

ALTERAÇÕES NAS CONCENTRAÇÕES DE MACRONUTRIENTES NOS FRUTOS E FOLHAS DO CAFEIEIRO DURANTE UM CICLO PRODUTIVO¹

JÚLIO CESAR DIAS CHAVES² e JOSÉ RENATO SARRUGE³

RESUMO - Foram avaliadas as alterações das concentrações de macronutrientes nos frutos e folhas do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) cv. Catuaí Amarelo, bem como a acumulação de nutrientes pelos frutos, em duas plantas crescidas juntas numa cova só, através de amostragens e análises químicas realizadas a intervalos de 21 dias, durante o período de pós-florescimento e maturação dos frutos. Os frutos contidos nos cafeeiros apresentaram acumulação progressiva de matéria seca até 217 dias, contados a partir do início da formação. A variação da concentração de macronutrientes nos frutos e nas folhas apresentou padrão distinto para cada elemento analisado. Ocorreram grandes reduções nas concentrações foliares de N, P e K na fase de crescimento dos frutos, com os valores atingindo níveis abaixo dos considerados adequados. Os níveis de Ca e Mg apresentaram-se muito baixos logo após o florescimento, mas aumentaram à medida que os frutos progrediram para a maturação. Quanto à mobilização de macronutrientes, aproximadamente 80% de N, P, K, Ca e Mg foram acumulados nos frutos durante 120 a 150 dias, a partir do início da frutificação.

Termos para indexação: *Coffea arabica*, nutrição de plantas, diagnose foliar, exportação de nutrientes.

CHANGES IN THE MACRONUTRIENT CONCENTRATION IN COFFEE FRUITS AND LEAVES DURING A REPRODUCTIVE CYCLE

ABSTRACT - Changes in the concentration of macronutrients in the fruits and leaves of coffee trees (*Coffea arabica* L.) cv. Catuaí Amarelo and the nutrient accumulations by the fruits sampled in two coffee trees planted in the same hole were evaluated through chemical analysis of samples by 21-day intervals from the beginning of flowering stage to complete fruit maturation. Fruit dry matter was progressively increased until 217 days counted from the beginning of fruit development. The change in the leaf and fruit macronutrient components followed relatively distinct seasonal patterns. The concentrations of N, P and K in the leaves tended to decrease very rapidly through fruit development and ripening with a drop below an adequate level. The levels of leaf Ca and Mg were the lowest just after flowering, but increased during the fruit growth. Regarding to nutrient removal by the fruits, approximately 80% of N, P, K, Ca and Mg were accumulated in the fruit in intervals of 120 to 150 days counted from the beginning of fruit development.

Index terms: *Coffea arabica*, plant nutrition, leaf diagnosing, nutrient removal.

INTRODUÇÃO

Durante a fase de maturação dos frutos, o cafeeiro perde grande quantidade de folhas. Pesquisas desenvolvidas por Huerta (1963), Loué (1958) e Bonnet (1969) mostram que as concentrações foliares dos principais macronutrientes diminuem, à medida que os frutos caminham para a matura-

ção. Esta redução do nível de nutrientes nos tecidos foliares, redistribuídos principalmente para os frutos, é uma das principais causas de queda das folhas. Isto sugere que, em anos de grandes produções, o fenômeno pode ser agravado. Segundo Malavolta (1979), a variação da concentração de nutrientes nas folhas apresenta correlação com a produção, sendo, portanto, mais intensa por ocasião de grandes colheitas. A queda acentuada de folhas pode provocar prejuízos à produção que, no caso do cafeeiro (cultura perene), se refletem na colheita do ano seguinte à desfolha.

Com relação aos frutos, a variação está associada ao seu desenvolvimento, evidenciando o efeito de diluição, ressaltado por Chapman (1967). A diminuição da concentração de elementos minerais nos frutos com o seu desenvolvimento foi verificada por Moraes & Catani (1964), sendo seus resulta-

¹ Aceito para publicação em 13 de fevereiro de 1984.

Parte da tese apresentada pelo primeiro autor para a obtenção do título de Mestre em Solos e Nutrição de Plantas na Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

² Eng.^o-Agr.^o, M.Sc., Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), Caixa Postal 1331, CEP 86100 - Londrina, PR.

³ Prof.-Assist. Dr., Dep. de Solos e Nutrição de Plantas, ESALQ/USP, Caixa Postal 09, CEP 13400 - Piracicaba, SP.

dos confirmados, posteriormente, por Souza et al. (1975), quanto aos nutrientes P, K, Ca e Mg. Embora a concentração diminua, os elementos se acumulam progressivamente nos frutos, à medida do seu desenvolvimento, constituindo importante fator de empobrecimento do solo. Malavolta (1981) mencionou as quantidades de macronutrientes exportadas por 1.000 kg de frutos: 17 kg de nitrogênio (N); 1,3 kg de fósforo (P); 26 kg de potássio (K); 3,5 kg de cálcio (Ca); 1,5 kg de magnésio (Mg) e 1,5 kg de enxofre (S).

Procurou-se, no presente trabalho, avaliar as acumulações periódicas de matéria seca e nutrientes nos frutos presentes dos cafeeiros e as alterações das concentrações de elementos minerais ocorridas nos frutos e folhas, durante todo o ciclo da frutificação do cafeeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi utilizado um talhão de cafeeiros cv. Catuaí Amarelo (H 2077-2-5-39), espaçados por 4 m x 2,5 m, duas plantas por cova, com cinco anos de idade, situado sobre um Latossolo Roxo distrófico do Centro Experimental do Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR), em Londrina, PR (23° 23' S e 51° 11' W).

As coletas de folhas e frutos foram realizadas após a grande florada de outubro de 1980, sendo a primeira a 17 de dezembro de 1980 (a maioria dos frutos se encontrava em início de formação) e a última a 5 de agosto de 1981 (a maioria dos frutos se encontrava no estado de "cereja"). Repetiu-se esta operação a cada 21 dias, num total de doze amostragens. Foram coletados e pesados todos os frutos de cada cova de duas plantas (seis covas por amostragem). Em seguida, retirou-se uma amostra representativa para secagem e posterior cálculo do peso da matéria seca. Simultaneamente à coleta dos frutos, amostraram-se folhas de ramos com frutos e de ramos sem frutos. Foram coletados oito pares de folhas por cova, optando-se pelo terceiro par de folhas de ramos localizados na altura média das plantas, conforme preconiza Lott et al. (1956). Tanto folhas como frutos foram, inicialmente, lavados em água corrente e, após, em água deionizada, secados a 70°C e moídos. Amostras do material foram digeridas em ácido nítrico e perclórico para as seguintes análises químicas: de Ca e Mg, por espectrofotometria de absorção atômica; de P, pelo método colorimétrico com azul de molibdeno; de K, por fotometria de chama; e de S, por gravimetria com cloreto de bário. Outro lote de amostras foi preparado para análise de N total pelo método de Kjeldahl. Maiores detalhes dos métodos analíticos poderão ser encontrados na publicação de Sarruge & Haag (1974).

Utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado, com seis repetições, sendo a parcela repre-

sentada por uma cova de duas plantas. Submeteram-se à análise de regressão os resultados de matéria seca dos frutos e análise química de cada elemento, sendo escolhida a regressão de maior grau significativo até terceiro. Na discussão foram consideradas as curvas ajustadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Acumulação de matéria seca pelos frutos

A produção de frutos alcançada em uma cova com dois cafeeiros (média de seis repetições), durante toda a fase de amostragem, serviu de base para a avaliação da variação do conteúdo de matéria seca nos frutos. Constatou-se uma acumulação contínua de matéria seca, a partir da primeira coleta (início da formação dos frutos), sendo o ponto de máximo acúmulo atingido aos 217 dias após, com 4.251,46 g/cova, conforme a Fig. 1. Alguns autores, como Catani et al. (1967) e Oyebade (1976), verificaram acumulação até aos 180 dias, porém trabalharam com cultivares de maturação mais precoce.

Concentração de nutrientes nos frutos

Houve uma redução progressiva e significativa da concentração de nitrogênio (N), fósforo (P), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), que acompanhou, inversamente, a produção de matéria seca pelos frutos. O nitrogênio diminuiu de 3,18% para 2,22%, no período que coincidiu com maior ganho de matéria seca (Fig. 1 e 2). Esta alteração representa uma redução de 30% em relação à concentração, no início da formação dos frutos. Após esta fase, a concentração de nitrogênio praticamente estabilizou-se. O fósforo, cálcio e magnésio, no mesmo período, apresentaram uma redução, nas suas concentrações, de 0,18% para 0,10%; de 0,69% para 0,20% e de 0,35% para 0,17% (Fig. 3, 5 e 6), representando, respectivamente, uma redução de 45%, 70% e 50%. A redução muito grande na concentração de cálcio, provavelmente, possa ser explicada, em parte, pela sua imobilidade na planta, devendo, portanto, o Ca contido nos frutos ser fornecido, exclusivamente e diretamente, através da absorção radicular. O potássio (K) teve a concentração diminuída de 3,2% para 2,65%, nos estádios iniciais de crescimento dos frutos. Posteriormente, esta concentração aumentou para

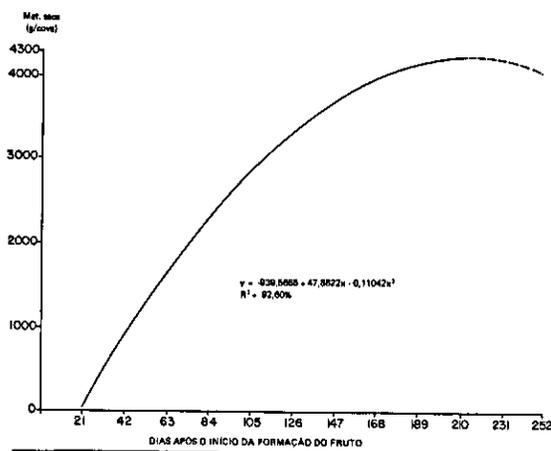


FIG. 1. Curva de regressão da quantidade de matéria seca (y) acumulada pelo fruto do cafeeiro, em função do desenvolvimento (x).

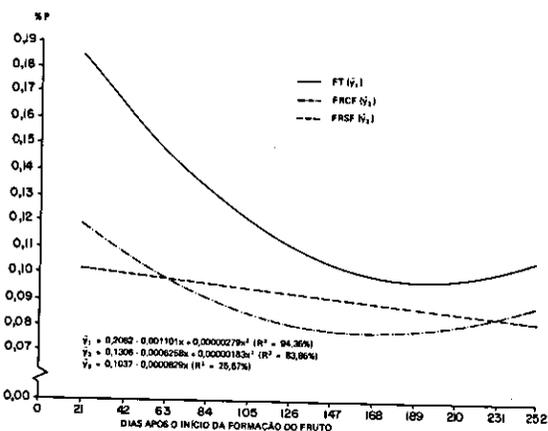


FIG. 3. Curvas de regressão dos teores de fósforo (y) em frutos (—), folhas de ramos com frutos (-.-) e folhas de ramos sem frutos (- -), em função da época de amostragem (x).

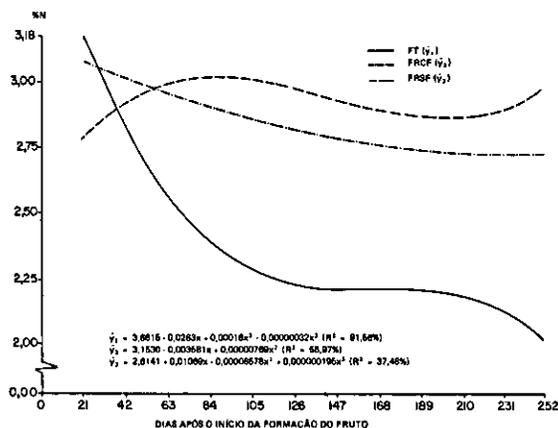


FIG. 2. Curvas de regressão dos teores de nitrogênio (y) em frutos (—), folhas de ramos com frutos (-.-) e folhas de ramos sem frutos (- -), em função da época de amostragem (x).

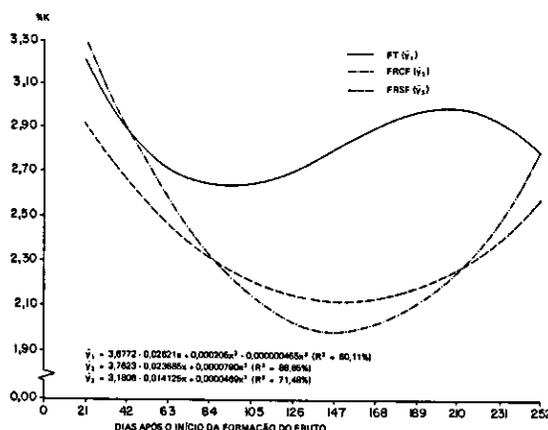


FIG. 4. Curvas de regressão dos teores de potássio (y) em frutos (—), folhas de ramos com frutos (-.-) e folhas de ramos sem frutos (- -), em função da época de amostragem (x).

2,97% (Fig. 4), devendo, possivelmente, este fato estar associado a um maior desenvolvimento da casca (pericarpo) no período. As cascas acumulam mais potássio que as sementes Souza et al. 1975). O teor de enxofre (S) aumentou ligeiramente a princípio, diminuindo, em seguida, e voltando a aumentar nas épocas finais de amostragem, próximas à maturação dos frutos (Fig. 7).

Concentração de nutrientes nas folhas

Durante o período compreendido entre pós-florescimento e maturação dos frutos, houve alterações nos teores dos macronutrientes das folhas do cafeeiro. Especificamente, o nitrogênio e fósforo apresentaram, nos dois tipos de folhas amostrados (folhas de ramos com frutos e folhas de ramos sem frutos), alterações distintas (Fig. 2 e 3),

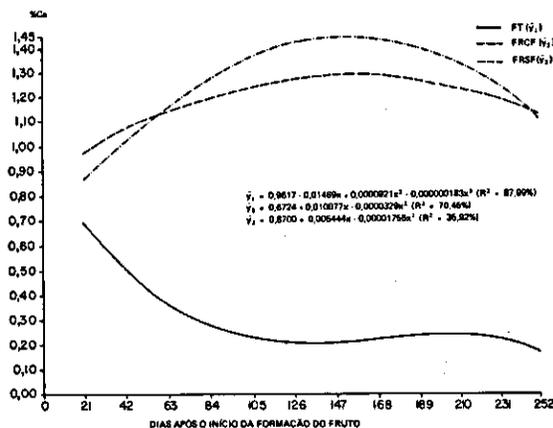


FIG. 5. Curvas de regressão dos teores de cálcio (y) em frutos (—), folhas de ramos com frutos (- -) e folhas de ramos sem frutos (- · -), em função da época de amostragem (x).

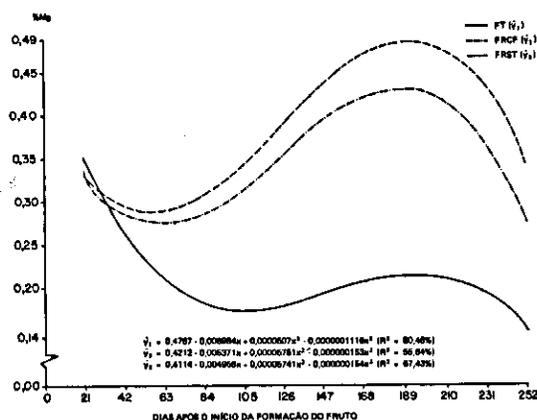


FIG. 6. Curvas de regressão dos teores de magnésio (y) em frutos (—), folhas de ramos com frutos (- -) e folhas de ramos sem frutos (- · -), em função da época de amostragem (x).

que evidenciam maior compromisso entre as concentrações das folhas de ramos portadores de frutos e ganho de matéria seca destes. As concentrações de N e P diminuíram de 3,08% para 2,74% e de 0,12% para 0,08%, no período, representando, respectivamente, uma redução de 11% e 33%. Admitindo que o N e P sofrem diminuições nas suas concentrações foliares devido, em parte, à redistribuição para os frutos, seria lícito esperar uma maior redução face ao

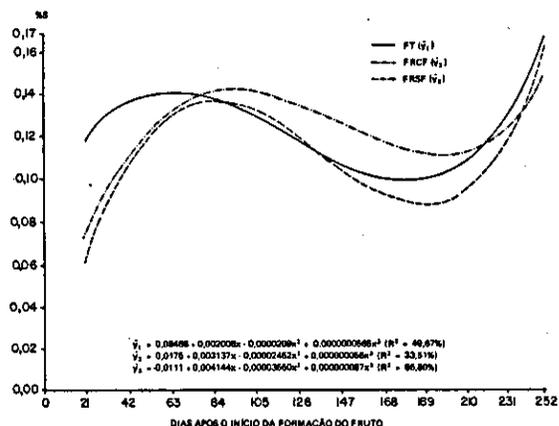


FIG. 7. Curvas de regressão dos teores de enxofre (y) em frutos (—), folhas de ramos com frutos (- -) e folhas de ramos sem frutos (- · -), em função da época de amostragem (x).

aumento de produção. Os valores inferiores para os dois elementos estão abaixo dos níveis considerados adequados para o cafeeiro, segundo Malavolta (1980), o que, certamente, contribuirá para aumentar a queda das folhas. Foi observado, durante o período de amostragem, que as folhas de ramos com produção apresentaram menores concentrações de N em relação às de ramos sem produção, porém ambos os tipos de folhas apresentaram maiores teores em relação aos frutos. Os valores das concentrações de P nas folhas apresentaram o mesmo comportamento de N, porém ambos os tipos de folhas apresentaram teores inferiores aos encontrados nos frutos.

Com relação ao potássio, ocorreu uma redução drástica de concentração, no período que coincidiu com maior acúmulo de matéria seca nos frutos. O comportamento foi semelhante em ambos os tipos de folhas (Fig. 4). Embora não apresente diferença estatisticamente significativa, houve redução na concentração de K, um pouco mais intensa nas folhas de ramos portadores de frutos. A concentração variou de 3,30% a 1,98%, significando uma redução de 40% no teor foliar do elemento. O valor inferior está abaixo do considerado adequado para o cafeeiro, segundo Malavolta (1980). As concentrações de K das folhas apresentaram valores inferiores aos dos frutos durante, praticamente, todo o período de amostragens.

O cálcio confirmou sua característica de elemento de baixa mobilidade ao ter a concentração aumentada na fase de crescimento dos frutos. Este comportamento foi semelhante nos dois tipos de folhas amostradas, porém teores significativamente maiores foram verificados nas folhas de ramos portadores de frutos, conforme Fig. 5. A concentração variou de 0,87% a 1,44%, representando um aumento de 65% no teor foliar do elemento. O valor inferior (0,87%) está bem aquém daquele indicado como adequado por Malavolta (1980) e sugere ser mais provável o aparecimento da deficiência do cálcio nas folhas do cafeeiro, na época inicial de desenvolvimento dos frutos. As concentrações foliares do elemento foram sempre mais elevadas que as dos frutos, no período.

O magnésio apresentou, a princípio, uma redução na concentração foliar aumentando, em seguida, numa tendência semelhante à do cálcio, conforme mostra a Fig. 6. A concentração variou (folhas de ramos com frutos) de 0,28% para 0,43% representando aumento de 53% no teor foliar do elemento. De certa forma, este comportamento parece sugerir que o magnésio não apresenta alta mobilidade no cafeeiro. Steucek & Koontz (1970), estudando a redistribuição do Mg²⁸ no feijoeiro, constataram que o magnésio apresentou maior e

menor mobilidade que o cálcio e potássio, no floema, respectivamente. O comportamento do elemento foi semelhante para os dois tipos de folhas analisadas, embora as concentrações das folhas de ramos com frutos tenham sido significativamente mais baixas. As concentrações de Mg das folhas apresentaram-se superiores às dos frutos, durante a fase de amostragens.

Com relação ao enxofre, as concentrações aumentaram, a princípio, diminuíram e voltaram a crescer nos estádio finais de maturação dos frutos (Fig. 7), não apresentando uma tendência definida no período. As concentrações e alterações foram muito semelhantes para as folhas e frutos.

Exportações de macronutrientes pelos frutos

A coleta da totalidade dos frutos de cada cova (duas plantas) permitiu quantificar a matéria seca em cada amostragem. A análise química indicou as quantidades de macronutrientes removidas por estes frutos. A Tabela 1 evidencia a remoção média de macronutrientes pelos frutos de uma cova de cafeeiros (média de seis repetições), durante o período compreendido entre início de desenvolvimento dos frutos e maturação, verificando-se a seguinte ordem decrescente: potássio > nitrogênio > cálcio > magnésio > enxofre > fósforo,

TABELA 1. Quantidades (g/cova) de macronutrientes acumuladas pelos frutos do cafeeiro e percentagem do total absorvido durante o desenvolvimento.

Época*	Macronutrientes											
	N		P		K		Ca		Mg		S	
	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%
21	0,55	0,6	0,03	0,7	0,55	0,4	0,12	1,2	0,06	0,7	0,02	0,3
42	24,63	26,4	1,45	33,2	25,42	19,9	4,29	42,1	2,28	25,6	1,23	17,6
63	41,95	44,9	2,42	55,5	44,57	35,0	5,73	56,2	3,44	38,6	2,29	32,8
84	55,05	58,9	3,06	70,2	61,04	47,9	6,22	61,0	4,15	46,5	3,22	46,1
105	65,74	70,4	3,47	79,6	76,36	59,9	6,31	61,9	4,88	54,7	3,73	53,0
126	74,83	80,1	3,74	85,8	90,86	71,3	6,68	65,5	6,01	67,4	4,01	57,0
147	82,43	88,2	3,90	89,4	104,34	81,9	7,80	76,5	7,05	79,0	4,08	58,0
168	88,53	94,8	3,99	91,5	115,66	90,8	8,77	86,0	7,98	89,5	3,99	57,1
189	92,48	99,0	4,08	93,6	123,73	97,1	9,58	94,0	8,75	98,1	4,16	59,6
210	93,42	100,0	4,16	95,4	127,39	100,0	10,19	100,0	8,92	100,0	4,67	66,8
231	90,50		4,27	97,9	124,76		9,30		8,03		5,50	78,7
252	83,12		4,36	100,0	115,62		6,99		6,17		6,99	100,0

* Dias após o início da formação do fruto.

e a seguinte relação nesta mesma seqüência: 29 : 21,4 : 2,3 : 2 : 1,6 : 1. Do início da formação até, aproximadamente, 150 dias após, os frutos acumularam cerca de 80% do total de macronutrientes removidos, com exceção do enxofre, cuja acumulação foi mais lenta.

CONCLUSÕES

1. A produção média de matéria seca pelos frutos contidos em uma cova de cafeeiros foi contínua até aos 217 dias, contados a partir do início de sua formação, com o ponto de máximo acúmulo atingindo 4.251,46 g.

2. As concentrações de todos os elementos nos frutos foram mais elevadas nos estádios iniciais de crescimento, exceção para o enxofre.

3. As concentrações de N, Ca e Mg, durante o período de amostragem, foram mais elevadas nas folhas que nos frutos. O K e P apresentaram-se mais ricos nos frutos, e o S apresentou concentrações semelhantes tanto nas folhas quanto nos frutos.

4. Houve grandes reduções nas concentrações foliares de N, P e K na fase de crescimento dos frutos, com os valores atingindo níveis abaixo dos considerados adequados.

5. Os teores de Ca e Mg aumentaram nas folhas, principalmente durante a fase mais ativa de crescimento dos frutos, indicando maior probabilidade de deficiência, na fase inicial de crescimento dos frutos.

6. A mobilização de macronutrientes pelos frutos existentes nos cafeeiros apresentou um ritmo diferenciado para cada um; no entanto, entre 120 e 150 dias, contados a partir do início da formação dos frutos, todos os elementos já apresentavam uma acumulação de 80% do total.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos pesquisadores do IAPAR Armando Andracioli Filho, Tumoru Sera e Marcos Antonio Pavan, pela colaboração prestada.

REFERÊNCIAS

- BONNET, J.A. Influence of varieties and seasons upon mineral nutrient levels of coffee leaves from Puerto Rico. *J. Agric. Univ. Puerto Rico*, Rio Piedras, 53 (3):177-86, 1969.
- CATANI, R.A.; PELEGRINO, D.; ALCARDE, J.C. & GRANER, C.A.F. Variação na concentração e na quantidade de macronutrientes no fruto do cafeeiro durante o seu desenvolvimento. *An. Esc. Sup. Agric. Luiz de Queiroz, Piracicaba*, 24:249-63, 1967.
- CHAPMAN, H.D. Plant analysis value suggestive of nutrient status of selected crops. In: HARDY, G.W. et al. ed. *Soil testing and plant analysis*. Madison, Soil Science Society of America, Inc., 1967. v.2, p.77-92.
- HUERTA, S.A. Par de hojas representativo del estado nutricional del cafeto. *Cenicafe, Chinchina*, 14: 111-28, 1963.
- LOTT, W.L.; NERY, J.P.; GALLO, J.R. & MEDCALF, J.C. A técnica de análise foliar aplicada ao cafeeiro. Campinas, Instituto Agrônomo, 1956. 29p. (Boletim, 79).
- LOUÉ, A. A nutrição mineral e a fertilização do café Robusta na Costa do Marfim. *Fertilité, Paris*, 5: 27-60, 1958.
- MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo, Ed. Agronômica Ceres, 1980. 251p.
- MALAVOLTA, E. Nutrição mineral e adubação do cafeeiro, passado presente e perspectivas. In: MALAVOLTA, E.; YAMADA, T. & GUIDOLIN, J.A. Nutrição e adubação do cafeeiro. Piracicaba, Instituto da Potassa & Fosfato/Instituto Internacional da Potassa, 1981, p.138-78.
- MALAVOLTA, E. Nutrição mineral e adubação do citros. B. téc. Inst. Potassa. Piracicaba, (5):13-71, 1979.
- MORAES, F.R.P. & CATANI, R.A. A absorção de elementos minerais pelo fruto do cafeeiro durante sua formação. *Bragantia, Campinas*, 23(26):331-6, 1964.
- OYEBADE, T. Studies on the pattern of growth and development of *Coffea canephora* fruit in Nigéria. *Turrialba*, 26(3):257-60, 1976.
- SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. Análises químicas em plantas. Piracicaba, ESALQ/USP. Departamento de química, 1974. 56p.
- SOUZA, V.H. da S. e; MAESTRI, M.; BRAGA, J.M. & CHAVES, J.R.P. Variações no teor de alguns elementos minerais nas folhas e frutos de café (*Coffea arabica*, L. var. 'Mundo Novo'). *R. Ceres, Viçosa*, 22(123):310-31, 1975.
- STEUCEK, G.L. & KOONTZ, H.V. Phloem mobility of magnesium. *Plant Physiol.* Lancaster, 46:50-2, 1970.