

Estudos sôbre a alimentação mineral do cafeiro. VI Efeitos das deficiências de micronutrientes em COFFEA ARABICA L. var. Mundo Novo cultivado em solução nutritiva. (1) (2)

E. MALAVOLTA

H. P. HAAG

E. S. A. "Luiz de Queiroz"

C. M. JOHNSON

Dept. of Soils and Plant Nutrition University
of California, Berkeley, California, U. S. A.

(1) Parte de um plano de trabalhos feitos com ajuda da Fundação Rockefeller, N. York, do Conselho Nacional de Pesquisas e do Instituto Brasileiro do Café.

(2) Recebido para publicação em 11/4/1961.

1. INTRODUÇÃO

Embora exigidos pelas plantas superiores em quantidades muito pequenas, os micronutrientes chegam muitas vezes a limitar a produção — seja por desgaste da reserva natural do solo, seja por fixação ou insolubilização provocada por fatores diversos (alcalinidade ou acidez excessivas, falta de aeração, muita matéria orgânica) (para detalhes ver MALAVOLTA, 1959, págs. 175-198).

No caso do cafeeiro as deficiências mais comuns em condições de campo são as de boro, B (GONZALEZ et al., 1953; MOWRY, 1953; LOUÉ, 1955, pág. 21; PEREZ, 1957; MÜLLER, 1959), ferro, Fe (LOUÉ, 1955; MEDCALF & LOTT, 1956; CULOT et al., 1958; MÜLLER, 1959), manganês, Mn (GONZALEZ et al., 1953; DROSDOFF, 1956; CULOT et al., 1958; MÜLLER, 1959) e zinco, Zn (GONZALEZ et al., 1953; FRANCO & MENDES, 1954; PEREZ, 1957; MÜLLER, 1959; JONES et al., 1960). Não foi possível encontrar na literatura referência alguma aos sintomas provocados pela falta de cloro (Cl), cobre (Cu), e molibdênio (Mo). Do mesmo modo, os trabalhos feitos em solução nutritiva não mencionavam os efeitos das carências de Cl, Cu, Mo e Zn; só foram descritos nessas condições os sintomas de falta de boro (MALAVOLTA & DIAS, 1953; CIBES & SAMUELS, 1955; LOUÉ, 1957), ferro (FRANCO & MENDES, 1952; MALAVOLTA & DIAS, 1953; CIBES & SAMUELS, 1955; LOUÉ, 1957) e manganês (MALAVOLTA & DIAS, 1953; CIBES & SAMUELS, 1955; MENARD, 1956; LOUÉ, 1957).

Foi por isso decidido cultivar-se o cafeeiro em solução nutritiva rigorosamente purificada a fim de se procurar obter um quadro completo das deficiências dos micronutrientes hoje reconhecidos como tal: boro, cloro, cobre, ferro, manganês, molibdênio e zinco. A análise das folhas das plantas deficientes serviria, por seu turno, para ajudar a interpretação dos resultados das determinações feitas em material colhido no campo.

MATERIAL E MÉTODOS

2. 1. *Cultivo das plantas*

As sementes de café Mundo Novo foram gentilmente cedidas pelo Dr. Arthur Campanhã Affonso, tendo sido obti-

das de uma linhagem por êle cultivada na Fazenda Forquilha Grande em Jaú, Estado de São Paulo. Ditas sementes foram postas a germinar sôbre um pedaço de "cheesecloth" (tecido de malhas muito largas) estendido sôbre uma armação de vidro; esta, por sua vez, foi colocada no interior de uma vasilha de Pyrex contendo solução nutritiva purificada pelo processo de MUNNS & JOHNSON (1960); os lados do pedaço de tecido acfavam-se mergulhados na solução mencionada; o conjunto foi recoberto por outra vasilha de Pyrex igual à primeira.

Em 28 de janeiro de 1960 as pequenas mudas ("orelha de onça") foram transplantadas para "beakers" contendo 4 litros de solução nutritiva também purificada pelo método mencionado. Para cada tratamento, que será dado a seguir, foram usadas 3 repetições, havendo 2 plantinhas por vaso. O material de vidro foi lavado com uma solução de HCl 3N e depois com uma de ácido etilenodiamino tetra acético (EDTA) a 10 por cento, pH ajustado a 8; em seguida lavou-se tudo com água bidestilada em Pyrex. O ensaio foi conduzido em casa de vegetação cujo ar era purificado fazendo-o passar por bandejas contendo carvão ativo; o ar que servia para arejar as soluções nutritivas era limpo graças à passagem por carvão ativo e depois por tampões de "dacron". As soluções eram renovadas de 45 em 45 dias. A composição das soluções nutritivas aparece nas Tabelas 1 e 2. Da primeira

TABELA 1

Solução estoque	ml/litro de solução nutritiva
Ca(N03)2 M/2	2,5
MgS04 M/2	0,5
KN03 2 M	0,625
KH2P04 2 M	0,0625

Quantidade de macronutrientes comum em todos os tratamentos

TABELA 2

Solução estoque	ml/litro de solução nutritiva
FeCl ₃ -EDTA	1
FeSO ₄ -EDTA	1
H ₃ B0 ₃ (1 ml = 25 <i>u</i> moles B)	1
MnCl ₂ (1 ml = 5 <i>u</i> moles Mn)	1
MnSO ₄ (1 ml = 5 <i>u</i> moles Mn)	1
Na ₂ MoO ₄ (1 ml = 0,1 <i>u</i> mol Mo)	1
CuSO ₄ (1 ml = 0,5 <i>u</i> mol Cu)	1
ZnSO ₄ (1 ml = 2 <i>u</i> moles Zn)	1

Quantidades de micronutrientes usadas nos diferentes tratamentos

renovação das soluções em diante passou-se a empregar 4 vezes as quantidades de macronutrientes que aparecem na Tabela 1. Os tratamentos usados foram os seguintes: (1) Completo = macro + micronutrientes; (2) — B = macro + micronutrientes exceto B; (3) — Cl = macro + micronutrientes exceto o Cl, sendo o Fe fornecido como FeSO₄-EDTA; (4) — Cu = macro + micronutrientes exceto o Cu; (5) — Mn = macro + micronutrientes exceto o Mn; (6) — = macro + micronutrientes exceto o Mo; (7) — Zn = macro + micronutrientes exceto o Zn.

As plantas eram colhidas quando os sintomas de deficiência se acentuassem bem; depois de fotografadas em cores e branco e preto, eram retiradas da solução nutritiva, pesadas e postas a secar; de novo pesadas eram em seguida trituradas em almofariz de ágata.

2. 2. *Análise do material*

As folhas secas e trituradas foram analisadas pelos métodos descritos por JOHNSON & ULRICH (1959).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3. 1. *Crescimento das plantas*

O efeito dos diversos tratamentos no crescimento das mudas de café, medido pelo pêso do material úmido, pode ser visto na Tabela 3. A omissão do ferro da solução nutritiva paralisou muito cêdo o desenvolvimento das plantas; por êsse motivo duas delas foram logo colhidas enquanto às quatro restantes passou-se a fornecer o elemento em questão a fim de verificar quando iriam mostrar recuperação.

Embora os dados sejam em número reduzido para permitir uma interpretação quantitativa do efeito da falta dos diversos micronutrientes no crescimento do cafeeiro, pode-se dizer que, nas condições do ensaio, a influência dos tratamentos se fêz sentir na seguinte ordem decrescente relativa ao pêso do material fresco:

—B = —Cl = completo —Mn —Mo —Cu —Zn —Fe

TABELA 3

Data	Tratamentos e pêso em gramas
18/5/61	—Fe: 1,02; 0,89
8/6/61	completo: 10,40; 9,20 —Mo: 6,47; 2,00 Mn: 7,90; 6,55 —Zn: 3,35; 2,70
9/8/61	completo: 30,71; 29,70 —Cu: 15,30; 11,71 —Mn: 27,60; 24,19 —Mo: 15,21; 18,30 —Zn: 6,70; 9,79
7/9/61	completo: 61,20; 58,31 B: 63,40; 55,11 —Cl: 61,00; 70,10

Pêso da matéria fresca das plantas nos diferentes tratamentos em diversas épocas

Não se pode interpretar muito bem essa informação, isto é, não se pode dizer se a influência notada reflete de fato, a maior ou menor exigência dos diversos micronutrientes por parte do cafeeiro. O efeito drástico da omissão de Fe, por exemplo, pode indicar apenas que o processo de purificação da solução nutritiva é mais eficiente na remoção desse micronutriente do que na do Mn ou outro qualquer.

3. 2. *Sintomas*

Como é aparente em vista da discussão anterior, os primeiros sintomas a se manifestar foram os da falta de ferro. As plantas no tratamento —Fe pararam de crescer e nas folhas mais novas começou a aparecer a clorose internerval característica; aos poucos o verde foi se esmaecendo até ser substituído por uma cor amarelo-esbranquiçada que se destacava sobre o reticulado verde das nervuras. Em 18/5/61, quatro meses após o transplante, portanto, todas as folhas se mostraram intensamente cloróticas; um início de necrose era evidente nas margens das folhinhas mais novas — o que confirma as observações de CIBES & SAMUELS (1955).

As plantas desprovidas de zinco na solução nutritiva começaram a crescer mais lentamente que as demais; algumas manchas amareladas irregulares apareceram nas folhas mais velhas; estas e as subterminais curvavam-se pelo pecíolo de modo que as suas extremidades livres quase chegavam a tocar o caule; entre um par de folhas e o seguinte a distância era menor que nas plantas beneficiadas com a solução completa. Em meados do mês de maio já se notavam anomalias nas folhas mais novas que eram cloróticas no espaço entre as nervuras, lanceoladas, quebradiças; nessa época as folhas mais velhas depois de mostrar largas áreas necrosadas desprendiam-se da planta. Os sintomas exibidos pelas folhas novas mostraram-se idênticos aos que se encontra em condições de campo no Brasil, na Costa Rica, na Colômbia e em Kenya, conforme citado em 1.

Enquanto se agravava a carência de zinco os primeiros sintomas de falta de manganês apareciam. A princípio só se notava uma tonalidade mais pálida no verde das folhas novas; o desenvolvimento ou o porte das plantas era, porém, semelhante ao daquelas normais; em seguida numerosas manchas brancas, pouco maiores do que a ponta de um

alfinête, apareciam entre as nervuras; com o tempo o verde das folhas doentes empalidecia ainda mais; algumas delas mostraram necrose nas suas pontas e nas margens próximas. Em agosto a planta toda mostrava uma tonalidade verde-amarelada.

Os sintomas da falta de molibdênio desenrolaram-se quase simultaneamente com os da carência de manganês. Apareceram a princípio ilhas de um verde mais pálido, alongadas, perto das margens, paralelas ou sobre as nervuras; os bordos das folhas mostravam então uma leve tendência para se curvar para baixo. As zonas cloróticas adquiriram depois um tom amarelo-alaranjado, lembrando as "yellow spots" da laranjeira (STEWART & LEONARD, 1952); o seu centro depois tornou-se pardo e escavado devido à necrose; enquanto isso as folhas afetadas (subterminais) iam se enrolando para baixo ao longo da nervura principal de modo que as margens opostas chegavam a se tocar. Note-se de passagem que esse enrolamento das folhas é um característico da deficiência de molibdênio no tomateiro (ARNON & STOUT, 1939), no repolho, no nabo (HEWITT, 1956), com a particularidade de que, nessas plantas, a lâmina se encurva para cima.

Em 21/6/60 foram notadas as primeiras anomalias nas plantas que não vinham recebendo cobre na solução nutritiva; as folhas novas, próximas à gema terminal, apresentavam o aspecto de um pequeno barco devido às suas margens se curvarem para cima ao longo da nervura principal que se torcia como um "S": devido aparentemente à falta de desenvolvimento das nervuras as folhas do terço superior da planta mostravam-se disformes, com o limbo saltado entre as veias. As folhas afetadas perderam aos poucos sua côr normal que foi substituída por um verde mais pálido; manchas necróticas irregulares com pouco menos de um centímetro quadrado de área apareceram em dois ou três pontos das margens.

Como o método para purificação dos sais usados na solução nutritiva não é específico para boro e, principalmente, talvez, por terem sido as plantas cultivadas em recipientes de Pyrex, os sintomas da falta desse micronutriente foram os últimos a se manifestar (fevereiro de 1961). As folhas perto da região de crescimento eram estreitas e disformes; houve morte da gema apical; outras se desenvol-

veram abaixo dela dando origem a novos ramos cujo cor junto conferia à região um aspecto de leque. Tais sintomas estão de acordo com os descritos por vários investigadores para condições de campo e obtidos por MALAVOLTA & DIAS (1953), CIBES & SAMUELS (1955) e LOUÉ (1957) em solução nutritiva.

Até o momento (fins de março de 1961) não se registaram sintomas de falta de cloro.

3. 3. *Dados analíticos*

Os resultados obtidos na análise das folhas das plantas constantes dos diversos tratamentos aparecem na Tabela 4

TABELA 4

Elemento	Tratamento	p.m.p. na matéria seca
Boro	Completo	77
	Menos B	44
Cobre	Completo	17
	Menos Cu	3
Ferro	Completo	226
	Menos Fe	192
Manganês	Completo	51
	Menos Mn	5
Molibdênio	Completo	4
	Menos Mo	0,9
Zinco	Completo	7
	Menos Zn	3

Níveis de micronutrientes encontrados nas folhas das plantas normais e deficientes

Pode-se ver que as diferenças entre os teores de um dado micronutriente nas fôlhas das plantas normais e naquelas das deficientes são bem acentuadas.

Com a finalidade de comparar os dados agora apresentados com os da literatura organizou-se a Tabela 5. Há alguma discordância entre os valores relatados no presente tra-

TABELA 5

Elemento	Nível deficiente	Literatura
	p.p.m.	
Boro	15-20	MÜLLER (1959)
	44	
Cobre	8,5	MENARD (1956)
	3,0	
Ferro	70	MÜLLER (1959)
	81	CIBES & SAMUELS (1955)
	192	
Manganês	11-36	CIBES & SAMUELS (1955)
	10-15	MÜLLER (1959)
	1-21	CULOT et al. (1958)
	5	
Molibdênio	1 (?)	CULOT et al. (1958)
	0,9	
Zinco	7-10	MÜLLER (1959)
	3	

Comparação entre os teores de micronutrientes nas fôlhas de cafeeiro deficientes, de acôrdo com a literatura; os dados do presente trabalho são, em cada caso, os citados em último lugar

balho e aquêles achados na literatura; diversos fatores contribuem para isso: diferenças nas variedades analisadas, condições de cultivo, época e tipo de amostragem, métodos analíticos. Com exceção feita para o ferro, todos os valores pertencem, de um modo geral, à mesma ordem de grandeza.

3. 4. *Chave para identificação de sintomas*

Juntando-se a informação obtida neste trabalho com aquela encontrada na literatura é possível fazer-se agora uma chave completa para a identificação dos sintomas de deficiênci tanto de macro como de micronutrientes no cafeeiro. A chave dada a seguir foi baseada largamente em MÜLLER (1959).

I. *Fôlhas sem clorose (amarelecimento)*

As fôlhas são menores, estreitas, tortas, com margens irregulares e superfície rugosa. A morte da gêma terminal causa a formação de galhos com o aspecto de leque. As fôlhas novas conservam os sintomas mesmo quando se tornam velhas.

II. *Fôlhas cloróticas (amareladas)*

BORO

A. *Clorose mais ou menos uniforme na lâmina foliar*

1. As fôlhas mais novas, usualmente até o quarto par, são de um verde pálido; apresentam numerosos pontinhos amarelados. As fôlhas mais velhas, quando expostas ao sol intenso apresentam uma côr amarelo-limão.

MANGANÊS

2. As fôlhas mais velhas são as primeiras a perder sua côr verde, tornando-se amareladas, às vêzes quase brancas. As porções sombreadas das fôlhas são mais verdes. As fôlhas caem e os ramos começam a secar, da ponta para a base (seca de ponteiros)

AZOTO

3. As fôlhas mais novas mostram uma côr verde-amarelada; a clorose se inicia como uma fai-

xa que abrange a veia ou nervura principal e se estende para o meio da fôlha; a página inferior da fôlha é de côr muito mais clara que a superior; perto das margens o limbo toma um aspecto de rêde de malhas verdes contra um fundo amarelado.

ENXÔFRE

B. *Clorose não uniforme, de vários tipos*

1. *Fôlhas de tamanho menor*

As nervuras formam uma rêde verde contra um fundo verde pálido ou amarelado. Em casos severos a fôlha é quase amarelo-esbranquiçada, tem forma de lança, consistência de couro e se quebra com facilidade; os internódios são mais curtos e na ponta dos galhos se forma uma roseta de folhinhas doentes; pode haver sêca dos galhos da ponta para a base

ZINCO

2. *Fôlhas de tamanho normal*

a. Nervuras verdes sôbre fundo amarelado; aspecto reticulado

a.1. Fôlhas novas verde-pálido, amareladas, quase brancas; as nervuras, inclusive as mais finas, conservam sua côr verde, salvo em casos muito agudos (quando as fôlhas se tornam esbranquiçadas)

FERRO

a.2. Nervuras principais e secundárias, inclusive uma faixa estreita (1-3 mm) em ambos os lados, são verdes; aspecto de um reticulado grosso; fundo verde pálido ou amarelo; quando a deficiência é severa, o número de nervuras verdes é pequeno; os sintomas aparecem nas fôlhas novas

MANGANÊS

- b. Clorose que se inicia na ponta ou margens das folhas
 - b.1. As folhas novas mostram uma faixa amarela, com 2-4 mm (ou mais) de largura ao longo das margens; o resto da lâmina foliar é marrom; as folhas mostram tendência para se curvar ao longo da nervura principal o que lhes dá a forma de um "V"; nas folhas bem iluminadas a clorose é persistente.

AZOTO

- b.2. Nas folhas novas a clorose aparece nas margens de modo irregular, deixando uma área verde com bordos serrilhados em ambos os lados da nervura principal; a lâmina foliar apresenta uma forma convexa; nos casos severos a clorose começa na ponta das folhas mais velhas; frequentemente há formação de uma espécie de cortiça nas nervuras maiores, especialmente na página inferior das folhas; às vezes ocorre morte da gema terminal.

CÁLCIO

- c. *Clorose entre as veias principais laterais*

O amarelecimento começa perto da nervura principal e caminha para as margens ficando limitado por duas nervuras laterais. Uma faixa de 3-5 mm de largura permanece verde em ambos os lados da nervura principal — que fica amarela — e das veias secundárias. As áreas afetadas são de cor laranja amarelada ou parda e, em casos avançados cobrem quase toda a superfície foliar. As áreas doentes perdem o seu aspecto brilhante. As folhas velhas, quando deficientes, destacam-se do galho caindo ao chão. Os sintomas são mais fácil-

mente encontrados nas folhas perto dos frutos

MAGNÉSIO

d. *Clorose na forma de manchas irregulares*

As folhas têm aspecto reticulado, apresentando manchas amarelas com tonalidades avermelhadas. Em casos de deficiência séria, a folha inteira é clorótica. As folhas velhas, primeiras a mostrar os sintomas, caem ao chão.

FÓSFORO

II. *Folhas com áreas necróticas (mortas)*

A. *Ponta e margens.*

As folhas parecem queimadas nas suas margens e ponta. As folhas afetadas caem de modo que só algumas permanecem prêsas nos galhos. Secamento dos ponteiros na fase mais avançada.

POTÁSSIO

B. *Margens*

Devido ao ponto crescimento das nervuras as folhas mais novas parecem tortas, com forma de "S"; perdem a cor verde normal; aparecem áreas necróticas, mortas, nas margens

COBRE

C. *Perto da margem*

Primeiramente desenvolvem-se manchas amarelas, alongadas, perto das margens; o seu centro morre e a mancha toma o aspecto de uma escavação rasa; a lâmina foliar se curva para baixo ao longo da nervura principal de modo que as margens opostas chegam a se tocar; as folhas maduras são afetadas em primeiro lugar.

MOLIBDÊNIO

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Cultivando-se plantas novas de café (*C. arabica* L., var Mundo Novo) em solução nutritiva purificada pelo método de MUNNS & JOHNSON (1960) foi possível obter-se sintomas de carência de todos os micronutrientes conhecidos exceção feita para o cloro. As medições, observações e análises químicas permitiram tirar as seguintes conclusões.

4.1. A influência relativa da falta dos diversos micronutrientes medida pelo peso do material fresco das plantas obedecem à seguinte ordem:

—Fe —Zn —Cu —Mo —Mn completo = —Cl = B

quer isto dizer que a falta de ferro afetou o crescimento do cafeeiro, nas condições do ensaio, mais fortemente que a do zinco e assim por diante.

4.2. Os sintomas de falta de B, Fe, Mn e Zn concordam bem com os descritos pela literatura citada no texto. A falta de Cu se manifestou a princípio pelo encurvamento da lâmina das folhas novas para cima, a nervura principal torcendo-se em forma de "S"; seguiram-se clorose e o aparecimento de largas áreas necróticas, em número de 3 ou 4, perto dos bordos. A carência de molibdênio, muito característica se apresentou como pronunciado enrolamento das folhas para baixo, ao longo da nervura principal, bem como pelo aparecimento de manchas amarelas e alongadas próximas às margens.

4.3. Os teores de micronutrientes encontrados nas folhas das plantas deficientes e normais aparecem na Tabela 4. Os valores encontrados poderão, com as devidas ressalvas, ajudar a interpretação dos resultados obtidos na análise de material colhido no campo.

5. SUMMARY

Young coffee plants (*Coffea arabica* L., var. Mundo Novo) were grown in nutrient solution purified from micronutrient contaminants by the method of MUNNS & JOHNSON (1960). All plants, except those in the control treatment, were

given all macronutrients and all micronutrients except one which was omitted in order to induce its shortage. Symptoms of deficiency were obtained for all known micronutrients but chlorine. Measurements, observations and chemical analysis of leaves allowed the following main conclusions to be drawn.

5.1. The relative influence of micronutrients in growth-measured by the fresh weight of the entire plant — was as follows:

—Fe —Zn —Cu —Mo —Mn complete = —B = —Cl.

that is: the omission of iron from the nutrient solution caused the severest reduction in growth; lack of B and Cl had no effect.

5.2. Symptoms of deficiency of B, Fe, Mn, and Zn were found to be in good agreement with those in the literature. Effects of Cu and Mo shortage, however, had not been described so far: In the case of the Cu-deficient plants, the younger leaves were distorted, having an “S” shape, due probably to lack of growth of the veins; they lost their green color and developed rather large, necrotic patches near the margins. When molybdenum was omitted from the nutrient solution yellow spots develop near the margin of subterminal (fully mature) leaves; they became necrotic; there was a characteristic downward curling of the leaf blade along the mid rib so that the opposite edges touched each other underneath.

5.3. The levels of micronutrients found in normal and deficient leaves are given in Table 4. It is hoped that those values will serve as a basis of judgement of micronutrient contents found in leaves of field grown plants.

6. AGRADECIMENTOS

Um dos autores (E M.) agradece à Fundação Rockefeller, New York, U. S. A., pela concessão de uma bolsa de estudos na Universidade da Califórnia, Berkeley, junto à Kearney Foundation of Soil Science. Parte dêste trabalho foi realizada durante a vigência da mesma.

7. LITERATURA CITADA

- ARNON, D. C. & P. R. STOUT. 1939 Molybdenum as an essential element for higher plants. *Plant Physiol.* **14**:599-602.
- CIBES, H. & G. SAMUELS. 1955 Em "Mineral deficiency symptoms displayed by coffee trees grown under controlled conditions", Univ. of Puerto Rico Agric. Exp. Sta. Paper 14, 21 págs.
- CULOT, J. P., A. V. WAMBECKE & J. CROEGAERT. 1958 Em "Contribution a l'étude de deficiences minérales du caféier d'Arabie au Kivu", Publ. de l'Inst. Natl. pour l'étude Agron. du Congo Belge, Ser. Scient. N.º 73, 105 págs.
- DROSDOFF, M. 1956 Problemas de suelo y nutrición mineral en la producción cafetera de Colombia. *Agric. Trop.* **12**:103-105.
- FRANCO, C. M. & H. C. MENDES. 1952 Sintomas de deficiências minerais no cafeiro. *Bol. Super. Serv. Café* **27**:599-612.
- FRANCO, C. M. & H. C. MENDES. 1954 Deficiência de zinco em cafeiro. *Bol. Super. Serv. Café* **29**:34-39.
- GONZALEZ, C. A., J. PEREZ, J. EBGERT & H. HOPP. 1953 El abonamiento del cafeto. *Suelo Tico* **7**:144-166.
- HEWITT, E. J. 1956 Symptoms of molybdenum deficiency in plants. *Soil Sci.* **81**:159-171.
- JOHNSON, C. M. & A. ULRICH. 1959 Em "Analytical methods for use in plant analysis", *Cal. Agr. Exp. Sta. Bul.* **766**:26-78.
- JONES, P. A., J. B. D. ROBINSON & J. A. N. WALLIS. 1960 Fertilizers, manure, and mulch in Kenya coffee growing. *Emp. J. Expt. Agric.* **28**:335-352.
- LOUÉ, A. 1955 Em "Études sur nutrition minerale du caféier en côte d'Ivoire", publ. pelo Gouvernement Général de l'A. O. F.
- LOUÉ, A. 1957 Em "Studies on the inorganic nutrition of the coffee tree in Ivory Coast", publ. pelo Internatl. Potash Institute, Brne, 68 págs.
- MALAVOLTA, E. & L. C. B. DIAS. 1953 Não publicado.
- MALAVOLTA, E. 1959 Em "Manual de Química Agrícola", Edit. Agron. "Ceres" Ltda., São Paulo, Brasil.
- MEDCALF, J. C. & W. L. LOTT. 1956 Em "Metal chelates in coffee", *IBEC Res. Inst., Bul.* **11**, 19 págs.
- MENARD, L. N. 1956 Em "Efeitos do fosforo e de alguns micro-nutrientes no crescimento e composição química do cafeiro

- (*Coffea arabica* L., var. Caturra, K. M. C.) cultivado em solução nutritiva. Tese (Piracicaba), 64 págs., mimeo.
- MUNNS, D. N. & C. M. JOHNSON. 1960 Removal of heavy metal and halide contamination from macronutrient salts. *Plant Physiol* 35:978-981.
- MOWRY, H. 1953 Minor element deficiencies in coffee in Costa Rica. *Foreign Agric.* 17:93-96.
- MÜLLER, L. E. 1959 Em "Algumas deficiências minerais comunes em el cafeto (*Coffea arabica* L.)", Instit., Interam. Ciencias Agric. (Turrialba, C. Rica) *Bol. Tecn.* 4, 41 págs.
- PEREZ, S., V. M. 1957 Algumas deficiências minerais del cafeto en Costa Rica Min. de Agric. e Indus., Costa Rica, *Inf. Tecn.* n.º 2, 27 págs.
- STEWART, I., & C. D. LEONARD. 1952 Molybdenum deficiency in Florida citrus. *Nature* 170:714-715.

8. LEGENDAS

- Fig. 1. Deficiência de boro (boron deficiency)
- Fig. 2. Deficiência de cobre (copper deficiency)
- Fig. 3. Deficiência de ferro (iron deficiency)
- Fig. 4. Deficiência de manganês (manganese deficiency)
- Fig. 5. Deficiência de molibdênio; à esquerda, fôlha normal (molybdenum deficiency; left, normal leaf)
- Fig. 6. Deficiência de zinco (folha) velha (Zinc deficiency, old leaf).

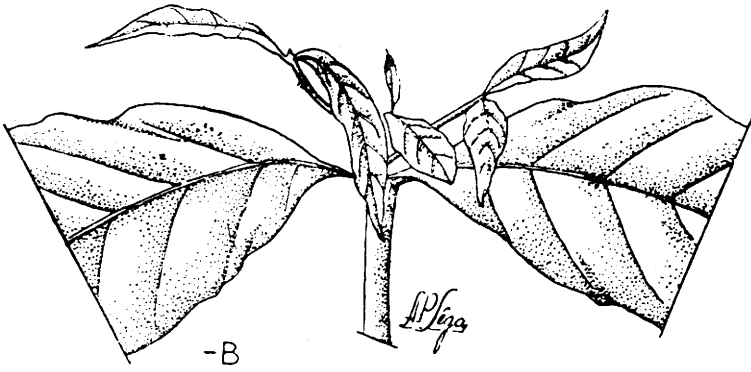


Fig. 1

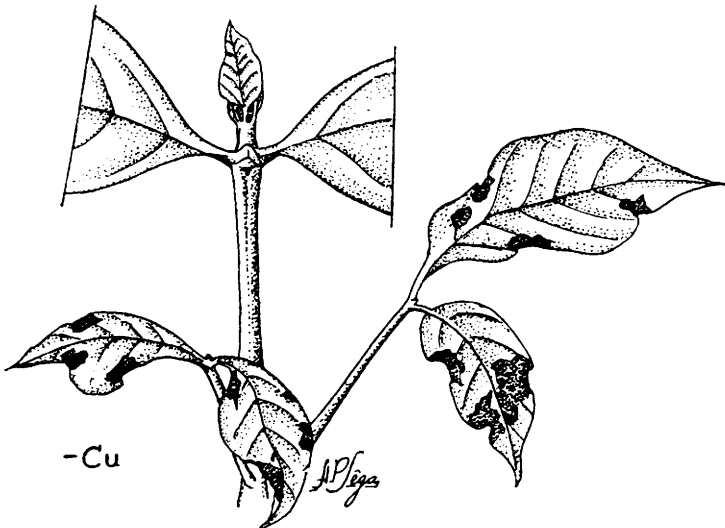


Fig. 2



Fig. 3

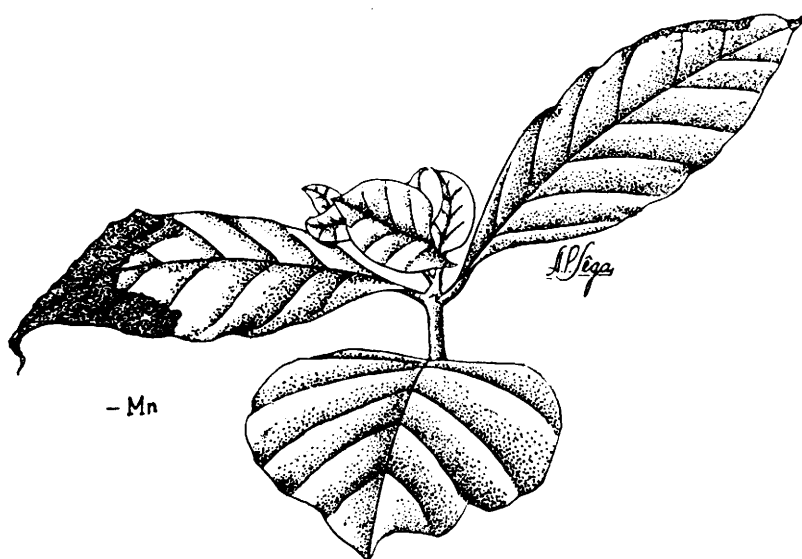


Fig. 4

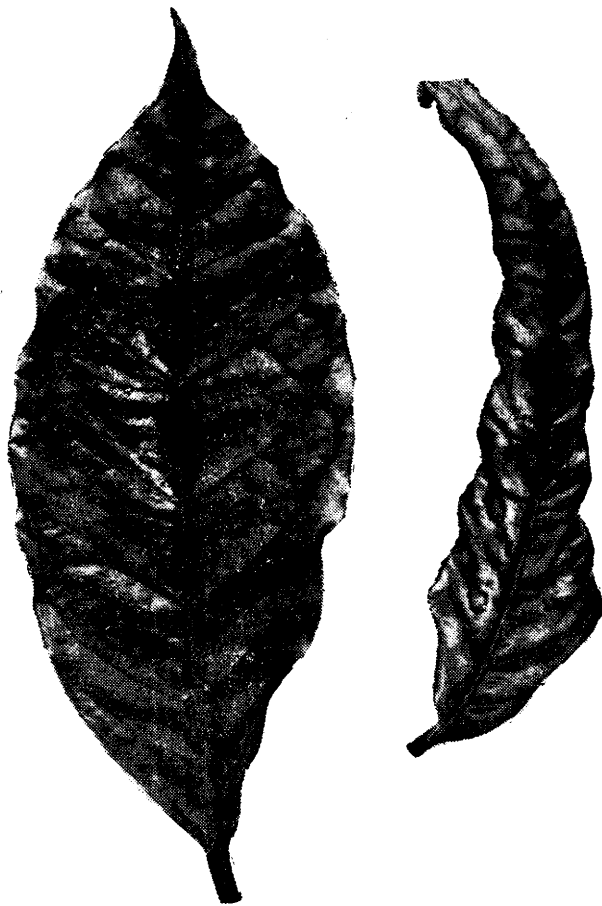


Fig. 5



Fig. 6

