomized blocks was used with twenty-four treatments (date sampling) and three repetitions. Each plot was constituted by only one plant in the spacing of 3.0 m x 1.5 m. There was used the clone 02 of the clonal variety EMCAPA 8111. The plants were removed of the soil by means of water jets and divided into roots, trunk + orthotropic branches, plagiotropic branches, leaves and fruits. Using the mean values of each part dry matter production and their concentration of micronutrients, there were calculated the total micronutrients accumulation and their accumulation rates. The contents of Fe, Mn, B, Zn and Cu in the plant increased according to a sigmoid function, reaching, in the 72nd month, 4,716,05; 1,018,32; 336,39; 239,96 and 87,85 mg plant⁻¹, respectively. The leaves presented larger contents of B and Mn and the trunk + orthotropic branches the biggest Cu content. Except for the Cu that had the biggest accumulation rate in the 21nd month, the accumulation rates of micronutrients were maxims between 33nd and 42nd month.

Keywords: *Coffea Canephora*, mineral nutrition, partition, accumulation rates.

Introdução

As quantidades de nutrientes exigidas pelo cafeeiro Conilon durante o seu ciclo variam de forma significativa e a determinação do seu conteúdo por meio da análise de tecidos, juntamente com a determinação da taxa de acúmulo dos nutrientes minerais, revestem-se de grande importância. Em média, as plantas possuem cerca de 9 % de nutrientes minerais na matéria seca (Buchanan et al.,2000), existindo grandes diferenças entre as espécies e as quantidades totais exigidas.

Além da espécie e do genótipo, as quantidades de nutrientes acumuladas variam com o local e a época do ano, idade, órgãos e tecidos de uma mesma planta. De acordo com Kozłowski e Pallardy (1996), a partição destes nutrientes dentro de uma árvore, depende da distribuição de matéria seca e do teor de nutrientes nos diferentes órgãos e tecidos. Quando ocorre aumento em tamanho, a proporção da matéria seca de folhas diminui, enquanto a proporção de caule e casca aumenta. Conseqüentemente, é de se esperar que o conteúdo de minerais nestas partes apresentem este comportamento.

Devido ao seu alto potencial produtivo e exigência nutricional, o Conilon apresenta respostas marcantes à aplicação de nutrientes. Em experimentos instalados sobre Latossolo Amarelo, no norte do Espírito Santo, verificou-se acréscimo de 1.037% na produtividade, quando se comparou plantas que receberam adubação completa com aquelas que não receberam fertilizantes. O fornecimento de Zn e B, na presença de macronutrientes, calcário e palha de café, aumentaram a produtividade em 50 e 43%, respectivamente (Bragança et al., 1995).

O interesse pelo estudo dos micronutrientes, em plantas, tem aumentado gradativamente na última década em função dos recentes avanços alcançados pelas pesquisas que evidenciaram seu papel importante na resistência ao estresse e às doenças das plantas e, em extensão, dos animais (Welch, 1995).

No Brasil, as pesquisas relacionadas aos micronutrientes, em cafeeiros, somente desenvolveram-se a partir de 1955, sendo que antes de 1950 não se conheciam problemas envolvendo estes elementos nos cafezais brasileiros, devido ao baixo

consumo de fertilizantes contendo NPK e ao uso de quantidades razoáveis de adubo orgânico (Haag et al., 1991). Somente a partir da década de 1960, com os trabalhos de Catani et al. (1967), os resultados de pesquisa com micronutrientes começaram a ser publicados.

Segundo Catani et al. (1967), as quantidades de micronutrientes extraídas pela variedade Mundo Novo (*C. arabica*), aos dez anos de idade, para o desenvolvimento de seu tronco, ramos e folhas foram de 555 mg B; 37.157 mg Cl; 214 mg Cu; 3.765 mg Fe; 776 mg Mn; 1,6 mg Mo e 144 mg Zn. A extração de micronutrientes para produção de 2.000 kg frutos secos a 60° C foi de 24 g B; 3.380 g Cl; 21 g Cu; 55 g Fe; 19 g Mn; 11 g Zn e 0,15 g Mo. Trabalhando com variedades mais produtivas de Mundo Novo e Catuaí Vermelho (*C. arabica*), Corrêa et al. (1985) verificaram que aos 78 meses de idade estes cultivares acumularam 437 mg B, 506 mg Cu, 7.516 mg Fe, 564 mg Mn, 500 mg Zn e, 479 mg B, 497 mg Cu, 8.460 mg Fe, 787 mg Mn e 657 mg Zn, respectivamente. A exigência nutricional destas variedades foi crescente a partir dos seis primeiros meses até 78 meses de idade após o plantio (6,5 anos), independentemente da quantidade de fruto produzida.

Resultados de pesquisas mais recentes publicados por Cietto e Haag (1989) mostraram que a quantidade total de micronutrientes acumulada pelo cafeeiro *Coffea arabica* cv. Catuaí, aos cinco anos de idade, para o desenvolvimento do caule, ramos, folhas e frutos, foi de: 248,52 mg B, 104,43 mg Cu, 4.955,85 mg Fe, 1.863,39 mg Mn e 75,86 mg Zn. A exportação através da colheita, em função do conteúdo total da planta, foi 30% de B, 46% de Cu, 26% de Fe, 14% de Mn e 25% de Zn. Observou-se, ainda, uma variação nítida nas quantidades acumuladas de micronutrientes em função dos meses do ano.

Embora seu cultivo seja expressivo, em particular no Estado do Espírito Santo, informações sobre o acúmulo de micronutrientes pelo cafeeiro *Coffea canephora* cv. Conilon inexistem na literatura, de modo que o objetivo deste trabalho foi determinar o acúmulo de micronutrientes e sua partição nos diferentes órgãos desta espécie.

Material e Métodos

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos casualizados com 24 tratamentos e três repetições. Cada tratamento correspondeu a uma época de amostragem, realizada em intervalos de três meses, a partir do transplantio. Os blocos foram dispostos no sentido perpendicular à declividade do terreno, em uma área com 1.500 plantas, sendo cada parcela constituída por única planta. Cada bloco constou de 100 plantas úteis, conduzidas no espaçamento de 3,0 m entre linha e 1,5 m entre plantas. A coleta dos dados foi feita por meio de amostragens por bloco, em cada época, procurando-se com isso explorar ao máximo a área experimental e garantir representatividade das plantas amostradas. Foi colhida, aleatoriamente, mediante sorteio, uma planta, por época de amostragem, em três repetições.

Nas avaliações utilizaram-se mudas clonais do clone 02, pertencente à variedade clonal EMCAPA 8111, formada por dez clones de ciclo precoce de maturação dos frutos. As plantas úteis do clone 02 foram circundadas por mudas clonais propagadas a partir dos outros clones da mesma variedade, que constituíram a bordadura. As plantas foram conduzidas em livre crescimento e as adubações e os tratamentos culturais foram feitos de acordo com as recomendações de Bragança et al. (2001). Foram utilizadas, no plantio, mudas clonais de cinco meses de idade.

As três plantas foram retiradas do solo por meio de jatos d'água e em seguida foram seccionadas de forma a separar os seus órgãos em raiz, tronco + ramos ortotrópicos, ramos plagiotrópicos, folhas, e frutos. Os frutos foram avaliados com a casca; flores e botões florais não foram considerados. Determinaram-se as concentrações de Fe, Zn, Mn, B e Cu conforme metodologia descrita por Malavolta et al. (1997). O cálculo do conteúdo dos nutrientes nos órgãos da planta foi feito multiplicando-se os teores dos nutrientes pelos respectivos valores do peso da matéria seca, obtidos em cada amostragem, dividindo-se o valor por 100. As variáveis dependentes foram submetidas à análise de variância, utilizando-se o SAEG – Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas (Euclides, 2006). Na análise de regressão foram ajustados os modelos sigmóides disponíveis no software CurveExpert. A seleção do melhor modelo foi feita com base na análise gráfica dos resíduos e na análise do coeficiente de correlação entre valores observados e estimados da variável dependente, conforme Draper e Smith (1980).

Resultados e Discussão

O conteúdo total de Fe no cafeeiro Conilon aumentou até alcançar 4.716,05 mg planta⁻¹, aos 72 meses de idade após o transplantio, o que equivale a uma imobilização de 10,48 kg ha⁻¹ de Fé. A taxa de acúmulo de Fe observada para o cafeeiro Conilon aumentou até alcançar 108,90 mg mês⁻¹, no 42^o mês, diminuindo em seguida (Figura 1). Observou-se que aos 72 meses de idade o Fe foi o micronutriente mais acumulado pelo cafeeiro Conilon, com percentual de 74 % do total de micronutrientes distribuídos entre os vários órgãos analisados.

Do total de 4.716,65 mg de Fe acumulado na planta verificou-se que 3.390,31 mg (72 %) foram alocados nas raízes, 433,81 mg (9 %) no tronco + ramos ortotrópicos, 370,27 mg (8 %) nas folhas, 365,59 mg (8 %) nos frutos e 156,07 mg (3 %) nos ramos plagiotrópicos.

O conteúdo total de Fe acumulado pelo Conilon foi semelhante àquele encontrado por Catani et al. (1967) e Cietto e Haag (1989). Destaca-se que estes autores não incluíram as raízes em suas análises. Por outro lado, o conteúdo total de Fe acumulado pelo Conilon foi inferior àquele constatado por Corrêa et al. (1985), que encontraram 7.516,00 g e 8.460,00 mg de Fe, incluindo todos os órgãos das variedades Mundo Novo IAC-379/19 e Catuaí Vermelho (IAC 81), respectivamente. Entretanto, o elevado conteúdo de Fe constatado em raízes de cafeeiros, provavelmente, não reflete uma necessidade fisiológica da planta, mas sim a uma excessiva deposição deste elemento no apoplasto das células radiculares.

Após o Cl, o Fe é o micronutriente mais acumulado pelo cafeeiro (Catani et al., 1967; Cietto e Haag, 1989; Corrêa et

al., 1985). Nas plantas, aproximadamente, 80 % do Fe ocorrem nos cloroplastos, onde têm um papel importante na fotossíntese e biossíntese de proteínas e clorofila. É componente de sistemas redox, sendo constituinte enzimático das hemoproteínas (citocromos, catalases, peroxidases, leghemoglobina), ferrosulfoproteínas (ferredoxina, izoenzimas superóxido dismutase, aconitase), além de outras enzimas menos caracterizadas como as lipoxigenases e coproporfirinogenio oxidase (Buchanan, 2000; Marschner, 1995; Taiz e Zeiger, 2002).

O Mn foi o segundo micronutriente mais acumulado pelo cafeeiro Conilon, com um percentual de 16 % do total de micronutrientes distribuídos entre os diversos órgãos analisados. O conteúdo total aumentou até alcançar 1.018,32 mg planta⁻¹, aos 72 meses de idade após o transplante, o que equivale a uma imobilização de 2,26 kg ha⁻¹ de Mn. A taxa total de acúmulo de Mn observada para o cafeeiro Conilon aumentou até alcançar 62,55 mg mês⁻¹, no 42^o mês, diminuindo em seguida (Figura 1).

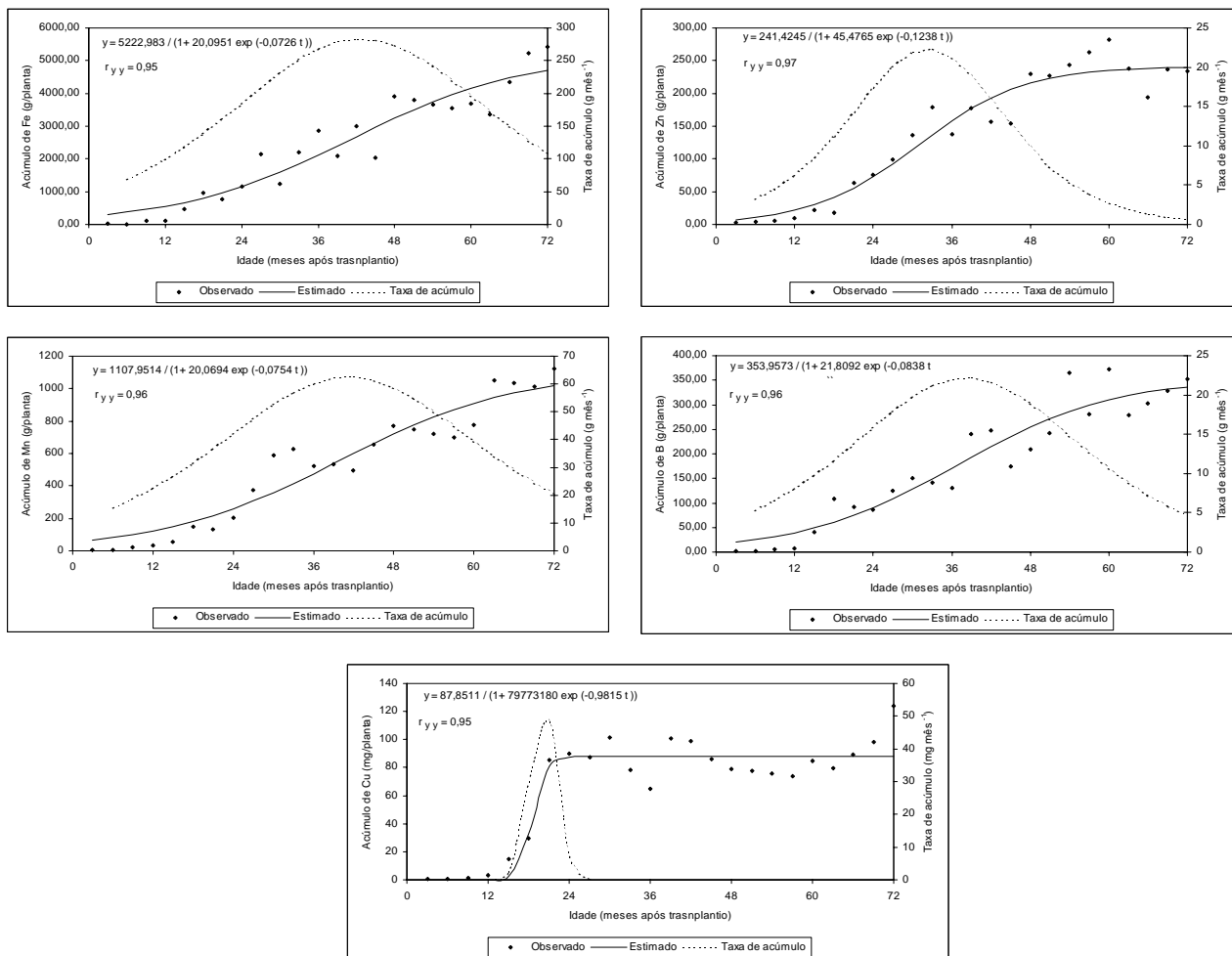


Figura 1 – Acúmulo total e taxa de acúmulo de Fe, Zn, Mn, B e Cu pelo cafeeiro Conilon, em função da idade.

Do total de 1.018,32 mg de Mn acumulado na planta, 386,55 mg (38 %) foram alocados nas folhas, 264,14 mg (26 %) nos ramos plagiotrópicos, 224,37 mg (22 %) no tronco + ramos ortotrópicos, 88,14 mg (9 %) nas raízes e 55,12 mg (5 %) nos frutos.

As quantidades totais de Mn acumuladas pelo cafeeiro Conilon foram superiores àquelas encontradas por Catani et al. (1967) e Corrêa et al. (1985) e inferiores àquelas encontradas por Cietto e Haag (1989), para *C. arabica*.

Além de ser essencial na síntese de clorofila, evolução do O₂ durante a fotossíntese e estrutura lamelar dos tilacóides dos cloroplastos, o manganês participa como co-fator de várias enzimas importantes como peroxidases e algumas ligadas ao metabolismo do C e do N. Sob deficiência ocorre redução no conteúdo de clorofila e constituintes das membranas do cloroplasto, como fosfolipídeos e glicoproteínas (Buchanan, 2000; Marschner, 1995; Taiz e Zeiger, 2002). Nas condições onde predomina o cultivo do Conilon, no norte do Estado do Espírito Santo, tem-se observado respostas marcantes à aplicação de Mn em lavouras instaladas sobre Latossolo Amarelo (Silveira e Carvalho, 1989).

Em trabalho sobre a avaliação do estado nutricional do cafeeiro Conilon no norte do Espírito Santo, por meio da análise foliar, Bragança et al. (1989) constataram que 60 % das lavouras amostradas estavam deficientes neste nutriente, sendo que, Silveira e Carvalho (1989) corrigiram sintomas visuais de deficiência aplicando sulfato de manganês a 1%, via foliar, elevando os teores iniciais de 7 para 21 mg kg⁻¹, quando os sintomas desapareceram.

O B foi o terceiro micronutriente mais acumulado pelo cafeeiro Conilon com um percentual de 5% do total de micronutrientes distribuídos entre os diversos órgãos analisados. O conteúdo total aumentou até alcançar 336,39 mg planta⁻¹

¹, aos 72 meses de idade após o transplântio, o que equivale a uma imobilização de 0,75 kg ha⁻¹ de B. A taxa de acúmulo de B, considerando-se toda a planta, aumentou até alcançar 22,20 mg mês⁻¹, no 39^o mês, diminuindo em seguida (Figura 1). As quantidades totais de B acumuladas pelo cafeeiro Conilon foram superiores àquelas encontradas por Cietto e Haag (1989) e inferiores àquelas encontradas por Catani et al. (1967) e Corrêa et al. (1985) para *C. arábica*.

Do total de 336,39 mg de B acumulado na planta, 111,96 mg (33 %) foram alocados nas folhas, 103,73 mg (31 %) no tronco + ramos ortotrópicos, 47,53 mg (14 %) nas raízes, 36,68 mg (11 %) nos frutos e 36,49 mg (11 %) nos ramos plagiotrópicos.

O B participa do crescimento celular, da biossíntese de componentes da parede celular, do metabolismo de fenóis, dos ácidos nucleicos, dos carboidratos e da AIA, além de conferir estabilidade e estrutura à parede celular (Buchanan, 2000; Marschner, 1995; Taiz e Zeiger, 2002). Ao lado do Mn e do Zn, é um micronutriente que tem proporcionado respostas significativas, com acréscimos de até 43 % na produtividade do cafeeiro Conilon (Bragança, et al. 1995), quando fornecido juntamente com os macronutrientes, cálcio e matéria orgânica.

O Zn foi o quarto micronutriente mais acumulado pelo cafeeiro Conilon, com percentual de 4% do total de micronutrientes distribuídos entre os diversos órgãos analisados. O conteúdo total aumentou até alcançar 239,96 mg planta⁻¹, aos 72 meses de idade após o transplântio, o que equivale a uma imobilização de 0,53 kg ha⁻¹ de Zn. A taxa de acúmulo de Zn, considerando toda a planta, aumentou até alcançar 22,32 mg mês⁻¹, no 33^o mês, diminuindo em seguida (Figura 1).

Esta quantidade de Zn acumulada em todos os órgãos do Conilon é superior àquelas encontradas para a variedade Catuaí (*C. arábica*), por Catani et al. (1967) e Cietto e Haag (1989) e inferior àquela encontrada por Corrêa et al. (1985), trabalhando com as variedades Mundo Novo (IAC-379/19) e Catuaí Vermelho (IAC 81).

Do total de 239,96 mg de Zn acumulado na planta, 145,54 mg (61 %) foram alocados para as raízes, 35,74 mg (15 %) para os ramos plagiotrópicos, 22,79 mg (9 %) para os frutos, 20,44 mg (9 %) para as folhas e 15,45 mg (6 %) para o tronco + ramos ortotrópicos.

Nas plantas, o Zn participa como co-fator estrutural, funcional ou regulatório de várias enzimas, dentre elas a anidrase carbônica, a Cu-Zn-superóxido dismutase, a RNA polimerase e a maioria das desidrogenases. Afeta o metabolismo de carboidratos, controlando a atividade de certas enzimas-chaves deste processo. É essencial para a manutenção da integridade estrutural das membranas e da biossíntese do ácido indoleacético (AIA) (Buchanan, 2000; Marschner, 1995; Taiz e Zeiger, 2002). Em café Conilon, o fornecimento de Zn na cova de plantio aumentou em 50 % a produtividade Bragança et al. (1995).

O conteúdo total de Cu no cafeeiro Conilon aumentou até alcançar 87,85 mg planta⁻¹, aos 72 meses de idade após o transplântio, o que equivale a uma imobilização de 0,20 kg ha⁻¹ de Cu. A taxa de acúmulo de Cu, considerando toda a planta, aumentou até alcançar 48,06 mg mês⁻¹, no 21^o mês, diminuindo em seguida (Figura 1). Trabalhando com a variedade Catuaí (*C. arábica*), Catani et al. (1967), Corrêa et al. (1985) e Cietto e Haag (1989) encontraram 214,0 mg, 497,0 mg e 101,43 mg de Cu, respectivamente.

Observou-se que aos 72 meses de idade o Cu foi o quinto micronutriente mais acumulado pelo cafeeiro Conilon, com um percentual de 2% do total de micronutrientes distribuídos entre os vários órgãos analisados. Do total de Cu acumulado na planta, 32,11 mg (37 %) foi alocado no tronco + ramos ortotrópicos, 21,68 mg (25 %) nas folhas, 16,25 mg (18 %) nas raízes, 16,20 mg (18 %) nos ramos plagiotrópicos e 1,61 mg (3 %) nos frutos.

Nas plantas, o Cu tem importante papel no metabolismo de carboidratos, lignificação da parede celular, biossíntese de substâncias envolvidas em processos de resistência das plantas a certas doenças, nodulação e fixação simbiótica do N. Participa de reações redox além de ser constituinte de vários tipos de proteínas como a plastocianina, citocromo oxidase, ascorbato oxidase, oxidases de fenóis amino oxidases e superóxido dismutase (Buchanan, 2000; Marschner, 1995; Taiz e Zeiger, 2002).

Conclusões

Os conteúdos de Fe, Mn, B, Zn e Cu na planta aumentaram progressivamente, alcançando, no 72^o mês, 4.716,05 mg, 1.018,32 mg, 336,39 mg, 239,96 mg, e 87,85 mg, respectivamente. A ordem de acúmulo foi: Fe > Mn > B > Zn > Cu. As folhas apresentaram maiores conteúdos de B e Mn e o tronco + ramos ortotrópicos o maior conteúdo de Cu. De modo geral, as taxas de acúmulo dos micronutrientes foram máximas entre o 33^o e 42^o mês, exceção feita para o Cu que foi no 21^o mês.

Referências Bibliográficas

Bragança, S.M., Carvalho, C.H.S., Dessaune, Filho N., Venegas, V.H.A, Lani, J.A., Fonseca, A.F.A e Silveira, J.S.M. (1995). Nutrição e Adubação do café *Coffea canephora* cv. Conilon, cultivado em Latossolo Amarelo coeso. II. Zinco-Boro-palha de café. In: 21^o Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, Caxambú. **Resumos...**, IBC/GERCA. p.110-111.

Bragança, S.M., Lani, J.A. e DeMuner, L.H. (2001). Café Conilon: Adubação e calagem. Vitória, ES: INCAPER, 31 p. (**Circular Técnica** n. 1).

Bragança, S.M., Venegas V.H.A, Carvalho, C.H.S. e Lani, J.A. (1989). Avaliação Nutricional do café conilon (*Coffea canephora*) através da análise foliar na região norte do estado do Espírito Santo: Manganês. In: 15^o Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, Maringá. **Resumos...**, IBC/GERCA. p.112-114.

- Buchanan, B.B., Gruissen W. e Jones, R.L. (2000). **Biochemistry and molecular biology of plants**, 1nd ed. Rockville, Maryland, American Society of Plant Physiologists. 1367 p.
- Catani, R.A.A, Pelegrino, D., Bittencourt, V. C., Jacinto, A.O. e Graner, CAFA. (1967). Concentração e quantidade de micronutrientes e de alumínio no cafeeiro (*Coffea arabica*) variedade Mundo Novo (B. Rodr.) Choussy aos dez anos de idade. **Anais da ESALQ** 18: 97-106.
- Cietto, S. e Haag, H.P. (1989). Nutrição Mineral do cafeeiro III. Recrutamento de B, Cu, Fe, Mn e Zn pelo cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv. Catuaí) com dois, três, quatro e cinco anos de idade, nas fases fenológicas de repouso, granação e maturação, vegetando em um Latossolo Amarelo, fase cerrado. **Anais da ESALQ** 46: 403-431.
- Corrêa, J.B., Garcia, A.W.R.; Costa, P. (1985). Extração de nutrientes pelo cafeeiro Mundo Novo e Catuaí. In: 12º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, Caxambú. **Resumos...**, IBC/GERCA. p. 23-26.
- Drapper, N.R.; Smith, H. (1980). **Applied Regression Analysis**, 2nd ed. New York, J. Wiley. 709p.
- Euclides, R.F. (2006) .SAEG: **Sistema para análises estatísticas** (versão 9.0). Viçosa, Funarbe. 1 CD ROM. Visual Fortran 6.6, Windows 95, 98, 2000, Milenium e XP.
- Haag, P.H., Dechen, A.R.; Carmello, Q.A. (1991). **Culturas Estimulantes**. In: Ferreira M.E. & C MCP (Eds.) Micronutrientes na Agricultura. Piracicaba, POTAFÓS. p. 501-548.
- Kozlowski, T.T. ; Pallardy, S.G. (1996). **Physiology of woody plants**, 2nd ed. San Diego, Academic Press. 411p.
- Malavolta, E., Vitti, G.C.; Oliveira, A.S. (1997). **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**, 2nd ed. Piracicaba, Potafós. 319 p.
- Marschner, H. (1995). **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. London, Academic Press. 889 p.
- Silveira, J.S.M. ; Carvalho, C.H.S. (1989). Deficiência de manganês em café Conilon. In: 15º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, Maringá. **Resumos...**, IBC/GERCA, p. 204-205.
- Taiz, L. E. ; Zeiger, E. (2002). **Plant physiology**. 3rd ed. Sunderland, Massachusetts, Sinauer Associates, Inc., Publishers. 690 p.
- Welch, R.M. (1995). **Micronutrient nutrition of plants**. Critical Reviews in Plant Sciences 14: 49-82.