

HENRIQUE PAULO HAAG

Engenheiro Agrônomo

Assistente da 20ª Cadeira "Química Orgânica e Biológica"

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", U.S.P.

EFEITOS DAS DEFICIÊNCIAS E EXCESSOS DE MACRONUTRIENTES

NO CRESCIMENTO E NA COMPOSIÇÃO DO CAFEEIRO (Coffea ara-
bica L., var. bourbon (B. Rodr.) Choussy) CULTIVADO EM

SOLUÇÃO NUTRITIVA

TESE DE DOUTORAMENTO

apresentada à

Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", U.S.P.

Outubro de 1958

PIRACICABA - ESTADO DE SÃO PAULO

BRASIL

DEDICO

À meus pais,

à minha espôsa e

ao meu filho

ÍNDICE

<u>MATÉRIA</u>	<u>PÁGINA</u>
Dedicatória	I
1. Introdução	1
2. Revisão da literatura	3
3. Material e Métodos	8
3.1. Mudas	8
3.1.1. Variedades	8
3.1.2. Escolha e preparo das mudas	8
3.2. Recipientes	8
3.2.1. Soluções nutritivas	5
3.3.1. Composição	9
3.3.2. Tratamentos	11
3.3.3. pH e temperatura das soluções	12
3.3.4. Pressão osmótica	13
3.4. Casa de vegetação	13
3.4.1. Temperatura, umidade e arejamento	14
3.5. Mensurações das plantas	15
3.6. Fotografias e aquarelas	15
3.7. Cortes anatômicos das folhas	16
3.8. Sintomatologia	16
3.9. Coleta das plantas	16
3.9.1. Determinação do peso do material fresco das plantas	16
3.9.2. Determinação do peso do material seco das plantas	17
3.10. Moagem das amostras	17
3.11. Análise química	17
3.11.1. Preparo do extrato	17
3.11.2. Métodos usados nas determinações	18
3.12. Análise estatística	19
4. Resultados e Discussão	20

4.1. Cytomorfologia	20
4.1.1. Planta testemunha	20
4.1.2. Planta sem nitrogênio (-N)	21
4.1.3. Planta com excesso de nitrogênio (+N)	22
4.1.4. Planta sem fósforo (-P)	23
4.1.5. Planta com excesso de fósforo (+P)	24
4.1.6. Planta sem potássio (-K)	26
4.1.7. Planta com excesso de potássio (+K)	27
4.1.8. Planta sem cálcio (-Ca)	28
4.1.9. Planta com excesso de cálcio (+Ca)	30
4.1.10. Planta sem magnésio (-Mg)	31
4.1.11. Planta com excesso de magnésio (+Mg)	33
4.1.12. Planta sem enxofre (-S)	34
4.1.13. Planta com excesso de enxofre (+S)	35
4.2. Mensurações	37
4.2.1. Variação percentual do crescimento em relação à testemunha	37
4.2.2. Testemunha (solução completa)	41
4.2.3. Deficiência de nitrogênio (-N)	42
4.2.4. Excesso de nitrogênio (+N)	43
4.2.5. Deficiência de fósforo (-P)	44
4.2.6. Excesso de fósforo (+)	45
4.2.7. Deficiência de potássio (-K)	46
4.2.8. Excesso de potássio (+K)	47
4.2.9. Deficiência de cálcio (-Ca)	48
4.2.10. Excesso de cálcio (+Ca)	49
4.2.11. Deficiência de magnésio (-Mg)	50
4.2.12. Excesso de magnésio (+Mg)	51
4.2.13. Deficiência de enxofre (-S)	52
4.2.14. Excesso de enxofre (+S)	53
4.2.15. Discussão das mensurações contidas nos Quadros VIIS a XX	54

4.3. Análise química	56
4.3.1. Efeitos dos tratamentos sôbre o teor percentual de N	56
4.3.2. Efeitos dos diversos tratamentos sôbre o teor percentual de P	62
4.3.3. Efeitos dos tratamentos sôbre o teor percentual de K	66
4.3.4. Efeitos dos tratamentos sôbre o teor percentual de Ca	71
4.3.5. Efeitos dos tratamentos sôbre o teor percentual de Mg	75
4.3.6. Efeitos dos tratamentos sôbre o teor percentual de S	80
4.4. Teores percentuais médios, mínimos e máximos dos macronutrientes encontrados no caféiro	84
5. Resumo e conclusões	87
5.1. Sintomas de carência e de excesso	87
5.2. Alterações anatômicas causadas devido a deficiência e excesso dos macronutrientes	88
5.3. Mensurações	88
5.4. Análises químicas	89
5.4.1. Efeitos dos tratamentos sôbre o teor percentual de N	89
5.4.2. Efeitos dos tratamentos sôbre o teor percentual de P	90
5.4.3. Efeitos dos tratamentos sôbre o teor percentual de K	91
5.4.4. Efeitos dos tratamentos sôbre o teor percentual de Ca	91
5.4.5. Efeitos dos tratamentos sôbre o teor percentual de Mg	92
5.4.6. Efeitos dos tratamentos sôbre o teor percentual de S	92
5.5. Teores mínimos e máximos encontrados no caféiro	93
6. Summary and conclusions	94
6.1. Symptoms	94
6.2. Hystological effects	94

6.3. Measurements	94
6.4. Chemical analyses	95
6.4.1. Nitrogen content	95
6.4.2. Phosphorus content	96
6.4.3. Potassium content	96
6.4.4. Calcium content	96
6.4.5. Magnesium content	97
6.4.6. Sulfur content	97
7. Agradecimientos	98
8. Bibliografia	39

Efeitos das deficiências e excessos de macronutrientes no
crescimento e na composição química do cafeeiro (Coffea
arabica L., var. Bourbon (B. Rodr.) Choussy), cultivado em
solução nutritiva

HENRIQUE PAULO HAAG

Assistente da 20ª Cadeira "Química
Orgânica e Biológica", E.S.A. "Luiz
de Queiroz", U.S.P., Piracicaba,
São Paulo

1. Introdução.

Apesar de sermos os maiores produtores de café do mundo, poucos têm, sido os trabalhos fundamentais em nutrição mineral publicados em nosso meio. Ao procedermos à revisão da literatura deparamos somente com dois trabalhos feitos em solução nutritiva: FRANCO e MENDES(1949) e recentemente MENARD (1956). Daí o nosso intuito de apresentar um trabalho que pudesse em alguma coisa contribuir para sanar esta falha.

O presente ensaio foi iniciado em 1955, cultivando o cafeeiro em areia pura em ausência e em excesso dos macronutrientes. Infelizmente, não colhendo resultados satisfatórios, resolvemos repeti-lo em 1956, em solução nutritiva.

Foi nosso objetivo:

1. Obter um quadro sintomatológico das deficiências e dos excessos dos macronutrientes por nós estudados.
2. Constatar se os diversos tratamentos afetavam a constituição histológica das folhas.
3. Verificar os efeitos da ausência, da presença e do excesso de N, P, K, Ca, Mg e S sobre o crescimento do cafeeiro.

4. Verificar a interdependência dos macronutrientes e os teores mínimos e máximos encontrados nas folhas.

2. Revisão de literatura.

2.1. Na revisão de literatura faremos somente menção a trabalhos com cafeeiro que estão diretamente relacionados com os macronutrientes por nós estudados.

As primeiras análises de café de que se tem conhecimento são devidas a Neumann(1740), Geoffroy(1741), Krüger (1746), Gmelin(1752), Brugnatelli(1816), Zenneck(1831) e Ribra(1858), citados por PECKOLT(1884, pá?. 46) que procederam à análises principalmente do fruto; tanto de substâncias minerais como orgânicas.

DAFERT e BRAGA(1893), estudaram a composição da raiz, caule, ramos, folhas e frutos, assim como a distribuição porcentual dos elementos, P, K, Ca e Mg nos diversos órgãos do cafeeiro e~ diversas idades.

DAFERT(1899), publicou um relatório sôbre a cultura racional do cafeeiro no qual fez referências 'as exigências do café, em N, P, K e Mg, em diversas idades.

CAMARGO et al.(1929), estudaram a influência do pH sôbre o desenvolvimento e a composição do cafeeiro (Coffea arabica L.), em ensaio de solução nutritiva; após sete meses, concluíram, que o pH mais conveniente ao cafeeiro é o compreendido entre os limites de 4,2 a 5,1.

CAMARGO(1931), pesquisou a influência da relação K/N e do F sôbre o desenvolvimento do cafeeiro (Coffea arabica L.), em ensaios de vasos, e em solução nutritiva. Nos ensaios de vasos, com terra vermelha, aplicando dois níveis de potássio e mantendo constante o de nitrogênio constatou que, para o nível maior de potássio, houve uma diminuição na colheita; da mesma forma, o potássio permanecendo constante, a dose menor de nitrogênio contribuiu para diminuir a produção de frutos. Repetindo estes ensaios em solução nutritiva,

Haag
constatou que, após 18 meses a relação K/N para o cafeeiro variava de 0,5 a 1,0. O fósforo se mostrou benéfico sobre o desenvolvimento da raiz, caule e folhas; quando em excesso não apresentou dano ao cafeeiro. Infelizmente não menciona o teor de fósforo aplicado como excesso.

Camargo e Bolliger(1930-35), citados por CATANI e MORAES(1958), determinaram os teores de N, P, K, Ca e Mg nas raízes, tronco, ramos e folhas do cafeeiro, com três anos de idade cultivados em vasos.

Jacob(1938), citado por HAARER(1956 - pág. 224), cultivou cafeeiros durante três anos em solução nutritiva de Shive, afim de verificar os distúrbios causados pela carência e excesso de N, P, K, Ca, Mg, E, NaCl e Fe. As carências quasi todas foram constatadas menos a do P. Nos excessos somente constatou os de Ca, K e principalmente de Mg. No excesso de Ca usando CaCO₃, constatou que as plantas se mostravam claramente deficientes em Fe. Para o Mg, as plantas não se desenvolveram, não checando a apresentar sintonias. No caso do K, verificou que havia intensa queda das folhas mais velhas e que o sistema radicular morria.

FRANCO e MENDES(1949), estudaram as carências de N, P, K, Ca, Mg, S e Fe em cafeeiros (*Coffea arabica* L., var. Bourbon), cultivados em soluções nutritivas, obtendo um quadro sintomatológico das deficiências dos elementos minerais acima citados. Não fizeram, porem, as análises químicas das plantas nessas condições.

CIBES e SAMUELS(1955), analisaram e descreveram os sintomas de carência de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn e B em cafeeiros (*Coffea arabica* L., var. Bourbon) cultivados em areia pura com solução nutritiva. Analisaram as folhas superiores e inferiores, determinando os teores apresentados pelas plantas deficientes. Obtiveram as seguintes porcentagens para os

elementos estudados: N, 1,56-1,43; P, 0,10-0,11; K, 0,46-0,24; Ca, 0,08-0,56; Mg, 0,16-0,09. Não determinaram o teor em S.

LOTT et al.(1956), analisaram cerca de 18.000 amostras de folhas de cafeeiros com a finalidade de investigar os efeitos da irrigação, adubação verde, coberturas com capim, adubação química, herbicidas e do uso de quelatos contendo os micronutrientes. Os teores mínimos e máximos para os elementos N, P, K, Ca e Mg encontrados nas folhas são os seguintes:

Nitrogênio	1,9	a	4,00 %
Fósforo	0,03	a	0,20 %
Potássio	0,33	a	4,00 %
Cálcio	0,50	a	2,00 %
Magnésio	0,08	a	1,30 %

MENARD(1956), pesquisou os efeitos de carência e excesso de P, Fe, Mn, Mg, Cu e Mo sobre o crescimento e composição do cafeeiro (Coffea arabica L., var. Caturra, K.M.C.). Estudou igualmente a interdependência dos elementos citados; foi, acreditamos, o segundo trabalho em que se verificou o efeito do excesso de fósforo. Apresentou ainda um estudo morfológico das plantas pelo exame anatomico das folhas a fim de tornar mais precisos os dados sobre a natureza das carências ou excessos dos elementos usados. Em relação ao fósforo obteve o seguinte resultado: em folhas deficientes, P, 0,05%, em folhas com excesso, 0,89%.

MENARD e MALAVOLTA(1957), cultivaram cafeeiros (Coffea arabica L., var. Caturra K.M.C.) de 5 meses de idade em solução nutritiva, afim de verificar com o auxilio do P³² a absorção e distribuição do fósforo na planta. As plantas após intervalos determinados (24, 48, 72 horas e 6 semanas) foram retiradas e a atividade absorvida foi determinada. Concluíram os referidos autores que 68,7% do fósforo foi absorvido em 6

semanas. Notaram ainda que o maior acúmulo do fósforo se dava no caule e nas folhas apicais.

MALAVOLTA et al. (1957), afim de verificar as possibilidades práticas da adubação nitrogenada no cafeeiro (Coffea arabica L., var. Bourbon vermelho) em condições de campo, fizeram pulverizações com solução de ureia a 2,5% em plantas de 3 anos de idade pertencentes ao canteiro PK de um ensaio fatorial, que se mostrava com sintomas evidentes de carência de nitrogênio. Como consequência da absorção da ureia o teor de nitrogênio nas folhas subiu de 2,38 a 3,42%. Fizeram ainda determinações cromatográficas dos aminoácidos livres das folhas tratadas e das outras colhidas em canteiros que vinham recebendo doses normais de nitrogênio. Os cromatogramas mostraram que não se deu proteólise como consequência da absorção de ureia.

LOUÉ (1957), estabeleceu os níveis de carência de N, P, X, Ca, Mg, S, Fe, Mn e B do cafeeiro (Coffea robusta) analisando periodicamente as folhas de plantas cultivadas em solo ~ ç nutritiva na ausência desses elementos. Damos a seguir os níveis determinados.

N, 15%; P, 0,06%; K, 0,3%; Ca, 0,25%; Mg, 0,30%

CATANI e MORAIS (1958), pesquisaram a variação na concentração de N, P, X, Ca, e Mg na raiz, tronco, ramos, folhas e frutos do cafeeiro (Coffea arabica L., var. Bourbon vermelho) em diversos estágios de seu crescimento no campo, em terra roxa misturada. Concluíram os referidos pesquisadores que as quantidades médias de elementos absorvidos por planta com 5 anos de idade foram: 117,5 g de N; 16,4 g de P₂O₅; 121,3 g de K₂O; 77,1 g de CaO e 23,5 g de MgO.

MALAVOLTA et al. (1958), instalaram um fatorial 2x2x2 destinado a estudar a influência de N, P e K no cafeeiro

(Coffea arabica L., var. Bourbon vermelho) e a possibilidade de usar a diagnose foliar como um modo para se avaliar as exigências de fertilizantes. As análises do 3º par de folhas recém-maduras colhidas do terço superior do pé-de-café em 3 anos consecutivos, permitiram tentativamente estabelecer os seguintes níveis críticos medios que abaixo mencionamos.

<u>N%</u>	<u>P%</u>	<u>K%</u>
Sem N- 2,28 ± 0,06	Sem P- 0,125 ± 0,013	Sem K- 1,07 ± 0,11
Com N- 2,79 ± 0,06	Com P- 0,155 ± 0,013	Com K- 1,62 ± 0,11

3. Material e Métodos.

3.1. Mudas.

3.1.1. Variedades.

No presente ensaio usamos mudas de Coffea arabica L., var. Bourbon (B. Rodr.) Choussy, de seis meses de idade. O café chamado Mundo Novo, pelo Instituto Agrônômico de Campinas é uma linhagem do bourbon vermelho, caracterizada por acentuado vigor vegetativo e alta produção. O porte é pouco maior que o da maioria das linhagens de bourbon, a ramificação lateral é densa e o amadurecimento do fruto pouco mais tardio que o do bourbon comum.

3.1.2. Escolha e preparo das mudas.

Tomamos 100 mudas que se achavam repicadas em lamina dos; eliminamos a terra aderente às raízes com auxílio de água corrente e completamos a lavagem com água destilada; escolhemos 52 mudas bem uniformes como mostra o Quadro I.

Em seguida procedemos ao transplante como veremos em 3.3.2.

3.2. Recipientes.

Usamos frascos de Erlenmeyer de boca larga, COT capacidade para 1 litro. Pintamos externamente os vasos com tinta preta, afim de vedar a entrada de luz e conseqüente desenvolvimento de algas, e sobre tinta aplicamos esmalte branco para refletir a luz incidente evitando assim o aquecimento demasiado das soluções. Cada Erlenmeyer era tampado por uma rolha de cortiça com duas perfurações: uma maior, destinada a fixar a planta com auxílio de um algodão, e a outra menor, para receber um tubo de vidro de 17 cm de comprimento afilado na ponta.

Pêso médio das plantas em g

Lote	Pêso médio de 4 plantas
1	5,9
2	6,3
3	6,8
4	6,0
5	7,5
6	6,1
7	7,2
8	6,0
9	7,7
10	6,5
11	7,5
12	8,0
13	7,5
Média	6,4

Quadro I

Os vasos foram numerados de 1 a 52 com tinta preta.

3.3. Solução nutritiva.

3.3.1. Composição.

Usamos a solução de HOAGLAND e ARNON(1950), modificada para os tratamentos que levaram excesso de macronutrientes.

A técnica usada foi a seguinte: preparamos soluções estoques ou seja as soluções molares para os sais, e normais para os ácidos. Os sais e ácidos usados eram todos pró-análise.

Pipetamos os volumes indicados no Quadro II e comple

Hangy

ml de soluções de reserva usados na composição das soluções nutritivas

Sais e ácidos	S O L U Ç Ã O												
	T	- N	+ N	- P	+ P	- K	+ K	- Ca	+ Ca	- Mg	+ Mg	- S	+ S
NH ₄ H ₂ PO ₄ M	1	--	1	--	1	--	--	--	1	--	1	--	1
KNO ₃ M	6	--	6	6	6	--	6	5	6	6	6	6	6
Ca(NO ₃) ₂ M	4	--	4	4	4	5	4	--	1	4	4	4	4
MgSO ₄ M	2	--	2	2	2	2	--	2	2	--	4	--	2
H ₃ PO ₄ N	.	2	--	--	4	--	1	--	--	--	--	--	--
KCl M	.	--	--	--	--	--	4	--	--	--	--	--	--
KHCO ₃ M	.	--	--	--	--	--	5	--	--	--	--	--	--
K ₂ SO ₄ 0,5 M	.	5	--	--	--	--	5	--	--	3	--	--	--
CaCl	.	--	--	--	--	--	--	--	2	--	--	--	--
CaSO ₄ 0,1 M	.	200	--	--	--	--	--	--	10	--	--	--	--
MgCl ₂	.	--	--	--	--	--	--	--	--	--	4	--	--
Mg(NO ₃) ₂	.	--	--	--	--	--	2	--	--	--	2	2	4
H ₂ SO ₄ N	.	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Na ₂ SO ₄ M	.	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	2
Ca(H ₂ PO ₄) ₂ 0,5 M	.	10	--	--	--	10	--	1	--	--	--	--	--
KH ₂ PO ₄ M	.	--	--	--	--	--	--	--	--	1	--	1	--
NH ₄ NO ₃ M	.	--	14	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

tamos a 1 litro com água desmineralizada em um desmineralizador Bantam, modelo BDI, fabricado pela Barnstead & Sterilizer

Elementos	p.p.m. (partes por milhão)
Boro (como H_3BO_3)	0,5
Manganês (como $MnCl_4 \cdot 4H_2O$)	0,5
Zinco (como $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$)	0,05
Cobre (como $CuSO_4 \cdot 5H_2O$)	0,02
Molibdênio (como $MoO_4 \cdot 4H_2O$)	0,01

Quadro III

Co., Boston, U.S.A.

Para os micronutrientes usamos por litro de solução as quantidades que constam do Quadro III.

O ferro foi adicionado em quantidade igual à recomendada por HOAGLAND e ARNON(1950), sob a forma de quelato "sequestrene" cujo teor em Fe é de 14,3%. As soluções eram renovadas semanalmente.

3.3.2. Tratamentos.

Mantivemos as plantas durante dois meses (junho-julho) em solução de HOAGLAND e ARNON(1950) diluída a 1/5 afim de que as mudas adquirissem maior uniformidade e se adaptassem ao meio.

Em seguida, as plantas foram colocadas nos vasos com três níveis de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, a saber:

- nível zero caracterizado pela ausência de um desses elementos;
- nível normal, com a solução completa de HOAGLAND e ARNON (1950) e

c) nível de excesso, dose maior do que o nível normal.

Os tratamentos, em número de 13, com 4 repetições, foram distribuídos como se vê no Quadro IV.

Vasos nº	Tratamentos
1, 2, 3, 4	Testemunha (nível normal)
5, 6, 7, 8	Sem nitrogênio (-N)
9, 10, 11, 12	602 p.p.m. (+N)
13, 14, 15, 16	Sem fósforo (-P)
17, 18, 19, 20	83 p.p.m. (+P)
21, 22, 23, 24	Sem potássio (-K)
25, 26, 27, 28	1000 p.p.m. (+K)
29, 30, 31, 32	Sem cálcio (-Ca)
33, 34, 35, 36	280 p.p.m. (+Ca)
37, 38, 39, 40	Sem magnésio (-Mg)
41, 42, 43, 44	240 p.p.m. (+Mg)
45, 46, 47, 48	Sem enxôfre (-S)
49, 50, 51, 52	256 p.p.m. (+S)

Quadro IV

Para a testemunha em solução de nível normal o teor dos elementos em p.p.m. foi de (Quadro V).

3.3.3. pH e temperatura das soluções.

Por ocasião da troca das soluções que fazíamos semanalmente, acertávamos o pH à 5,0-5,5, com auxílio de um potenciômetro Beckman, Modelo H-2, pela adição de NaOH N/10. Procedíamos a medições diárias das soluções, corrigindo o pH quando necessário.

A temperatura das soluções dentro dos vasos, tomada

Elemento	p.p.m.
Nitrogênio	210
Fósforo	31
Potássio	224
Cálcio	160
Magnésio	48
Enxofre	64

Quadro V

diariamente variava entre 16-28°C.

3.3.4. Pressão osmótica.

Calculamos a pressão osmótica, em atmosferas, para as diferentes soluções pela fórmula de Van't Hoff

$$VP = nRT, \text{ donde } P = \frac{nRT}{V}$$

sendo: V = volume em litros

P = pressão osmótica

n = número de mols

R = constante (0,082)

T = temperatura absoluta (273 + temperatura em graus centígrados).

Os valores obtidos para as soluções estão contidos no Quadro VI.

3.4. Casa de vegetação.

Conduzimos o ensaio em estufa de vidro fabricado pela Lord. e Burham, Lavington, N.Y., U.S.A. Adaptamos um sistema de refrigeração à água baseado em WENT(1957 - pág. 35) no Earhart Plant Research Laboratory na California.

Valores das pressões osmóticas em atmosferas

Solução	Pressão osmótica, atmosferas
T	0,74
- N	0,47
+ N	2,42
- P	0,67
+ P	0,91
- K	0,54
+ K	1,40
- Ca	0,38
+ Ca	0,91
- Mg	0,70
+ Mg	1,19
- S	0,80
+ S	1,10

Quadro VI

3.4.1. Temperatura, umidade e arejamento.

Durante o experimento anotamos diariamente a temperatura mínima e máxima, tomada respectivamente às 8 horas e às 15 horas. A média observada foi de Mx - 28°C.

Mn - 17°C

WENT(1957 - pág. 165), constatou que a temperatura ótima para o crescimento do cafeeiro é de Mx - 23°C

Mn - 17°C

Para determinação da umidade instalamos um higrógrafo o qual registrava continuamente a umidade, que variava entre 40 e 90%. WENT(1957 - pág. 295) verificou em Coffea arabica L., var. Bourbon que, havendo suficiente água disponível para a planta a umidade pouca influência tinha no crescimento

Haag

Processamos o arejamento contínuo das soluções com auxílio de um compressor de ar fabricado pela Ingersoll-Rand Co., N.Y., U.S.A.

3.5. Mensuração das plantas.

Todas as mensurações foram feitas mensalmente e por ocasião da coleta do material.

Pesavamos as mudas do seguinte modo: retiravamos as plantas dos vasos, agitando-as afim de eliminar o máximo de água, aderente às raízes, pesando-as em seguida numa balança fabricada pela Welch Scientific Company, Chicano, U.S.A. O peso era anotado em gramas.

Medíamos o comprimento da raiz primária, do colo da planta até a sua extremidade, com auxílio de uma regua graduada, tendo o cuidado de estender a raiz. As mensuras eram feitas em centímetros.

Fazíamos contagens do número de folhas, tendo o cuidado de anotar as folhas que se desprendiam durante o período compreendido entre um mês e outro.

Na falta de um paquímetro, usamos um compasso de ponta seca para determinarmos o diâmetro do caule. Tomamos o diâmetro a 5 cm do ápice do caule comprimido e anotamos em milímetros.

Medíamos o comprimento do caule, a partir do colo até o ápice com auxílio de uma regua graduada em centímetros.

3.6. Fotografias e aquarelas.

Tiramos fotografias coloridas e em preto-branco, das plantas que se apresentavam com sintomas de carência ou excesso dos elementos. Os sintomas de carência e toxidez nas folhas foram igualmente reproduzidos em aquarela.

3.7. Cortes anatômicos das folhas.

Os cortes foram feitos com o microtomo de congelação Spencer, usando matriz de goma-arábica, fazendo cortes transversais do limbo, abrangendo as áreas dos sintomas e com a espessura de 15 a 20 microns. Na montagem das lamínas usamos uma mistura de glicerina e água, em partes iguais. % seguida procediamos o exame num microscópio binocular REICHERT.

3.8. Sintomatologia.

Pareceu-nos interessante fazer acompanhar e estudo anatômico da planta pela descrição dos sintomas visuais nas folhas, afim de tornarmos mais precisos os dados sobre a natureza da carência ou do excesso dos macronutrientes por nós usados.

Para uma maior uniformidade na anotação das cores, utilizamos o Atlas de los Colores, de VILLALOBOS-DOMINGUEZ e VILLALOBOS(1947). O sistema de classificação e de anotação é o seguinte:

- a) a letra ou letras indicam a cor e seu matiz
- h) o número ou números dão-nos o valor de luminosidade
- c) o grau expressa a tonalidade do matiz

3.9. Coleta das plantas.

3.9.1. Determinação do peso do material fresco das plantas.

Uma vez evidenciados os sintomas de carência ou excessos, fazíamos a coleta do material do seguinte modo: retiramos as plantas de seus respectivos vasos, dividindo-as nas seguintes partes:

- a) folhas com sintomas

- b) folhas superiores
- c) folhas inferiores
- d) caule
- e) raiz

As raízes eram agitadas, durante um minuto em HCl 0,2 N e posteriormente lavadas com água destilada, afim de eliminarmos os possíveis sais que ficaram aderentes. Em seguida os diversos órgãos das plantas eram pesados numa balança de torsão, fabricada pela The Torsion Balance Co., Clifton, U.S.A., determinando assim o peso do material fresco.

3.9.2. Determinação do peso do material das plantas.

As diversas partes das mudas tratadas de acordo com 3.9.1. foram postas em sacos de papel rotulados e em seguida procedidas a secagem em estufa sob a temperatura de 75-80°C. Terminada essa operação, tornamos a pesar as diversas partes das mudas, obtendo assim o peso do material seco.

3.10. Moagem das amostras.

Procedíamos a moagem do material num micro-moinho, Wiley, com peneira malha 20, armazenando as amostras moídas em vidros rotulados, para posterior análise química.

3.11. Análise química.

3.11.1. Preparo do extrato.

Preparavamos o extrato nítrico perchloric & acordo com LOTT et al., 1956. Pesamos em um Kjeldahl de 100 ml, 0,200 g de material seco e moído. Adicionamos 7 ml de HNO₃, em seguida aquecemos em banho de areia até a solução ter cor de palha. Com a amostra ainda úmida com HNO₃, adicionamos

1 ml de HClO_4 , continuando o aquecimento agora, no bico de Bunsen, elevando gradualmente à temperatura até que a solução de sais de HClO_4 estivesse incolor e fumegante. Esfriamos o balão, adicionamos 10 ml de água e fervemos moderadamente durante alguns segundos. Tornamos a esfriar, diluindo a 50 ml com água, passando para um frasco rotulado, com o fim de determinarmos Ca, P, Mg e K.

3.11.2. Métodos usados nas determinações.

R) Nitrogênio:- Método micro-Kjeldahl modificado (MALAVOLTA, 1957).

(1) Reagentes:

Mistura digestora: 175 ml H_2O , 3,6 g Na_2SeO_3 ,
48,5 g Na_2SO_4 , 4,0 g CuSO_4 .
5 H_2O , 200 ml H_2O

Alcali forte: NaOH \approx 18 N

H_2SO_4 0,01 N

NaOH 0,01 M

Vermelho de metila 0,5 %

(2) Digestão.

Pesamos num balão Kjeldahl de 100 ml, 0,050 g de material Seco e moído; em seguida pipetamos 6 ml da mistura digestora para o balão. Colocamos o balão no microdigestor e aquecemos; no início, lentamente, aumentando gradativamente a temperatura. Após 30 minutos a solução tornou-se azul muito claro. Prosseguimos à ebulição por mais 30 minutos. Esfriamos o frasco e passamos o líquido para um balão de 25 ml, lavando o frasco com água destilada.

(3) Destilação.

Passamos 10 ml da solução obtida em (2) para o microdestilador de Kirk, fabricado pela Arthur Thomas co., Phi-

Haag
Philadelphia, U.S.A. Num vaso de boêmia, de 150 ml, colocamos 10 ml de H_2SO_4 0,01 N, 25 ml de H_2O e 2 gotas de vermelho de metila a 0,5%. Colocamos o boêmia sôbre o tubo de saída do destilado. Juntamos vagarosamente 5 ml do alcali forte, de modo que ele forme uma camada sob a solução. Antes que a água entre em ebulição fechamos as torneiras. O ar forçando através do tubo de destilação mistura o alcali com a amostra. O vapor que veio a seguir libertou a amônia que foi absorvida na solução receptora (H_2SO_4 0,01 N). Destilamos até coletar 10 ml. Baixamos o vaso da boêmia, permitindo que mais um ml do condensado caísse no boêmia. Titulamos com NaOH 0,01 N o destilado contido no boêmia. Expressamos o resultado em % de N.

- b) Potássio:- Método pelo fotometro de chama Beckman.
- c) Fósforo:- Método do vanadato (LOTT et al., 1956).
- d) Cálcio:- Método de titulação do oxalato de titânio com permanganato de potássio (MALAVOLTA e COURY, 1954).
- e) Magnésio:- Método do amarelo de tiazol (DROSDOFF e NEARPASS, 1948).
- f) Enxofre:- Método de JOHNSON e NISHITA, 1952.

3.12. Análise estatística.

As análises estatísticas foram feitas pelos métodos comuns.

4. Resultados e Discussão.

4.1. Sintomatologia.

Para uma maior clareza, obedeceremos o seguinte critério:

a) descrição dos sintomas visuais observados durante o desenvolvimento da planta.

b) alterações anatômicas observadas pelo efeito da carência ou do excesso dos macronutrientes por nós estudados.

4.1.1. Planta testemunha.

As plantas testemunhas, que vegetavam em solução completa, tinham um desenvolvimento perfeitamente normal quanto ao crescimento de suas partes e a coloração das folhas novas era de um verde-claro (GGL-9-12ª) e das maduras m, verde bem intenso (GGL-5-12ª).

Epiderme superior. Constava de uma camada de células grandes, justapostas e de forma geralmente retangular e, menos vezes, poligonais ou arredondadas. A parede externa dessas células era ligeiramente ondulada e provida de cutícula delgada.

Parênquima paliçádico. Compunha-se apenas de uma fiada de células altas, perpendiculares à epiderme, unidas lateralmente, em quase toda a sua extensão, confinando pelo extremo inferior as células do parênquima esponjoso.

Parênquima lacunoso. Era formado de 5 a 6 estratos de células dispostas paralelamente à superfície do limbo e exibiam grandes lacunas.

Epiderme inferior. Era em suas linhas gerais, semelhante à superior, mas com células mais baixas e mais alongadas, isto é, o eixo maior paralelo à superfície do limbo. Nas células do mesófilo e ocupando posição quase central,

Haag
 ocorria um corpúsculo arredondado, maior que os cloroplastos. Apresentava-se sem pigmentação; tinha aspecto poroso e dava a reação das graxas, pois dissolvia-se no éter e coloria-se com o Sudan IV.

4.1.2. Planta sem nitrogênio (-N).

a) Sintomas visuais.

Após a omissão do nitrogênio na solução nutritiva as plantas tinham o desenvolvimento bastante retardado. As raízes se apresentavam abundantes e de coloração marfim (00Y-19-3º). Não havia diferenciação das gemas laterais para a formação de galhos. O caule se apresentava fino, de coloração verde-claro (L-14-8º). Não havia desfoliação, e as folhas se apresentavam em ângulo quasi **que** reto em relação ao caule. Não constatamos alterações no formato das folhas.

Um mês após a ausência do nitrogênio as folhas mais velhas começavam a apresentar na página superior uma coloração verde-claro (L-14-8º) ao passo que na inferior apresentava uma coloração amarelo-limão sem brilho (L-9-12º). À medida que a deficiência se acentuava a clorose tomava conta da planta toda, isto é, todas as folhas apresentavam a mesma coloração já descrita. A clorose era uniforme por toda a folha, não se ressaltando nem a nervura principal nem as secundárias. Os sintomas obtidos por nós, concordavam com aqueles obtidos por FRANCO e MENDES(1952), STRENGE(1954), CIBES e SAMUELS (1955) e LOUÉ(1957).

b) Alterações anatômicas.

Histologicamente, a estrutura do limbo não oferecia nenhuma particularidade. Entretanto, notávamos modificações relativas ao tamanho, forma, cor e número dos cloroplastos no mesofilo foliar. Assim, os cloroplastos eram menos numerosos

em ambos os parênquimas e de cor verde-claro, tocando ao amarelo. Em numerosas células do tecido paliçádico os cloroplastos não eram globulosos, mas aglutinados, produzindo massas alongadas um tanto irregulares. Ao lado desses tipos registrávamos cloroplastos fusiformes e arredondados. No parênquima lacunoso os cloroplastos eram de aspecto arredondado, tipo normal, porém de um verde-claro. Nas camadas seguintes notávamos que havia escassez de cloroplastos, fusiformes em sua maioria, pequenos, isolados ou então ligados pelas extremidades. Em diversos cloroplastos fusiformes notávamos uma fissura longitudinal.

O corpusculo de matéria graxa ocorria em muitas células, de forma bem circular, porém de diâmetro reduzido.

O corpusculo de matéria graxa ocorria em muitas células, de forma bem circular, porém de diâmetro reduzido.

AVERNA-SACCA(1926), constatou a existência de corpusculos de matéria graxa em cortes feitos em sementes de café. ACCORSI(1949), estudando as células anexas dos estômatos em 517 espécies de Rubiaceae, constatou a presença de corpusculos de matéria graxa em somente 7 das espécies estudadas.

4.1.3. Planta com excesso de nitrogênio (+N).

a) Sintomas visuais. —

A série toda de plantas que vegetavam em solução nutritiva com excesso de nitrogênio, apresentavam um ótimo desenvolvimento tanto da parte aérea, como do sistema radicular. O caule apresentava uma coloração verde-escuro (IG-8.59) sendo a característica principal o seu fendilhamento longitudinal. As folhas se apresentavam em ângulo agudo em relação ao caule devido talvez a alteração na relação C/N. Não havia desfoliação. As folhas apresentavam ao longo das margens numa faixa de largura variável, uma ligeira alteração na cor verde. Na

Haag

pagina dorsal, todavia, a côr verde ra mais clara que na face central. A nervura principal, em quasi toda a sua extensão era de um verde esbranquiçado, em comparação ao verde da lâmina. Entretanto, as demais nervuras, 2^{as}, 3^{as}, destacavam-se do limbo por sua côr verde-intenso (LG-4-8^o).

b) Alterações anatômicas.

Notávamos que os cloroplastos exibiam, via de regra, uma coloração verde-escuro, maior que o da fôlha testemunha, e se apresentavam bem alterados. Assim, na quasi totalidade das células do tecido paliçádico, os cloroplastos eram aglutinados, formando uma massa única, de aspecto irregular. Fato idêntico verificávamos em muitas das células da camada subjacente ao paliçádico.

No lacunoso, as alterações dos cloroplastos se relacionavam com a forma; uns eram fusiformes, outros bastonetes alongados, retos ou recurvados, às vêzes unidos em numero variável pelas extremidades, constituindo verdadeiros rosários. Poucas eram as massas de cloroplastos.

O corpusculo de matéria graxa ocorria em quasi todas as células, variando muito de tamanho, havendo mais de um em algumas células do mesofilo.

4.1.4. Planta sem fósforo (-P).

a) Sintomas visuais.

Os sintomas apareciam 5 meses após a omissão do elemento na solução nutritiva. Em toda série de plantas o crescimento se reduzia ao mínimo, quase parализando. As raízes apresentavam uma coloração amarelo-laranja (O-16-12^o). Havia intensa queda das folhas mais velhas. As folhas manifestavam uma clorose nas adjacências das nervuras principal e secundárias, a ponto de dividir o limbo em pequenas áreas de colora-

ção amarelo-bronzeado (YYO-14-10^o), áreas essas que a medida que se acentuava a carência se convertiam em côr marrom-escuro (OOS-5-10^o). Devido ao contraste de côres, as regiões correspondentes às nervuras tornavam-se bem delimitadas. Os sintomas por nós observados concordavam muito bem com os de FRANCO e MENDES(1952) e LOUÉ(1917), mas discordavam em parte com os de CIBES e SAMUELS(1955) e MENARD(1956).

b) Alterações anatômicas.

Nas áreas correspondentes à clorose intensa, verificamos considerável redução no número e no tamanho dos cloroplastos, tanto no paliádico como no lacunoso. Os cloroplastos, em sua quase totalidade, ostentavam tamanho diminuto e exibiam forma globulosa, elipsoidal, granular, permanecendo ora isolados ora reunidos. Todavia, a constituição histológica das áreas afetadas não ofereciam nenhuma alteração na morfologia de suas células. Dignos de nota eram os corpusculos de matéria graxa, aun se sobressaíam pelo tamanho e pela coloração amarelo-esverdeado, oblongos, ligeiramente estrangulados na região central, e alguns exibiam prolongamentos como se fossem pseudópódios. A superfície ora era lisa, ora crivada de numerosos orifícios (poros) e neste caso assemelhavam-se às placas crivosas dos vasos liberianos. MENARD(1956), observou corpusculos idênticos em Coffea arabica L., var. Caturra, K.M.C.

4.1.5. Planta com excesso de fósforo (+P).

a) Sintomas visuais.

Os sintomas apareciam dois meses após termos adicionado o excesso à solução nutritiva. As plantas apresentavam um bom desenvolvimento não paralisando o seu crescimento, com formação de galhos. O sistema radicular apresentava-se atro-

fiado de cor marrom-escuro (SO-2-9º). Nas folhas os sintomas apareciam primeiramente nas mais velhas. Consistiam do seguinte: uma clorose que se iniciava nas adjacências das nervuras, principal e secundárias, em toda a sua extensão, de tal sorte que a porção verde do limbo ficava reduzida a uma série de áreas, confinadas pelas respectivas nervuras. À medida que a clorose se acentuava, as áreas já afetadas mudavam de tonalidade, adquirindo coloração marrom, idêntica à das raízes (SO-2-9º). A área marginal que ia do meio à ponta do limbo, possuía numerosas manchas marrom-claro, de tamanho, forma, posição variáveis e de contorno irregular. Na face inferior do limbo, notávamos as mesmas características acima descritas porém, as manchas marrom que se distribuíam pelas áreas marginais e as porções cloróticas, eram mais claras, isto é, menos vivas. Os sintomas por nós observados discordavam porém com os obtidos por MENARD(1956).

b) Alterações anatômicas.

O exame do mesófilo mostrava as seguintes alterações, consoante a zona estudada.

1 - Zona verde. As chulas ofereceram aspecto normal. Contudo, os cloroplastos, notadamente no tecido paliçádico, mostravam alterações no tamanho e na forma. Alguns estavam aglutinados, formando massas; outros estavam fragmentados, transformados em granulos. Os cloroplastos existentes nas células do lacunoso apresentavam geralmente a forma de bastonetes, e de fusos. O corpusculo de matéria graxa exibia forma normal, circular, porém de vários diâmetros e crivado de Dequenos poros.

2 - Zona clorótica - Nesta, as alterações já assinaladas se acentuavam. A cor verde dos cloroplastos era bem desbotada e o número deles era maior, tanto no tecido paliçádico

como no lacunoso. Nas partes tipicamente cloróticas os cloroplastos transformavam-se em grânulos amarelos, muito pequenos, de forma irregular.

O corpusculo de matéria graxa continuava presente e, as vezes ocorriam dois ou três, com tamanhos diversos, em cada célula.

3 - Área marrom - Aqui, as alterações eram mais profundas uma vez que os tecidos estavam mortos, as células de forma irregular, membranas tortuosas, conteúdo celular pardo-cento, cloroplastos desorganizados, em pequeno numero, esparsos e muito irregulares na forma. Os corpusculos de matéria graxa, apresentavam-se em algumas células, contudo, exibiam tamanhos diversos e irregulares.

4.1.6. Planta ser potássio (-K).

a) Sintomas visuais.

A serie toda de plantas que passavam a vegetar em solução nutritiva sem potássio não apresentavam sintomas típicos. As plantas paralizavam o seu crescimento, tornavam-se flacidas, talvez devido segundo ECKSTEIN et al.(1937), à carência de tecido de sustentação. As raízes apresentavam-se atrofiadas, de cor cinza-escuro (OOS-7-12), chegando mesmo a se destacar da planta. Sintomas idênticos foram observados por JACOB(1955 - pág. 85) e ECKSTEIN et al.(1937 - pág. 35). LOTT et al.(1956), verificaram que quando o teor de potássio nas folhas de café baixava a 0,33%, as plantas morriam.

b) Alterações anatômicas.

Histologicamente assemelhavam-se ao da folha com excesso de potássio por& com maior número de cloroplastos, de cor quase normal. As alterações ocorriam nos cloroplastos,

principalmente na sua forma. Nas células do paliçádico encontram-se tráveas agregados de cloroplastos formando massas de vários tamanhos que chegavam a ocupar quase toda a cavidade celular. Na mesma célula, ao lado de massas de cloroplastos, podiam ocorrer granulações verdes provenientes da fragmentação ou segmentação de cloroplastos. Menos pronunciadas eram as alterações dos cloroplastos das chulas do tecido lacunoso. As poucas aglutinações que ocorriam eram de tamanho pequeno. Mas comuns eram as formas de bastonetes cilíndricos ou recurvados, isolados ou reunidos. Nos cortes feitos em folhas de Dactylis glomerata (ECKSTEIN et al., 1937 - pág. 41), observaram alterações idênticas às observadas por nós.

Os cornúsculos de matéria graxa nas chulas de cloroplastos alterados, variavam no tamanho, na forma e no número. Alguns possuíam 2 a 3 cornúsculos com diâmetros diferentes.

4.1.7. Planta com excesso de potássio (+K).

a) Sintomas visuais.

Os sintomas se evidenciavam cinco meses após a adição do excesso de potássio na solução nutritiva. As plantas tinham o seu crescimento paralisado por completo, não havendo formação de novas folhas. O sistema radicular, atrofiava-se e apresentava uma coloração marrom-escuro (008-5-100). Sintomas idênticos foram observados por Jacob(1938), citado por HAARER(1956 - pág. 224), em Coffea arabica. As folhas apresentavam uma aparência quase que normal, revelando apenas uma ligeira clorose na base do limbo, de forma triangular e que abrangia parte do pecíolo. A nervura principal, em toda a sua extensão, mantinha-se como uma linha fracamente clorótica, inclusive as porções do limbo que lhes era imediatamente

adjacentes. O apice do limbo mostrava-se necrosado.

h) Alterações anatômicas.

As células do mesofilo tinham configuração normal. Os cloroplastos entretanto eram menos abundantes *que* nas folhas testemunhas, apresentavam-se mais amarelados e com alterações na forma. Essas modificações eram mais pronunciadas no tecido paliçádico do que no lacunoso, e se caracterizavam pela presença de cloroplastos reunidos em massas de tamanho diversos, ou então com a forma de bastonetes quer isolados, quer reunidos pelos extremos, em numero variável, ou ainda fusiformes. Ao lado das formas alteradas ocorriam formas normais de cloroplastos, em pequena porcentagem. No tecido lacunoso os cloroplastos mostravam-se modificados na forma, todavia, não chegavam a formar agregados como no paliçádico. O corpúsculo de matéria graxa era bem desenvolvido, ocupando o centro da célula. Sua cor era de um verde-claro. O contorno não era bem circular, revelando alguns prolongamentos como se fossem pseudopódios.

4.1.8. Planta sem cálcio (-Ca).

a) Sintomas visuais.

Os sintomas da carência de cálcio apareciam, dois meses após a transferência do cafeeiro para a solução nutritiva sem cálcio. O primeiro sintoma era a morte da gema apical e paralização no crescimento das plantas. O sistema radicular mostrava-se atrofiado apresentava-se com uma coloração marrom-escuro e de constituição gelatinosa. BAUMEISTER (1952 - pág. 109), observou alterações idênticas no sistema radicular em Pinus pinaster. As folhas mais novas apresentavam manchas bronzeadas (00S-11-7^o), dispostas na face superior

das folhas e delimitadas pelas nervuras principal e secundárias, as quais se mantinham verdes. Na porção mediana inferior do limbo, as manchas eram maiores e de cor mais acentuada do que as da porção mediana superior, chegando até o bordo foliar; em certos trechos da margem, numa região, notávamos um começo de necrose? com coloração pardo-escuro (S0-3-30). A face dorsal das folhas apresentavam-se também manchadas, porém menos intensamente ainda a superior e isso talvez mais por efeito da transparência do limbo do que propriamente devido a alterações histológicas, conforme podíamos observar do exame da estrutura do limbo. Os sintomas observados por nós concordavam bem com aqueles obtidos por FRANCO e MENDES, 1949, STRENGE, 1954, CIBES e SAMUELS, 1955 e LOUÉ, 1957.

b) Alterações anatómicas.

As alterações histológicas manifestavam-se, a princípio, em algumas células do tecido paliçádico, em correspondência com as áreas bronzeadas da face superior da folha. Nas células em que se estavam manifestando as alterações, os cloroplastos perdiam a cor verde, tornavam-se esmaecidos, aglutinavam-se, formando massas irregulares. A seguir as células apresentavam-se como que plasmolizadas, contraídas, de contorno irregular e com o conteúdo celular de coloração pardacenta. Nessa fase os cloroplastos constituíam uma massa compacta. Embora as alterações ocorressem nas células do paliçádico a epiderme não apresentava nenhuma modificação morfológica nesse estágio do desenvolvimento dos sintomas. Contudo, era de se esperar que aumentando o número de células afetadas, a área epidérmica correspondente também se modificasse. KALRA (1956), observou alterações idênticas em folhas de tomateiro, cultivado em solução nutritiva na ausência de cálcio. No parenquima lacunoso as alterações ocorriam em algumas células situadas pro-

Wang

ximos ao paliçádico, outras nas imediações da epiderme inferior e havia ainda, células alteradas ao redor das nervuras de diversas ordens. O restante do tecido se apresentava normal, mostrando algumas células o corpúsculo de matéria graxa, de tamanho normal.

Alguns cloroplastos, embora de cor verde, não tinham configuração normal, principalmente quanto a superfície cujo aspecto era granuloso. Outros ofereciam a impressão de que estavam se fragmentando em numerosos grânulos.

4.1.9. Planta com excesso de cálcio (+Ca).

a) Sintomas visuais.

As plantas que vegetavam em solução contendo o excesso de cálcio, mesmo após 10 meses não apresentavam sintomas do excesso do elemento. As plantas apresentavam um bom desenvolvimento, tanto da parte aérea, como o sistema radicular, acima o da testemunha. As raízes desenvolviam-se otimamente tanto em comprimento, como em número, o que não era de se admirar, pois é conhecido o efeito benéfico do cálcio para o sistema radicular. SOROKIN e SOMMER(1940), cultivaram Pisum sativum em solução nutritiva com diversos teores de cálcio e constaram o efeito benéfico da maior concentração de cálcio sobre o sistema radicular. As folhas apresentavam apenas um ligeiro esmaecimento do verde o qual se tornava mais pronunciado numa faixa correspondente à nervura principal, a partir da base das folhas, prolongando-se um pouco além do meio da lamina foliar. O esmaecimento do verde era mais acentuado na face inferior da folha.

As folhas apresentavam ainda consistência coureacea, devido provavelmente ao grande aumento no teor de pectato de cálcio, que é um dos principais constituintes da lamela celu-

lar (CURTIS e CLARK, 1950 - pág. 369, MILLER, 1957 - pág. 147).

b) Alterações anatômicas.

Do exame dos cortes transversais das folhas verificávamos de início que os cloroplastos do tecido lacunoso eram de um verde mais claro que os do paliçádico. Em certos trechos do mesofilo, os cloroplastos apresentavam modificações na forma, no tamanho e no número.

No tecido lacunoso, os cloroplastos afetados eram muito pequenos, como grânulos, ou com forma de bastonetes retos. O corpusculo de metéria graxa ocorria nas células do mesofilo com varios tamanhos e alguns com modificações ligeiras na forma.

4.1.10. Planta sem magnésio (-Mg)

a) Sintoma.: visuais.

Na solução nutritiva sem magnésio a serie de plantas evidenciava a carência desse elemento após 2 meses; apresentavam um bom desenvolvimento sen paralização do seu crescimento. O caule apresentava uma coloração normal verde-claro (LLY-19-12º). As raízes mostravam-se normais em relação as da testemunha. Havia intensa queda das folhas mais velhas onde se iniciavam os sintomas. Nas folhas inferiores de início, notávamos um verde ligeiramente desbotado no limbo, com tendência à clorose, principalmente na orla das folhas. Numerosas e pequenas manchas, de um amarelo alaranjado (Y-19-12º), grupadas irregularmente, dispunham-se numa faixa marginal, a partir do ápice foliar extendendo-se até um pouco além do meio dos bordos do limbo. Ocorriam, ainda, algumas manchas menores que mais se assemelhavam a pontinhos. Havia próximo do ápice, quase no bordo foliar, uma grande mancha de coloração marrom

escuro, de forma irregular. A página inferior do limbo era de um verde mais claro que o da face superior e as manchas marginais eram aí pouco nítidas, distinguindo-as melhor quando observávamos o limbo contra a luz; entretanto, a mancha maior (área necrosada) era bem visível. Os sintomas por nós observados concordavam com os obtidos por CIBES e SAMUELS (1955) e LOUÉ(1957), mas discordavam com os de FRANCO e MENDES(1949).

b) Alterações anatômicas.

Ao que tudo indicava, as manchas menores e situadas por dentro da faixa marginal, como agregados de manchas, resultavam das alterações das células epidérmicas, cujo conteúdo era de coloração ligeiramente marrom. Em correspondência a êsse trecho, o mesófilo estava muito pouco modificado, com alguns cloroplastos de coloração amarelados, resultando desse fato o esmaecimento do verde na área das manchas. Alterações mais profundas notávamos nas áreas mais afetadas pelos sintomas de carência de magnésio, nas quais, além dos sintomas da epidérme já mencionados, o mesófilo mostrava suas células bem alteradas, protoplasma desorganizado e de cor marrom.

Nas células parcialmente alteradas, os cloroplastos não se aglutinavam, embora um tanto descolorados. Esse fato verificávamos mesmo nas células adjacentes àquelas que estavam desorganizadas e que pertenciam à área das manchas.

Em todas as células do mesófilo existia o corpusculo de matéria graxa, de forma arredondada, semelhante a um disco crivado.

Em algumas nervuras, o floema possuía a mesma cor das células epidérmicas alteradas. Havia trechos do mesófi-

lo em que as alterações, eram totais e muito se pareciam com as modificações descritas para a folha com excesso de enxofre, como veremos adiante. De uma certa fase em diante, os sintomas se assemelhavam entre si e isso porque as células já estavam entrando na fase de necrose.

4.1.11. Planta com excesso de magnésio (+ Mg).

a) Sintomas visuais.

Os sintomas se evidenciaram somente sete meses após a adição de excesso de magnésio à solução nutritiva. As plantas paralizaram o crescimento por completo, não havendo entre tanto queda das folhas. O excesso de magnésio afetava mais o sistema radicular que se atrofiava completamente, apresentando-se com uma coloração cinza (OK-19-90). As folhas apresentavam uma coloração verde-claro. Os sintomas por nós observados, concordavam com os obtidos por Jacob(1938), citado por HAARER(1956 - pág. 224).

b) Alterações anatômicas.

Do exame microscópico dos cortes transversais do limbo, podíamos observar que os cloroplastos apresentavam-se de um verde mais claro que os da testemunha. Em quase todas as células do tecido paliádico os cloroplastos estavam mais ou menos aglomerados, resultando daí massas irregulares, muitas alongadas.

No tecido lacunoso, via de regra, os cloroplastos conservavam sua forma, mas estavam unidos pelas extremidades, formando verdadeiros rosários.

Todavia, encontrávamos no mesofilo todos os graus de alterações desde células com cloroplastos normais, até células com as modificações assinaladas.

O corpúsculo de matéria graxa conservava, em muitas células, sua forma normal; em outras, entretanto, apresentavam modificações no contorno.

4.1.12. Planta sem enxofre (-S).

a) Sintomas visuais.

Nove meses após a omissão do enxofre da solução nutritiva, as plantas mostravam sintomas de carência deste elemento. Não havia paralização no crescimento, nem havia queda das folhas. O sistema radicular se apresentava bem reduzido. THOMAS(1958 - pág. 39) e MILLER(1957 - pág. 148) observaram sintomas idênticos em outras culturas. As folhas mais novas apresentavam uma coloração verde-claro (YL-15-10^o) na página superior. Notávamos uma faixa clorótica que abrangia a nervura principal até um pouco além da metade do limbo e atingia, também, os começos das nervuras secundárias e suas adjacências. A face inferior da folha era bem mais clara do que a superior e se apresentava com uma coloração verde-citrino (YL-17-12^o).

Os sintomas por nós observados concordavam bem com os de FRANCO e MENDES(1949), STRENGE(1954) e LOUÉ(1957).

h) Alterações anatômicas.

Ao exame microscópico podíamos observar que os cloroplastos apresentavam realmente uma coloração verde-claro.

As modificações ocorriam nos cloroplastos, principalmente nos do tecido paliádico, os quais mostravam todos os graus de alteração, inclusive a formação de massas irregulares. Essas alterações verificavam-se, ainda, porém em grau menor, na primeira camada do tecido lacunoso, em contato com o paliádico. No restante do tecido lacunoso, os cloroplastos mos

travam-se mais ou menos alterados na forma, havendo, entretanto, certa porcentagem de cloroplastos normais. Alterações idênticas foram observadas por WEDIN e STRUCKMEYER(1958), em cortes feitos nas folhas de Nicotiana tabacum L., deficientes em enxofre.

4.1.13. Planta com excesso de enxofre (+ S).

a) Sintomas visuais.

As plantas cultivadas em excesso de enxofre após um mês já apresentavam sintomas nas folhas mais velhas. As plantas contudo não paralizavam o crescimento e havia formação de galhos. O sistema radicular se apresentava bem desenvolvido e de uma coloração marfim (00Y-19-3^o). As folhas revelavam uma série de manchas nos bordos do limbo, com formas e tamanhos diversos. O apice e suas adjacências apresentavam-se inteiramente de coloração marrom (00S-9-9^o). EATON(1942), observou sintomas idênticos em feijoeiro, algodoeiro e tomateiro, cultivados em vasos com excesso de enxofre. Ao redor das manchas, o limbo mostrava-se ligeiramente amarelado e em algumas folhas havia uma espécie de frizo amarelo. Além das manchas dos bordos, havia outras nas suas imediações, menores, mais claras, de coloração ferruginosa. Ocorriam ainda pequenas manchas como pontos de coloração amarela, sendo bem possível uma fase inicial dos sintomas. Havia sobre algumas manchas, principalmente nas da porção mediana superior do limbo, outras pequenas, que se destacavam do fundo marrom porque eram um pouco mais claras. Ao que tudo indicava a princípio se formavam as manchas pequenas, de cor ferruginosa e depois, a área do limbo entre elas ia se tornando amarelada, finalmente tornavam-se marrom (00S-17-11^o) formando, então, as grandes áreas.

Na face inferior do limbo apareciam os mesmos sintomas, embora menos pronunciados. O restante do limbo oferecia aspecto e coloração normal.

b) Alterações anatômicas.

As áreas que correspondiam às manchas mostravam alterações que variavam de acordo com a intensidade dos sintomas. Verificávamos, a princípio, que os cloroplastos do mesofilo, nas áreas pouco afetadas apresentavam-se com uma coloração verde-amarelado. No tecido paliçádico eles eram mais unidos e em algumas células aglutinados, formando cordões verdes ao longo da membrana celular, ao passo que no lacunoso eles se conservavam mais isolados e de aspecto granuloso. O corpusculo de matéria graxa ocorria em quase todas as células, era bem grande e de contorno irregular. Alguns pareciam ser formados de numerosos grânulos menores e ofereciam uma superfície ora granulosa, ora cheia de pequenas cavidades ou canaliculos de reduzidos diâmetros.

Nas áreas mais afetadas, notávamos que havia perda gradativa da coloração verde, a configuração dos cloroplastos se modificava, as células perdiam a forma e nas regiões das manchas maiores o mesofilo estava completamente alterado. Algumas células apresentavam-se vazias, com membranas torcidas, deformadas, ao lado de outras com conteúdo celular de coloração marrom. A própria epiderme era afetada nos trechos onde os sintomas eram de maior intensidade, adquirindo, também coloração marrom. WEDIN e STRUCKMEYER(1958) observaram alterações celulares idênticas em Nicotiana tabacum L., cultivados em areia pura, aplicando 384 p.p.m. de SO_4 em excesso.

4.2. Mensurações.

Achamos interessante apresentar as mensurações tomadas nas plantas com a finalidade de verificarmos os possíveis efeitos da carência ou excesso dos macronutrientes no crescimento do cafeeiro.

As mensurações tomadas foram as seguintes:

- a) comprimento do caule
- b) comprimento da raiz
- c) diâmetro do caule
- d) número total de fôlhas
- e) número, peso do material fresco e sêco das fôlhas, superiores e inferiores
- f) peso do material fresco e sêco do caule
- g) peso do material fresco e sêco da raiz
- h) peso do material fresco e sêco dos galhos

Calculamos os seguintes:

$$1 - \text{relação } \frac{\text{raiz}}{\text{parte aérea}} \times 100$$

2 - percentagem de fôlhas superiores e inferiores

3 - percentagem do caule na planta

4 - percentagem de galhos na planta

5 - percentagem da raiz na planta

4.2.1. Variação percentual do crescimento em relação à testemunha.

Os aumentos percentuais nos diversos tratamentos em relação à testemunha são apresentados no Quadro VII. Pelo exame desse quadro concluímos que os efeitos dos elementos N, P, K, Ca, Mg e S sôbre o crescimento dos diversos órgãos da planta estão na seguinte ordem para:

Variação percentual no crescimento em relação à testemunha *

Tratamentos	Pêso da planta	Comprimento da raiz	Comprimento do caule	Diâmetro do caule	Número de folhas
Completo	100	100	100	100	100
- N	- 5,9	36	29,6	0	10,9
+ N	99,5	144,3	119,7	100	99,5
- P	62,3	128,8	64,3	0	30,4
+ P	75,5	55,6	76,7	120	164,1
- K	49,0	41,2	89,1	53,3	42,6
+ K	43,7	30,9	96,5	53,3	28,7
- Ca	6,8	3,0	33,1	0	7,3
+ Ca	104,2	190,7	111,3	100	100,6
- Mg	43,9	15,4	61,8	80	40,9
+ Mg	16,8	87,6	74,2	80	39,5
- S	77,9	100	61,8	80	51,9
+ S	99,1	63,9	70,2	86,6	82,9

* Calculado em função do pêso fresco do material.

Handwritten: Heavy

a) Pêso da planta.

- N < - Ca < + Mg < + K < - Mg < - K < - P < + P <
 < - S < + N < completo < + Ca.

O tratamento mais afetado foi sem dúvida o da carência de nitrogênio. CIBES e SAMUELS(1957), constataram fato idêntico, cultivando *Ipomea batata* L., em solução nutritiva na ausência de nitrogênio. Todos os tratamentos apresentavam peso inferior ao da testemunha, excetuando-se o do excesso de cálcio que apresentava o maior peso.

b) Comprimento da raiz.

- Ca < - Mg < + K < - N < - K < + P < + S < + Mg <
 < completo = - S < - P < + N < + Ca

As plantas deficientes em cálcio foram as mais afetadas; fato esse já sobejamente conhecido na literatura; SORKIN e SOMMER(1940), HAYNES e ROBBINS(1948), CURTIS e CLARK (1950 - pág. 368), MEYER e ANDERSON(1950 - pág. 481), BAUMEISTER(1952 - pág. 109), KALRA(1956) e MILLER(1957 - pág. 146). Plantas que sofriam de carência de nitrogênio apresentavam um bom desenvolvimento radicular em volume, mas não em comprimento. A deficiência de fósforo não afetava o sistema radicular. Segundo MILLER(1957 - pág. 148), plantas deficientes em fósforo podem apresentar um bom desenvolvimento vegetativo.

c) Comprimento do caule.

- N < - Ca < - Mg = - S < - P < + S < + Mg < + P <
 < - K < + K < completo < + Ca < + N

Plantas deficientes em nitrogênio apresentavam o

menor comprimento do caule, fato já observado por CIBES e SAMUELS(1955) e LOUÉ(1957) em cafeeiro cultivados em solução nutritiva. A carência em cálcio afetava o comprimento do caule, devido a morte da gema apical.. Nas plantas cultivadas em excesso de cálcio e nitrogênio o caule apresentava maior comprimento.

d) Diâmetro do caule.

- N = - P = - Ca < - K = + K < - Mg = + Mg = - S < + S < < completo = + N = + Ca < + P.

CIBES e SAMUELS(1955), cultivando cafeeiros em solução nutritiva na ausência de N, P, K e Ca, constataran que a relação no crescimento foi a seguinte: - M < - P < - K < - Ca.

Interessante notar que para o comprimento do caule o aumento maior foi con o tratamento + N, ao passo que para o maior diâmetro do caule foi o de + F.

e) Número de fôlhas.

- Ca < - N < + K < - P < + Mg < - Mg < - K < - S < + S < < + N < completo < + Ca < + P.

As plantas deficientes em Ca e N, apresentavam o menor número de folhas, em contraposição; os tratamentos com excesso de Ca e P apresentavam-se com maior número. Notavamos que o excesso de P influiu sensivelmente no número de folhas, no diâmetro do caule, mas não no comprimento do mesmo.

Testemunha (solução completa)

VASO	compr. caule (cm)	compr. raiz (cm)	diâmetro caule (mm)	alt. total da planta (cm)	numero de folhas	Folhas superiores			Folhas inferiores			Caule			Raiz			Gulho			% folhas superiores	% folhas inferiores	% caule	% raiz	% galhos	raiz x 100 * p. aereas
						nº de folhas	peso fresco (g)	peso seco (g)	nº de folhas	peso fresco (g)	peso seco (g)	nº de folhas	peso fresco (g)	peso seco (g)	nº de folhas	peso fresco (g)	peso seco (g)	nº de folhas	peso fresco (g)	peso seco (g)						
1	38	31	4	69	37	28	20,2	6,9	9	7,8	2,8	8,3	3,2	7,5	1,0	2,8	0,9	46,2	19,1	21,2	7,1	6,1	8			
2	36	25	5	61	55	46	34,1	7,3	9	7,3	3,4	9,0	3,4	7,9	1,4	3,3	1,0	44,2	26,4	20,4	8,8	5,9	9			
3	35	27	6	62	58	50	24,6	8,0	8	5,8	3,2	10,3	3,7	7,9	1,0	4,6	1,5	45,9	25,1	22,3	6,5	8,5	6			
4	36	26	5	62	54	50	24,5	8,7	4	4,6	1,5	9,3	3,4	8,6	1,2	3,7	1,1	54,3	9,6	21,2	7,8	7,6	8			
Média	36	27	5	63	51	43	25,8	7,7	7	6,4	2,7	9,2	3,4	8,0	1,2	3,6	1,1	47,0	20,0	21,0	7,5	7,0	8			

* Calculado em função do peso do material seco.

Quadro VIII

Luiz

4.2.3. Deficiência de nitrogênio (-N)

VASO		Folhas superiores		Folhas inferiores		Caule		Raiz		% folhas superiores	% folhas inferiores	% caule	% raiz	raiz / p.aerea x 100*						
compr. caule (cm)	compr. raiz (cm)	diâmetro caule (mm)	alt. total da planta (cm)	número de folhas	nº de folhas	peso fresco (g)	peso seco (g)	nº de folhas	peso fresco (g)						peso seco (g)	peso fresco (g)	peso seco (g)	peso fresco (g)	peso seco (g)	
5	21	20	3	41	15	6	3,5	0,8	9	2,5	0,7	2,7	0,8	8,9	1,2	23,2	19,2	23,8	33,8	52
6	25	22	4	47	18	6	2,7	0,6	12	2,5	0,7	2,7	0,9	7,7	1,1	20,3	21,3	26,3	32,1	50
7	20	20	3	40	17	7	3,4	0,8	10	1,9	0,5	2,8	0,9	7,3	1,0	26,2	16,3	28,3	29,2	45
8	22	19	3	41	15	6	3,3	0,7	9	2,3	0,7	2,5	0,7	9,0	1,1	23,7	20,7	22,1	33,5	52
Média	22	20	3	42	16	6	3,2	0,7	10	2,3	0,6	2,7	0,8	8,2	1,1	23,2	19,4	25,2	32,2	49

* Calculado em função do peso do material sêco.

Quadro IX

4.2.4. Excesso de Nitrogênio (+N)

Vaso	compr. caule (cm)		compr. raiz (cm)		diâmetro caule (mm)		alt. total da planta (cm)		número de folhas		Folhas superiores		Folhas inferiores		Caule		Raiz		Galhos		% folhas superiores	% folhas inferiores	% caule	% raiz	% galhos	raiz / p.aerea x 100 *
	9	10	11	12	39	42	41	40	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5						
compr. caule (cm)	39	42	41	40	29	27	33	26	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
compr. raiz (cm)	30	27	33	26	29	27	33	26	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
diâmetro caule (mm)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
alt. total da planta (cm)	69	69	74	63	69	69	74	63	69	69	74	63	69	69	74	63	69	69	74	63	69	69	74	63	69	69
número de folhas	54	48	60	48	52	48	60	48	52	52	60	48	52	52	60	48	52	52	60	48	52	52	60	48	52	52
nº de folhas	43	41	50	40	43	41	50	40	43	43	50	40	43	43	50	40	43	43	50	40	43	43	50	40	43	43
peso fresco (g)	23,7	20,0	26,5	16,1	21,4	20,0	26,5	16,1	21,4	21,4	26,5	16,1	21,4	21,4	26,5	16,1	21,4	21,4	26,5	16,1	21,4	21,4	26,5	16,1	21,4	21,4
peso seco (g)	6,2	6,3	7,2	7,4	7,0	6,3	7,2	7,4	7,0	7,0	7,2	7,4	7,0	7,0	7,2	7,4	7,0	7,0	7,2	7,4	7,0	7,0	7,2	7,4	7,0	7,0
nº de folhas	11	7	10	8	9	7	10	8	9	9	10	8	9	9	10	8	9	9	10	8	9	9	10	8	9	9
peso fresco (g)	10,4	8,2	11,3	4,9	8,7	8,2	11,3	4,9	8,7	8,7	11,3	4,9	8,7	8,7	11,3	4,9	8,7	8,7	11,3	4,9	8,7	8,7	11,3	4,9	8,7	8,7
peso seco (g)	2,9	2,6	3,0	2,9	2,8	2,6	3,0	2,9	2,8	2,8	3,0	2,9	2,8	2,8	3,0	2,9	2,8	2,8	3,0	2,9	2,8	2,8	3,0	2,9	2,8	2,8
peso fresco (g)	8,4	9,1	11,4	7,0	9,0	9,1	11,4	7,0	9,0	9,0	11,4	7,0	9,0	9,0	11,4	7,0	9,0	9,0	11,4	7,0	9,0	9,0	11,4	7,0	9,0	9,0
peso seco (g)	2,9	3,2	3,8	2,9	3,2	3,2	3,8	2,9	3,2	3,2	3,8	2,9	3,2	3,2	3,8	2,9	3,2	3,2	3,8	2,9	3,2	3,2	3,8	2,9	3,2	3,2
peso fresco (g)	5,5	5,7	7,4	8,4	7,0	5,5	7,4	8,4	7,0	7,0	7,4	8,4	7,0	7,0	7,4	8,4	7,0	7,0	7,4	8,4	7,0	7,0	7,4	8,4	7,0	7,0
peso seco (g)	0,9	0,5	1,0	0,9	0,8	0,5	1,0	0,9	0,8	0,8	1,0	0,9	0,8	0,8	1,0	0,9	0,8	0,8	1,0	0,9	0,8	0,8	1,0	0,9	0,8	0,8
peso fresco (g)	3,3	3,3	4,6	3,1	3,6	3,3	4,6	3,1	3,6	3,6	4,6	3,1	3,6	3,6	4,6	3,1	3,6	3,6	4,6	3,1	3,6	3,6	4,6	3,1	3,6	3,6
peso seco (g)	0,9	1,0	1,2	1,3	1,1	0,9	1,2	1,3	1,1	1,1	1,2	1,3	1,1	1,1	1,2	1,3	1,1	1,1	1,2	1,3	1,1	1,1	1,2	1,3	1,1	1,1
% folhas superiores	45	46	44	46	46	45	44	46	46	46	44	46	46	46	44	46	46	46	44	46	46	46	44	46	46	46
% folhas inferiores	21	19	18	18	19	21	18	18	19	19	18	18	19	19	18	18	19	19	18	18	19	19	18	18	19	19
% caule	21	23	23	18	21	21	23	18	21	21	23	18	21	21	23	18	21	21	23	18	21	21	23	18	21	21
% raiz	6,5	3,6	6,1	5,8	5,5	6,5	6,1	5,8	5,5	5,5	6,1	5,8	5,5	5,5	6,1	5,8	5,5	5,5	6,1	5,8	5,5	5,5	6,1	5,8	5,5	5,5
% galhos	6,5	7,3	7,4	8,4	7,4	6,5	7,4	8,4	7,4	7,4	7,4	8,4	7,4	7,4	7,4	8,4	7,4	7,4	7,4	8,4	7,4	7,4	7,4	8,4	7,4	7,4
raiz / p.aerea x 100 *	6	3	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

* Calculado em função do peso do material seco.

Quadro X

Handwritten signature

4.2.5. Deficiência de fósforo (-P)

VASO	compr. caule (cm)	compr. raiz (cm)	diâmetro caule (mm)	alt. total da planta (cm)	número de folhas	Folhas superiores				Folhas inferiores				Caule		Raiz		Galhos		% folhas superiores	% folhas inferiores	% caule	% raiz	% galhos	* raiz / p. aerea x 100
						nº de folhas	peso fresco (g)	peso seco (g)	nº de folhas	peso fresco (g)	peso seco (g)	peso fresco (g)	peso seco (g)	peso fresco (g)	peso seco (g)	peso fresco (g)	peso seco (g)	peso fresco (g)	peso seco (g)						
13	29	24	3	53	21	14	7,4	2,1	7	3,6	1,8	5,1	1,8	8,3	0,8	0,9	0,2	31,3	26,8	35,8	11,9	2,9	13		
14	27	29	3	56	20	14	11,0	3,0	6	3,6	1,5	7,3	2,4	11,4	1,5	1,1	0,3	34,4	17,2	26,0	17,2	3,4	20		
15	26	29	3	55	20	14	7,8	2,2	6	3,7	1,4	6,5	2,2	11,3	1,3	0,6	0,2	30,1	19,1	30,1	17,8	2,7	21		
16	33	27	4	63	33	27	14,6	4,2	6	6,1	1,7	9,0	3,4	13,6	1,9	1,6	0,5	35,9	13,3	29,0	16,1	4,2	19		
Média	28	28	3	57	23	17	10,2	2,4	6	4,2	1,6	6,9	2,4	11,1	1,3	1,0	0,3	32,9	16,6	30,2	15,7	3,3	18		

* Calculado em função do peso do material seco.

Quadro XI

4.2.6. Excesso de fósforo (+P)

VASO	compr. caule (cm)	compr. raiz (cm)	diâmetro caule (mm)	alt. total da planta (cm)	numero de folhas	Folhas superiores				Folhas inferiores				Caulo		Raiz		Galhos		% folhas superiores	% folhas inferiores	% caule	% raiz	% galhos	Raiz $\frac{\text{p. aerea}}{\text{Raiz}} \times 100^*$
						no de folhas	peso fresco (g)	peso seco (g)	peso fresco (g)	peso seco (g)	no de folhas	peso fresco (g)	peso seco (g)	peso fresco (g)	peso seco (g)	peso fresco (g)	peso seco (g)	peso fresco (g)	peso seco (g)						
17	30	30	5	60	31	23	16,2	4,3	3,9	1,4	5,4	1,7	8,2	0,9	1,0	0,2	50,0	16,3	19,8	10,9	2,8	11			
18	27	15	5	42	30	25	15,8	4,4	4,5	1,3	5,8	1,9	4,7	0,6	1,3	0,3	50,6	15,8	22,0	7,3	4,2	7			
19	34	24	5	58	36	29	21,1	9,9	5,6	1,9	7,8	3,0	9,4	1,0	2,3	0,7	59,4	11,6	18,5	5,9	4,5	6			
20	31	15	3	46	32	27	21,9	5,7	5,0	1,4	7,7	2,3	5,8	0,9	2,1	0,5	52,0	13,4	21,0	8,4	4,9	8			
Média	30	21	5	51	32	26	18,8	6,1	4,8	1,5	6,7	2,6	7,0	0,8	1,7	0,4	53,0	14,3	20,3	8,1	4,1	8			

* Calculado em função do peso do material seco.

Quadro XII

027 Deficiência de potássio (-K)

Vaso	compr. caule (cm)		compr. raiz (cm)		diâmetro caule (mm)		alt. total da planta (cm)		número de folhas		Folhas superiores		Folhas inferiores		Caule		Raiz		Galhos		% folhas superiores	% folhas inferiores	% caule	% raiz	% galhos	raiz / p.aerea x 100 *	
	21	22	23	24	21	22	23	24	21	22	23	24	21	22	23	24	21	22	23	24							21
21	28	31	24	28	3	4	53	23	16	9,0	3,6	7	2,3	1,0	4,3	1,8	3,3	0,5	0,4	0,1	50,9	14,1	25,3	7,0	2,4	27	
22	31	23	4	54	4	54	34	26	13,3	3,9	8	6,5	2,0	6,7	2,2	7,8	1,4	1,1	0,3	39,4	20,5	22,5	14,0	3,3	16		
23	24	26	4	50	4	50	36	26	11,2	3,4	10	6,6	2,1	3,9	1,5	7,2	1,5	1,2	0,3	38,0	23,5	16,9	17,2	4,1	20		
24	28	15	5	44	5	44	28	18	10,9	3,8	10	6,5	2,4	4,6	1,9	6,7	1,4	1,4	0,4	37,8	24,0	18,9	14,4	4,7	16		
Média	29	20	4	50	30	21	11,1	3,7	8,7	5,5	1,8	4,9	1,8	6,2	1,2	1,0	0,3	41,5	20,5	20,9	13,2	3,6	19				

* Calculado em função do peso do material seco.

quadro XIII

4.2.8. Excesso de potássio (+K)

VASO	compr. caule (cm)	compr. raiz (cm)	diâmetro caule (mm)	alt. total da planta (cm)	número de folhas	Folhas superiores			Folhas inferiores			Caule		Raiz		Galhos		% folhas su- periores	% folhas in- feriores	% caule	% raiz	% galhos	raiz p.aerea x 100 *
						nº de folhas	pêso fres- co (g)	pêso seco (g)	nº de folhas	pêso fres- co (g)	pêso seco (g)	pêso fres- co (g)	pêso seco (g)	pêso fres- co (g)	pêso seco (g)								
25	27	16	4	43	30	22	10,8	3,3	8	4,9	1,3	5,6	1,9	4,6	1,0	1,1	0,3	41,9	17,3	24,1	12,5	4,0	14
26	31	18	3	49	18	10	8,0	2,1	8	4,6	1,2	4,4	1,5	7,4	1,3	-	-	33,8	20,1	33,8	23,9	-	26
27	30	16	4	46	23	16	9,1	2,2	7	4,7	1,3	6,0	1,9	3,6	0,7	0,3	-	32,5	20,7	31,1	11,1	1,2	13
28	22	17	4	39	17	8	7,2	1,6	9	3,3	0,8	2,5	0,6	5,6	0,9	-	-	39,8	21,6	16,2	22,4	-	30
Média	29	16,7	3,5	44	22	14	8,8	2,3	8	4,4	1,2	4,6	1,5	5,3	1,0	0,7	0,3	37,0	19,9	23,8	17,0	2,6	21

* Calculado em função do pêso do material sêco.

Quadro XIV

4.2.9. Deficiência de cálcio (-Ca)

VASO	compr. caule (cm)		compr. raiz (cm)		diâmetro caule (mm)		alt. total da planta (cm)		numero de folhas		Folhas superiores		Folhas inferiores		Caulo		Raiz		% folhas superiores	% folhas inferiores	% caule	% raiz	raiz / p.aerea x 100 *
	nº de folhas	peso fresco (g)	peso seco (g)	nº de folhas	peso fresco (g)	peso seco (g)	peso fresco (g)	peso seco (g)	peso fresco (g)	peso seco (g)	peso fresco (g)	peso seco (g)											
29	19	13	4	32	16	8	4,0	1,2	4	2,3	0,7	2,6	0,9	2,4	0,3	36,9	23,3	28,9	10,9	13			
30	17	15	3	32	14	5	2,4	0,7	E	2,1	0,6	2,0	0,7	3,3	0,4	29,7	25,0	27,7	17,6	20			
31	23	17	3	40	14	6	4,0	1,1	6	2,3	0,7	3,2	1,1	3,3	0,5	32,9	20,7	32,0	14,4	17			
32	16	13	3	29	16	6	1,9	0,6	9	1,8	0,6	1,6	0,5	2,4	0,3	30,8	27,0	25,7	15,5	21			
Média	18	14	3	33	15	6	3,0	0,9	7	2,1	0,7	2,4	0,8	2,9	0,4	32,7	24,0	28,5	14,8	18			

* Calculado em função do peso do material seco.

Quadro XV

4.2.10. Excesso de cálcio (+Ca)

VASO	compr. caule (cm)	compr. raiz (cm)	diâmetro caule (mm)	alt. total da planta (cm)	número de folhas	Folhas superiores			Folhas inferiores			Caule		Raiz		Galhos		% folhas superiores	% folhas inferiores	% caule	% raiz	% galhos	raiz x 100 * p.aerea
						nº de folhas	pêso fresco (g)	pêso seco (g)	nº de folhas	pêso fresco (g)	pêso seco (g)	pêso fresco (g)	pêso seco (g)	pêso fresco (g)	pêso seco (g)	pêso fresco (g)	pêso seco (g)						
33	34	41	5	71	59	50	29,7	8,1	9	10,5	3,1	8,2	2,9	16,3	2,6	4,7	1,3	45	17	15	14	7	16
34	26	41	4	67	41	36	12,8	5,5	5	3,0	1,4	4,4	1,8	9,8	1,5	2,1	0,7	50	12	16	13	6	16
35	38	30	5	68	60	53	24,5	7,7	7	5,7	1,8	10,5	3,3	10,4	1,3	3,5	1,2	50	11	28	8	7	9
36	37	27	6	64	46	38	22,4	7,0	8	8,4	2,8	9,5	3,5	8,0	1,0	3,1	0,9	45	11	23	6	5	7
Média	34	34	5	67	51	44	22,3	7,0	7	6,9	2,3	8,1	2,9	11,1	1,6	4,1	1,0	47	12	20	10	6	12

* Calculado em função do pêso do material sêco.

Quadro XVI

4.2.11. Deficiência de magnésio (-Mg)

VASO	compr. caule (cm)	compr. raiz (cm)	diâmetro caule (mm)	alt. total da planta (cm)	numero de folhas	Folhas superiores			Folhas inferiores			Caule		Raiz		Galhos		SS folhas superiores	SS folhas inferiores	% caule	% raiz	% galhos	raiz / p.aerea x 100*
						nº de folhas	pêso fresco (g)	pêso seco (g)	nº de folhas	pêso fresco (g)	pêso seco (g)	pêso fresco (g)	pêso seco (g)	pêso fresco (g)	pêso seco (g)	pêso fresco (g)	pêso seco (g)						
37	27	13	4	00	23	16	8,5	2,2	7	3,7	1,1	3,9	1,2	5,0	0,9	0,5	0,1	19,8	39,7	22,2	16,1	1,7	19
38	34	18	5	EZ	31	20	14,0	2,3	11	5,2	1,4	6,0	1,8	7,1	1,0	1,3	0,2	21,0	34,0	26,7	15,4	2,8	17
39	26	18	4	04	24	15	8,9	1,9	9	6,0	1,5	3,8	1,1	4,9	0,8	0,9	0,2	21,7	34,7	20,0	14,0	3,5	17
40	31	18	4	49	32	21	11,0	2,4	11	5,5	1,6	5,8	1,7	6,0	0,9	1,3	0,2	23,3	34,9	24,3	13,9	3,5	15
Média	29	16	4	46	27	18	10,6	2,2	9	5,1	1,4	4,9	1,4	5,7	0,9	1,0	0,2	18,5	35,8	24,3	14,8	2,9	17

* Calculado em função do peso do material seco. Quadro XVII

Hand

4.2.12. Excesso de magnésio (+Mg)

VASO	compr. caule (cm)	compr. raiz (cm)	diâmetro caule (mm)	alt. total da planta (cm)	numero de folhas	Folhas superiores				Folhas inferiores				Caule		Raiz		CERNOB		% folhas superiores	% folhas inferiores	% caule	% raiz	% ramos	raiz / p.aerea x 100*
						nº de folhas	peso fres (g)	peso seco (g)	nº de folhas	peso fres (g)	peso seco (g)	peso fres (g)	peso seco (g)	peso fres (g)	peso seco (g)	peso fres (g)	peso seco (g)	peso fres (g)	peso seco (g)						
41	29	20	5	49	24	18	11,9	3,5	6	6,4	1,9	6,7	2,3	8,6	1,2	1,8	0,5	37	20	24	12	5	14		
42	31	20	4	58	32	28	9,5	4,1	4	2,2	1,2	5,4	2,0	6,8	0,9	1,4	0,5	47	13	23	10	5	11		
43	29	20	4	59	19	16	6,4	1,7	3	2,8	0,7	4,9	1,4	5,3	0,6	0,7	0,1	37	26	31	13	2	15		
44	38	28	4	68	42	32	27,2	7,4	10	11,6	3,2	8,1	2,4	7,8	0,8	3,7	1,0	50	21	16	17	2	5		
Média	32	22	4	58	29	23	13,5	4,2	6	5,7	1,7	6,0	2,0	7,1	0,8	1,9	0,5	42	20	23	13	3,5	11		

* Calculado em função do peso do material seco.

Quadro XVIII

4.2.13. Deficiência de enxôfre (-S)

VASO	compr. caule (cm)	compr. raiz (cm)	diâmetro caule (mm)	alt. total da planta (cm)	número de folhas	Folhas superiores			Folhas inferiores			Caule		Raiz		Galhos		% folhas superiores	% folhas inferiores	% caule	% raiz	% galhos	* $\frac{\text{raiz}}{\text{p.aerea}} \times 100$
						nº de folhas	pêso fres- co (g)	pêso sêco (g)	nº de folhas	pêso fres- co (g)	pêso sêco (g)	pêso fres- co (g)	pêso sêco (g)	pêso fres- co (g)	pêso sêco (g)								
45	32	29	5	61	32	28	15,5	4,2	4	2,8	1,6	5,3	1,8	9,7	1,4	1,9	0,5	44	16	18	14	5	17
46	26	22	3	48	42	36	21,9	5,8	6	5,1	1,4	6,3	2,4	5,9	1,1	1,6	0,6	52	12	21	9	1	11
47	31	24	4	55	29	24	15,1	4,0	5	4,7	1,2	8,0	2,8	11,7	1,7	0,8	0,2	40	12	28	17	2	20
48	36	24	5	60	37	29	22,1	5,8	8	7,9	2,1	10,2	4,0	9,3	1,5	2,3	0,7	40	14	28	10	4	11
Média	31	24	4	55	35	29	18,6	4,9	6	5,1	1,6	7,4	2,7	9,1	1,4	1,6	0,5	44	13	24	12	3	15

* Calculado em função do pêso do material sêco.

Quadro XIX

Harvey

4.2.14. Excesso de enxofre (+S)

VASO	compr. caule (cm)	compr. raiz (cm)	diâmetro caule (mm)	alt. total da planta (cm)	número de folhas	Folhas superiores				Folhas inferiores				Caule		Raiz		Galhos		% folhas superiores	% folhas inferiores	% caule	% raiz	% galhos	Raiz * $\frac{\text{p. aerea}}{100}$
						nº de folhas	peso fres- (g)	co (g)	peso seco (g)	nº de folhas	peso fres- (g)	co (g)	peso seco (g)	peso fres- (g)	co (g)	peso seco (g)	peso fres- (g)	co (g)	peso seco (g)						
49	35	23	5	58	47	32	22,1	4,1	15	16,6	4,7	8,1	2,5	9,1	1,6	5,2	1,2	33,6	29,0	17,6	11,2	8,6	12		
50	37	23	5	60	45	30	18,1	4,2	15	12,2	3,5	10,0	3,0	9,8	1,5	3,5	0,6	27,9	31,7	23,6	11,7	5,1	13		
51	27	26	5	53	33	22	10,0	2,6	11	9,0	2,7	4,9	1,6	8,1	1,2	1,5	0,3	32,4	30,2	18,7	14,4	4,3	16		
52	30	23	5	53	58	40	19,6	5,1	18	15,7	4,7	8,0	2,5	11,1	1,6	4,4	0,8	32,2	34,3	17,0	10,9	5,6	12		
Média	32	24	5	56	46	31	17,5	4,0	15	14,4	3,9	7,7	2,4	9,5	1,5	3,6	0,7	31,4	31,4	19,2	12,0	5,9	13		

* Calculado em função do peso do material seco.

Quadro XX

4.2.15. Discussão das mensurações contidas nos Quadros VIII a XX.

Podemos concluir, com devidas ressalvas, que as deficiências e excessos dos macronutrientes, influíram no crescimento do cafeeiro na seguinte ordem para:

1. Pêso sêco das folhas.

- N < - Ca < + K < - Mg < - P < - K < + Mg < - S < + P < + S < + Ca < + N < completo

Houve uma influência marcante no pêso sêco das folhas nos tratamentos - N, + N, - Ca e + Ca, como podemos observar. CIBES e SAMUELS(1955) constataram fato idêntico cultivando cafeeiros em solução nutritiva deficiente em nitrogênio.

2. Pêso sêco do caule.

- N = - Ca < - Mg < + K < - K < + Mg < + S = - P < + P < - S < + Ca < + N < completo.

Houve maior influência nos tratamentos - N e + N. Os tratamentos com - K, + K, - P e + P praticamente não influíram no pêso sêco do caule.

3. Pêso sêco da raiz.

- Ca < + N = + P = + Mg < - Mg < + K < - N < completo = - K < - P < - S < + S < + Ca

Notamos a influência do cálcio sobre o sistema radicular. Os tratamentos com deficiência e excesso de enxofre não diferiam entre si aparentemente. A ausência de fósforo e potás

sio na solução nutritiva pouca influência exercia. CIBES e SAMUELS(1955), constaram fato idêntico em cafeeiros cultivados em ausência de fósforo.

4. Pêso sêco de galhos.

- Mg < + K < - K = - P < + P < + Mg = - S < + S < +
+ Ca < completo = + N.

Plantas cultivadas em ausência de N e Ca não apresentaram formação de galhos.

5. Percentagem de folhas.

- N < - P < - Mg < - Ca < - S = + K < + Ca < + Mg =
= - K + S + N + P completo.

Os tratamentos cujas plantas se apresentaram com menor percentagem de folhas foram os de - N, - P, - Mg e - Ca. Interessante notar que a deficiência de potássio, não influenciou aparentemente na percentagem de folhas.

6. Percentagem de caule.

+ S < + Ca < + P < - K < + N = completo < + Mg < + K
< - S = - Mg < - N < - Ca < - P.

7. Percentagem de raiz.

+ N < completo < + P < + Ca < - S = + S < + Mg < - K <
< - Mg < - Ca < - P < + K < - N.

O nitrogênio teve influência marcante sobre a percentagem de raiz.

$$8. \text{ Relação } \frac{\text{raiz}}{\text{p. aérea}} \times 100.$$

N < completo = + P < + Mg < + Ca < + S < - S < - Mg <
 < - Ca = - P < - K < + K < - N.

Plantas deficientes em N e P apresentavam a relação raiz/p. aérea bem mais alta do que aquelas que receberam o excesso na solução nutritiva, dados que confirmam aqueles obtidos por EATON(1949), CURTIS e CLARK(1950 - pág. 672), DILLEWIJN(1952 - pág. 241), MEYER e ANDERSON(1952 - pág. 691), LOOMIS(1953) e PIRSON(1955).

Não houve diferenças aparentes entre os tratamentos - K e + K. O enxôfre pouca influência teve, quer em deficiência quer em excesso.

4.3. Análise química.

Analizamos as seguintes partes da planta:

- A - Folhas superiores
- B - Folhas inferiores
- C - Caule
- D - Raiz

Fizemos as análises da variância dos resultados obtidos e utilizamos o teste de Tukey (PIMENTEL GOMES, 1955) para estudar os diversos contrastes em relação ao tratamento completo.

4.3.1. Efeitos dos tratamentos sobre o teor percentual de N.

A - Folhas superiores.

Pelo exame do Quadro XXI, observamos que:

Teor percentual de N nos diversos tratamentos

Tratamentos	N%		Média	Significância*
Completo	3,10	3,01	3,06	
- N	1,82	2,01	1,92	Significativo
+ N	4,38	4,03	4,20	Significativo
- P	3,13	2,85	2,99	
+ P	4,29	4,20	4,24	Significativo
- K	4,13	3,82	3,98	Significativo
+ K	3,47	3,44	3,46	
- Ca	3,52	3,79	3,66	
+ Ca	3,34	2,75	3,04	
- Mg	3,64	2,87	3,36	
+ Mg	3,21	3,19	3,20	
- S	3,12	3,12	3,12	
+ S	4,11	4,10	4,10	Significativo

* d.m.s. à 5% = 0,84

Quadro XXI

1 - No tratamento -N houve uma diminuição significativa no teor de N; CIBES e SAMUELS(1956), LOTT et al.(1956), LOUÉ(1957), LOUÉ(1957-a), MALAVOLTA et al.(1957) e MALAVOLTA et al.(1958), obtiveram teores próximos aos obtidos por nós. Observamos que os teores em N nas folhas superiores eram menores do que nas folhas inferiores (Quadro XXII), talvez devido ao crescimento excessivo das plantas na solução nutritiva.

2 - O tratamento +N apresentou um aumento significativo no teor de N, teor este que não chegou a ser tóxico para o cafeeiro. MALAVOLTA et al.(1957) pulverizaram cafeeiros de 3 anos de idade com solução de ureia a 2,5% e constataram um aumento no teor de N de 2,38 a 3,42%, sem contudo causar danos às plantas.

3 - Para o tratamento +P houve um aumento significativo. THOMPSON(1957 - pág. 351), afirma que uma grande absorção de P está geralmente associada a um alto teor de N nas plantas. Os nossos dados concordaram com este autor, mas discordaram com os obtidos por MENARD(1956).

4 - No tratamento -K, houve um aumento significativo no teor de N. SUZUKI e KENDO(1936), observaram fato idêntico em folhas de cana (Saccharum officinarum L.) deficientes em potássio. CIBES e SAMUELS(1955) obtiveram resultado similar em cafeeiros em solução nutritiva deficiente em potássio.

5 - O tratamento +S apresentou um aumento significativo. MOYER(1950), constatou uma relação muito estreita entre N e S em ensaios com alfafa.

6 - Os tratamentos -P, +K, -Ca, +Ca, -Mg, +Mg e -S não diferiram estatisticamente do tratamento completo.

B - Folhas Inferiores.

Pelo exame do Quadro XXII observamos que:

1 - Houve um aumento significativo para os tratamentos +N, +P, +S, e uma diminuição significativa para o tratamento -N.

2 - Ao contrário das folhas superiores não houve significância para o tratamento -K. CIBES e SAMUELS(1955), constataram em cafeeiros que o teor de N nas folhas inferiores no tratamento -K era bem menor do que no das folhas superiores.

3 - Os tratamentos -P, -K, +K, -Ca, +Ca, -Mg, +Mg e -S não diferiram estatisticamente do tratamento completo.

Teor percentual de N nos diversos tratamentos

Tratamentos	N%		Média	Significância*
Completo	2,97	3,05	3,01	
- N	1,96	2,29	2,12	Significante
+ N	4,35	4,28	4,31	Significante
- P	3,14	2,91	2,52	
+ P	4,01	4,03	4,02	Significante
- K	3,37	3,02	3,19	
+ K	3,05	3,06	3,05	
- Ca	3,27	3,24	3,25	
+ Ca	3,21	3,10	3,15	
- Mg	2,98	3,05	3,01	
+ Mg	3,14	2,92	3,03	
- S	2,44	2,42	2,43	
+ S	3,71	3,43	3,57	Significante

* d.m.s. à 5% = 0,52

Quadro XXII

C - Caule.

Examinando o Quadro XXIII, observamos que:

1 - Houve uma diminuição significativa para o tratamento -N.

2 - Houve um aumento significativo para o tratamento +N.

3 - No tratamento +P notamos um aumento significativo no teor de N no que concordamos com os dados obtidos por MENARD(1956).

4 - o tratamento -K acusou um aumento significativo.

5 - Os tratamentos -P, +K, -Ca, -Mg, +Mg, -S e +S não diferiram estatisticamente do tratamento completo.

Teor percentual de N nos diversos tratamentos

Tratamento	N%		Média	Significância*
Completo	1,61	1,50	1,55	
- N	0,86	0,93	0,89	Significativo
+ N	2,54	2,08	2,31	Significativo
- P	1,47	1,34	1,40	
+ P	2,12	2,12	2,12	Significativo
- K	3,06	3,05	3,05	Significativo
+ K	1,54	1,72	1,63	
- Ca	2,00	1,97	1,98	
+ Ca	1,65	2,00	1,82	
- Mg	1,59	1,55	1,57	
+ Mg	1,50	1,67	1,58	
- S	1,29	1,24	1,26	
+ S	1,76	1,73	1,74	

* d.m.s. à 5% = 0,54

Quadro XXIII

D. Raiz.

Pelo exame do Quadro XXIV, notamos que:

1 - O tratamento -N não acusou uma diferença significativa.

2 - No tratamento +N constatamos um aumento significativo quer em relação ao tratamento completo quer em relação ao tratamento -N.

3 - Para o tratamento +P houve um aumento significativo no que concordamos com os dados obtidos por MENARD(1956). YUEN e BORDEN(1937), constataram que um alto teor em P pode aumentar o teor de N nas raízes de cana.

4 - No tratamento +S houve um aumento significativo

Teor percentual de N nos diversos tratamentos

<u>Tratamento</u>	<u>N%</u>		<u>Média</u>	<u>Significância*</u>
Completo	2,17	2,24	2,20	
+ N	3,47	3,80	3,63	Significativo
- P	2,28	2,14	2,21	
+ P	3,54	3,78	3,66	Significativo
- K	2,89	2,66	2,77	
+ K	2,29	2,29	2,29	
- Ca	2,81	2,95	2,88	
+ Ca	2,25	2,62	2,43	
- Mg	3,01	3,05	3,03	
+ Mg	2,51	2,67	2,59	
- S	2,17	2,03	2,10	
+ S	3,23	4,85	4,04	Significativo

* d.m.s. à 5% = 1,32
no teor de N.

5 - Os demais tratamentos -N, -P, -K, +K, -Ca, -Mg, +Mg e -S não diferiram estatisticamente do tratamento completo.

De um modo geral, si bem que não fizéssemos análise estatística, podemos observar que os teores em N nos diversos

Tratamentos

Partes das plantas

- N	fls. inferiores - fls. superiores - raiz - caule
+ N	fls. inferiores - fls. superiores - raiz - caule
+ P	fls. superiores - fls. inferiores - raiz - caule
- K	fls. superiores - fls. inferiores - caule - raiz
+ S	fls. superiores - raiz - fls. inferiores - caule

4.3.2. Efeitos dos diversos tratamentos sôbre o teor percentual de P.

A - Folhas superiores.

Teor percentual de P nos diversos tratamentos

Treatamento	P%		Média	Significância*
Completo	0,23	0,20	0,21	
- N	0,29	0,36	0,32	Significativo
+ N	0,23	0,23	0,23	
- P	0,06	0,06	0,06	Significativo
+ P	0,32	0,33	0,32	Significativo
- K	0,25	0,24	0,24	
+ K	0,14	0,17	0,15	
- Ca	0,20	0,20	0,20	
+ Ca	0,21	0,17	0,19	
- Mg	0,21	0,12	0,14	
+ Mg	0,23	0,26	0,24	
- S	0,27	0,26	0,26	
+ S	0,19	0,20	0,19	

* d.m.s. à 5% = 0,11

Quadro XXV

Examinando o Quadro XXV observamos que:

1 - Houve um aumento significativo no teor de P no tratamento -N, no que concordamos com CIBBS e SAMUELS(1955). LUNDEGÅRDH(1951) observou que em solos com baixos teores de K e P, as plantas deficientes de N apresentavam teores altos em K e P nas folhas. REUTHER e SMITH(1954) e HERSCHBERG(1954) observaram um alto teor de P nas folhas de citrus deficientes em N.

2 - Notamos uma diminuição significativa para o tratamento -P, como era de se esperar. CIBES e SAMUELS(1955), LOUÉ(1957), LOTT et al.(1956) e MENARD(1956), obtiveram teores igualmente baixos para o café.

3 - No tratamento +P houve um aumento significativo. O teor de 0,32% de P foi tóxico para o cafeeiro em condições de vaso. Contrastando os tratamentos -P e +P, notamos um aumento significativo para o tratamento +P. MENARD(1956) constatou fato idêntico em cafeeiro cultivado em solução nutritiva contendo um excesso de P de 380 p.p.m.

4 - Os tratamentos +N, -K, +K, -Ca, -Mg, -S e +S não diferiram estatisticamente do tratamento completo.

B - Folhas inferiores.

Teor percentual de P nos diversos tratamentos

Tratamento	P%		Média	Significância*
Completo	0,32	0,31	0,31	
- N	0,40	0,47	0,43	
+ N	0,30	0,24	0,27	
- P	0,05	0,05	0,05	Significativo
+ P	0,43	0,33	0,38	Significativo
- K	0,36	0,32	0,34	
+ K	0,13	0,12	0,12	Significativo
- Ca	0,32	0,30	0,31	
+ Ca	0,27	0,27	0,27	
- Mg	0,27	0,25	0,26	
+ Mg	0,29	0,37	0,33	
- S	0,37	0,33	0,35	
+ S	0,35	0,38	0,36	

* d.m.s. à 5% = 0,14

Pelo exame do Quadro XXVI, observamos que:

- 1 - Não houve significância no tratamento -N, contrariamente ao que ocorreu nas folhas superiores.
- 2 - Houve uma diminuição significativa para o tratamento -P. As folhas apresentavam sintomas acentuados de deficiência de P.
- 3 - No tratamento +P, houve um aumento significativo no teor de P, o que foi tóxico ao cafeeiro.
- 4 - No tratamento +K constatamos uma diminuição significativa no teor de P. Hartt citado por BURR et al. (1957), constatou uma diminuição no teor em P nas folhas de cana-de-açúcar (Saccharum officinarum L.) na presença de um alto teor de K.
- 5 - Os tratamentos -N, +N, -K, -Ca, +Ca, -Mg, -S e +S não diferiram estatisticamente do tratamento completo.

C - Caule.

Pelo exame do Quadro XXVII, observamos que somente o tratamento -P, teve uma diminuição significativa. O tratamento +P não acusou diferença significativa em relação ao tratamento completo, mas teve um aumento significativo em relação ao tratamento -P.

Teor percentual em P nos diversos tratamentos

Tratamento	P%		Média	Significância *
Completo	0,20	0,29	0,24	
- N	0,29	0,28	0,28	
+ N	0,17	0,17	0,17	
- P	0,04	0,03	0,03	Significativo
+ P	0,34	0,41	0,37	
- K	0,21	0,15	0,18	
+ K	0,13	0,15	0,14	
- Ca	0,28	0,25	0,26	
+ Ca	0,17	0,27	0,22	
- Mg	0,18	0,21	0,14	
+ Mg	0,35	0,25	0,30	
- S	0,15	0,13	0,14	
+ S	0,16	0,12	0,14	

* d.m.s. à 5% = 0,17

Quadro XXVII

D - Raiz.

Pelo exame do Quadro XXVIII, notamos que:

1 - Nem os tratamentos -P e +P foram significativos em relação ao completo; houve um aumento significativo do tratamento +P em relação ao -P.

2 - No tratamento +K houve um aumento significativo, como já constatamos para as folhas inferiores.

3 - Para o tratamento -S notamos um aumento significativo. Foi o tratamento que apresentou o maior teor em P, apresentando mesmo um aumento significativo em relação ao tratamento +P.

Teor percentual em P nos diversos tratamentos

Tratamento	P%		Média	Significância*
Completo	0,33	0,45	0,39	
- N	0,47	0,48	0,47	
+ N	0,24	0,23	0,23	
- P	0,11	0,11	0,11	
+ P	0,64	1,60	1,12	
- K	1,00	1,05	1,02	
+ K	1,72	1,70	1,71	Significativo
- Ca	0,28	0,32	0,30	
+ Ca	0,51	0,38	0,44	
- Mg	0,85	0,54	0,69	
+ Mg	0,28	0,30	0,29	
- S	2,51	2,90	2,70	Significativo
+ S	0,33	0,30	0,31	

d.m.s. à 5% = 0,87

Quadro XXVIII

4.3.3. Efeitos dos tratamentos sobre o teor percentual de K.

A. Folhas superiores.

Pelo exame do Quadro XXIX, observamos que:

1 - De todos os tratamentos só o tratamento -K apresentou uma diminuição significativa em relação ao completo.

CIBES e SAMUELS(1955), LOUÉ(1957), LOUÉ(1957-a) e MALAVOLTA et al.(1958) constataram teores próximos aos obtidos por nós. LOTT et al.(1956) verificaram que quando o teor de K baixava a 0,33% as plantas morriam. No presente ensaio as plantas com um teor de 0,57% de K morreram sem contudo exibir sintomas de carência.

Teor percentual em K nos diversos tratamentos

Tratamento	K%		Média	Significância*
Completo	2,11	1,70	1,90	
- N	2,14	2,23	2,18	
+ N	1,77	1,74	1,75	
- P	1,86	1,86	1,86	
+ P	2,01	1,83	1,92	
- K	0,65	0,50	0,57	Significativo
+ K	2,54	2,80	2,67	
- Ca	1,80	1,86	1,83	
+ Ca	1,80	2,04	1,92	
- Mg	2,26	1,05	1,65	
+ Mg	1,43	1,70	1,56	
- S	2,01	2,05	2,03	
+ S	1,98	1,74	1,86	

* d.m.s. à 5% = 1,12

quadro XXIX

2 - O tratamento +K não apresentou diferença significativa em relação ao completo, mas houve um aumento significativo em relação ao tratamento -K. O teor de 2,67% de K aparentemente deve estar no limite de toxidez deste elemento para o cafeeiro. LOUÉ(1957-a) constatou em cafeeiros em condições de campo que o teor de 3% em K era tóxico.

3 - Os outros tratamentos não diferiram estatisticamente do completo.

B - Folhas Inferiores.

Examinando o Quadro XXX notamos que:

1 - Como no caso das folhas superiores houve uma

Teor percentual em K nos diversos tratamentos

Tratamento	K%		Média	Significância*
Completo	1,92	1,55	1,73	
- N	1,80	1,95	1,87	
+ N	1,64	1,55	1,59	
- P	1,77	1,89	1,83	
+ P	1,61	1,70	1,65	
- K	0,40	0,37	0,39	Significativo
+ K	2,54	2,80	2,67	Significativo
- Ca	2,04	2,11	2,07	
+ Ca	1,70	1,95	1,82	
- Mg	2,14	2,39	2,26	Significativo
+ Mg	1,55	1,67	1,61	
- S	1,95	1,98	1,96	
+ S	1,52	1,74	1,63	

* d.m.s. à 5% = 0,50

Quadro XXX

diminuição significativa no teor de K em relação ao tratamento completo.

2 - O tratamento +K deu um aumento significativo em relação aos tratamentos completo e -K.

3 - No tratamento -Mg, houve um aumento significativo no teor de K em relação ao tratamento completo.

CIBES e SAMUELS(1956), constataram também em cafeteiros um aumento no teor de K, no tratamento -Mg. SMITH et al. (1954), observaram em citrus, cultivados em areia que quando havia pouco magnésio, aumentava o teor em K nas folhas. PREVOT e OLLAGNIER(1954), constataram um antagonismo muito nítido entre K e Mg no coqueiro; diminuindo o teor em Mg, havia um aumento no teor em K.

EVANS et al.(1950), cultivando soja na ausência de Mg, observaram altos teores de K nas folhas.

C - Caule.

Teor percentual de K nos diversos tratamentos

Tratamento	K%		Média	Significância*
Completo	1,61	1,50	1,55	
- N	1,30	1,27	1,28	
+ N	1,21	1,15	1,18	
- P	1,21	1,21	1,21	
+ P	1,49	1,49	1,49	
- K	0,46	0,43	0,44	Significativo
+ K	1,24	1,89	1,56	
- Ca	1,55	1,55	1,55	
+ Ca	1,49	1,46	1,47	
- Mg	1,36	1,64	1,50	
+ Mg	1,30	1,39	1,34	
- S	1,39	1,30	1,34	
+ S	1,24	1,18	1,21	

d.m.s. à 5% = 0,58

Quadro XXXI

Pelo exame do Quadro XXXI, observamos que:

1 - Só o tratamento -K apresentou uma diminuição significativa em relação ao tratamento completo.

2 - O tratamento +K, apesar de não diferir significativamente em relação ao tratamento completo, diferiu em relação ao tratamento -K.

3 - Os outros tratamentos não diferiram estatisticamente do tratamento completo.

D - Raiz.Teor percentual de K nos diversos tratamentos

Tratamento	K%		Média	Significância *
Completo	0,74	0,65	0,69	
- N	2,51	2,57	2,54	Significativo
+ N	0,93	0,88	0,90	
- P	0,46	0,59	0,52	
+ P	0,77	0,50	0,63	
- K	0,31	0,37	0,34	
+ K	2,80	1,89	2,34	
- Ca	1,49	1,64	1,56	
+ Ca	1,02	0,68	0,85	
- Mg	1,80	1,92	1,86	Significativo
+ Mg	0,59	0,77	0,68	
- S	0,87	0,90	0,88	
+ S	1,51	1,43	1,47	

* d.m.s. à 5% = 0,85

Quadro XXXII

Pelo exame do Quadro XXXII observamos que:

1 - No tratamento -N houve um aumento significativo no teor de K em relação ao do tratamento completo. SMITH et al. (1954), observaram em citrus cultivados em vasos que continham um baixo teor em N, que havia um aumento sensível no teor de K nas raízes; o que concorda com os nossos dados.

2 - O tratamento +K, teve um aumento significativo em relação ao tratamento -K, mas ambos não diferiram significativamente em relação ao tratamento completo.

3 - O tratamento -Mg, apresentou um aumento significativo em relação ao tratamento completo. Os nossos dados

concordam com os de SMITH et al.(1954).

4.3.4. Efeitos dos tratamentos sôbre o teor percentual de Ca.

A - Folhas superiores.

Teor percentual de Ca nos diversos tratamentos

Tratamento	Ca%		Média	Significância*
Completo	0,85	1,15	1,00	
- N	0,70	1,15	0,92	
+ N	0,60	0,55	0,57	
- P	1,30	1,35	1,32	
+ P	0,65	0,75	0,70	
- K	1,30	1,15	1,22	
+ K	0,55	0,55	0,55	
- Ca	0,35	0,35	0,35	
+ Ca	1,30	1,50	1,40	
- Mg	0,85	0,90	0,87	
+ Mg	1,05	1,60	1,32	
- S	1,00	1,00	1,00	
+ S	0,22	0,18	0,20	Significativo

* d.m.s. à 5% = 0,67

Quadro XXXIII

Pelo exame do Quadro XXXIII notamos que:

1 - Apesar de não acusar uma diferença significativa nos tratamentos -Ca, constatamos entretanto uma deficiência acentuada d'êste elemento (4.1.8.).

Êste tratamento não acusou uma diferença significativa, provavelmente devido ao pequeno número de repetições. CIBES e SAMUELS(1955) e LOUÉ(1957) obtiveram teores baixos para Ca em cafeeiros cultivados em solução nutritiva.

2 - O tratamento +Ca, também não acusou uma diferença significativa em relação ao tratamento completo; entretanto observamos uma diferença significativa entre os tratamentos -Ca e +Ca. O teor de 1,40% de Ca não se constituiu tóxico para o cafeeiro (4.1.9.). LOUÉ(1957-a) e CATANI e MORAES(1958) constataram ser o café bastante exigente em Ca.

3 - No tratamento +S houve uma diminuição significativa no teor de Ca em relação ao tratamento completo. Este teor baixo talvez seja devido ao chamado efeito de diluição (LUNDEGÅRDH, 1954).

Observamos o mesmo fenômeno nos tratamentos +N e +P. No tratamento +Mg, observamos justamente o contrário, um teor relativamente alto em Ca, devido talvez ao pouco desenvolvimento da planta (4.1.11.), apresentando em consequência um baixo peso seco.

B - Folhas inferiores.

Pelo exame do Quadro XXXIV notamos que:

Nenhum tratamento apresentou uma diferença significativa quer em relação ao completo, quer entre si. Provavelmente houve influência nos diversos teores, devido ao fenômeno de diluição, como observamos nas folhas superiores. Podemos observar de um modo geral que quanto maior o peso seco, menor é o teor em cálcio, e vice-versa.

Haag

Teor percentual de Ca nos diversos tratamentos

Tratamento	Ca%		Média	Significância*
Completo	0,90	0,95	0,92	
- N	1,33	1,26	1,29	
+ N	0,85	0,65	0,75	
- P	2,20	1,12	1,66	
+ P	0,55	0,45	0,50	
- K	1,95	1,40	1,67	
+ K	0,85	0,95	0,90	
- Ca	0,86	0,75	0,80	
+ Ca	1,50	1,65	1,57	
- Mg	1,20	1,55	1,37	
+ Mg	0,90	0,85	0,87	
- S	1,20	1,55	1,37	
+ S	1,00	1,05	1,02	

* d.m.s. à 5% = 1,08

Quadro XXXIV

C - Caule.

Pelo exame do Quadro XXXV notamos que:

1 - Não houve diferença significativa nos tratamentos quer entre si quer em relação ao tratamento completo.

2 - Tanto no tratamento -Ca, como +Ca, os teores de Ca foram baixos.

3 - O tratamento -P apresentou o maior teor em Ca, contudo, não foi estatisticamente significativo.

Teor percentual de Ca nos diversos tratamentos

Tratamento	Ca%	Média	Significância*
Completo	0,95	0,80	0,88
- N	0,46	0,53	0,49
+ N	0,45	0,35	0,40
- P	1,05	1,65	1,35
+ P	0,55	0,45	0,49
- K	0,65	0,80	0,72
+ K	0,85	0,50	0,67
- Ca	0,35	0,60	0,47
+ Ca	0,55	0,70	0,63
- Mg	0,40	0,50	0,45
+ Mg	0,25	0,35	0,30
- S	0,65	0,60	0,62
+ S	0,55	0,55	0,55

* d.m.s. à 5% = 0,66

Quadro XXXV

D. Raiz.

Pelo exame do Quadro XXXVI notamos que:

1 - Somente o tratamento -Ca apresentou uma diferença significativa em relação ao tratamento completo.

2 - O tratamento +Ca não apresentou nenhuma diferença significativa, quer em relação ao tratamento completo quer em relação ao tratamento -Ca.

Teor percentual de Ca nos diversos tratamentos

Tratamento	Ca%		Média	Significância*
Completo	0,95	1,12	1,03	
- N	0,44	0,46	0,45	
tis	0,35	0,40	0,37	
- P	1,52	1,25	1,38	
+ P	0,40	0,42	0,41	
- K	1,35	1,20	1,27	
+ K	0,95	1,00	0,97	
- Ca	0,30	0,30	0,30	Significativo
t Ca	0,85	0,55	0,70	
- Mg	0,75	0,75	0,75	
+ Mg	0,60	1,00	0,80	
- S	0,95	1,00	0,97	
+ S	1,15	0,60	0,87	

d.m.s. à 5% = 0,67

Quadro XXXVI

4.3.5. Efeitos dos tratamentos sobre o teor percentual de Mg.

A - Folhas superiores.

Pelo exame do Quadro XXXVII notamos que:

1 - No tratamento -K houve um aumento significativo em relação ao tratamento completo. CIBBS e SAMUELS(1955) constataram igualmente que o teor de Mg aumentava em cafeeiros cultivados em solução deficiente em K. HARTMANN e BROWN (1953) verificaram em oliveiras (Olea europaea L.) cultivadas em areia na ausência de X que o teor em Mg crescia nas folhas em relação as do tratamento completo. LOUÉ(1957) igualmente constatou v- cafeeiros deficientes em potássio, que o teor

Teor percentual de Mg nos diversos tratamentos

Tratamento	Mg%		Média	Significância*
Completo	0,25	0,25	0,25	
- M	0,36	0,36	0,36	
+ N	0,20	0,24	0,22	
- P	0,34	0,26	0,30	
+ P	0,25	0,23	0,24	
- K	0,44	0,43	0,43	Significativo
+ K	0,18	0,15	0,16	
- Ca	0,38	0,44	0,41	Significativo
+ Ca	0,19	0,21	0,20	
- Mg	0,05	0,05	0,05	Significativo
+ Mg	0,42	0,30	0,36	
- S	0,28	0,31	0,29	
+ S	0,22	0,18	0,20	

d.m.s. à 5% = 0,14

Quadro XXXVII

de Mg era alto, o que concorda com os nossos dados. LIBBERT (1953) sugeriu um antagonismo entre K e Mg em estudos feitos com beterraba.

2 - O tratamento -Ca, apresentou um aumento significativo no teor de Mg em relação ao tratamento completo.

EICHINGER(1955) constatou um antagonismo entre Ca e Mg, em diversas plantas.

3 - No tratamento -Mg houve uma diminuição significativa no teor de Mg em relação ao tratamento completo. Ao nível de 0,05% de Mg as plantas se mostraram com acentuada carência deste elemento (4.1.10.).

4 - O tratamento +Mg não apresentou uma diferença significativa em relação ao tratamento completo, mas houve

Hoage

um aumento significativo confrontado com o tratamento -Mg.

5 - No tratamento +K diminuiu sensivelmente o teor de Mg. CHAMP e PEECH(1938 e DARCEL(1953) verificaram fenômeno idêntico em citrus em condições de campo.

B - Folhas inferiores.

Teor percentual de Mg nos diversos tratamentos

Tratamento	Mg%		Média	Significância*
Completo	0,23	0,26	0,24	
- N	0,36	0,31	0,33	
+ M	0,20	0,24	0,22	
- P	0,31	0,32	0,31	
+ P	0,22	0,17	0,19	
- K	0,52	0,39	0,45	
+ K	0,12	0,15	0,13	
- Ca	0,86	0,75	0,80	Significativo
+ Ca	0,15	0,13	0,14	
- Mg	0,08	0,05	0,06	Significativo
+ Mg	0,46	0,33	0,39	
- S	0,20	0,26	0,23	
+ S	0,13	0,15	0,14	

d.m.s. à 5% = 0,19

Quadro XXXVIII

Pelo exame do Quadro XXXVIII, observamos que:

1 - O tratamento -Mg apresentou uma diminuição significativa em relação ao tratamento completo, como no caso das folhas superiores. CIBES e SAMUELS(1955) e LOUÉ(1957), constataran teores baixos para Mg em condições de vasos.

2 - O tratamonto -Ca apresentou o maior teor de Mg,

teor este que mostrou um aumento significativo em relação ao tratamento +Mg e ao tratamento completo.

C - Caule.

Teor percentual de Mg nos diversos tratamentos

Tratamento	Mg%		Média	Significância*
Completo	0,11	0,18	0,14	
- N	0,16	0,17	0,16	
+ N	0,08	0,12	0,10	
- P	0,33	0,30	0,31	Significativo
+ P	0,11	0,14	0,12	
- K	0,32	0,18	0,25	
+ K	0,12	0,17	0,14	
- Ca	0,31	0,31	0,31	Significativo
+ Ca	0,10	0,17	0,13	
- Mg	0,03	0,04	0,03	
+ Mg	0,36	0,30	0,33	Significativo
- S	0,19	0,18	0,18	
+ S	0,05	0,12	0,08	

* d.m.s. à 5% = 0,17

Quadro XXXIX

Pelo exame do Quadro XXXIX, observamos que:

1 - No tratamento -P houve um aumento significativo em relação ao tratamento completo. Interessante notarmos que o teor em Mg foi quasi que constante nas folhas superiores, inferiores e caule, diminuindo um pouco nas raízes.

2 - O tratamento -Ca apresentou um aumento significativo em Mg, como nas folhas superiores, inferiores e na raiz.

3 - No tratamento +Mg houve um aumento significativo em relação ao tratamento completo. O mesmo tratamento apresentou um aumento significativo em relação ao tratamento -Mg.

4 - Apesar do baixo teor de Mg o tratamento -Mg não acusou diferença significativa em relação ao tratamento completo, provavelmente devido ao pequeno número de repetições.

5 - No tratamento +S houve diminuição no teor de Mg em relação ao tratamento completo, mas não foi estatisticamente significativo.

D - Raiz.

Teor percentual de Mg nos diversos tratamentos

Tratamento	Mg%		Média	Significância*
Completo	0,11	0,12	0,11	
- N	0,42	0,41	0,41	
+ N	0,20	0,21	0,40	
- P	0,10	0,20	0,15	
+ P	0,26	0,18	0,22	
- K	0,36	0,35	0,35	
+ K	0,28	0,45	0,36	
- Ca	0,31	0,48	0,39	Significativo
+ Ca	0,12	0,18	0,15	
- Mg	0,06	0,06	0,06	
+ Mg	0,35	0,38	0,36	
- S	0,29	0,26	0,25	
+ S	0,31	0,30	0,30	

* d.m.s. à 5% = 0,21.

Quadro XL

Pelo exame do Quadro XL observamos que:

1 - No tratamento -Ca houve aumento significativo no teor de Mg em relação ao tratamento completo. Podemos observar que em todas as partes da planta o tratamento -Ca apresentou um aumento significativo no teor de Mg.

2 - O tratamento +Mg, apesar de não diferir significativamente do completo, diferiu do tratamento -Mg.

4.3.6. Efeitos dos tratamentos sobre o teor percentual de S.

A - Folhas superiores.

Teor percentual de S nos diversos tratamentos

Tratamento	S%		Média	Significância*
Completo	0,25	0,20	0,22	
- N	0,22	0,22	0,22	
+ N	0,23	0,23	0,23	
- P	0,17	0,17	0,17	
+ P	0,23	0,23	0,23	
- K	0,21	0,21	0,21	
+ K	0,17	0,23	0,20	
- Ca	0,17	0,18	0,17	
+ Ca	0,19	0,25	0,22	
- Mg	0,20	0,19	0,19	
+ Mg	0,20	0,20	0,20	
- S	0,11	0,10	0,10	Significativo
+ S	0,22	0,18	0,20	

* d.m.s. à 5% = 0,10

Quadro XLI

Pelo exame do Quadro XLI, observamos que:

1 - Somente o tratamento -S, apresentou uma diminuição significativa em relação ao tratamento completo.

2 - O tratamento +S mostrou um aumento significativo em relação ao tratamento -S, mas não foi significativo em relação ao tratamento completo.

3 - No tratamento +S, o teor em S foi menor do que no tratamento completo, talvez devido a uma imobilidade fisiológica do elemento no vegetal.

As únicas determinações de S encontradas no cafeeiro foram as de MALAVOLTA(1952), em condições de campo e de MENARD(1956), em solução nutritiva. CHAPMAN e BROWN(1941), cultivando citrus em vasos encontraram teores de S bem próximos aos constatados por nós.

B - Folhas inferiores.

Teor percentual de S nos diversos tratamentos-

Tratamento	S%	Média	Significância*
Completo	0,211	0,22	0,23
- N	0,21	0,20	0,20
+ N	0,22	0,23	0,22
- P	0,17	0,16	0,16
+ P	0,23	0,22	0,22
- K	0,19	0,18	0,18
+ K	0,18	0,21	0,19
- Ca	0,16	0,20	0,18
+ Ca	0,18	0,23	0,20
- Mg	0,21	0,27	0,24
+ Mg	0,28	0,22	0,25
- S	0,11	0,10	0,20
+ S	0,28	0,23	0,25

*

d.m.s. a 5% = 0,10

Pelo exame do Quadro XLII observamos que:

1 - Nenhum dos tratamentos apresentaram uma diferença significativa estatisticamente.

2 - No tratamento -S, o teor de S foi praticamente igual ao do tratamento completo, no que concluímos que as plantas não chegaram a sofrer uma carência acentuada deste elemento, visto que as folhas mais velhas não apresentaram os sintomas.

3 - No tratamento +S o teor foi mais elevado do que no tratamento completo.

4 - No tratamento -P, o teor de S diminuiu em relação ao tratamento completo; foi o teor mais baixo em S que encontramos. CHAPMAN e BROWN(1941-a) cultivando citrus em solução nutritiva deficiente em P, observaram que o teor em S diminuía em relação ao tratamento completo.

C - Caule.

Pelo exame do Quadro XLIII observamos que:

I - No tratamento -S houve uma diminuição significativa em relação ao tratamento completo.

CHAPMAN e BROWN(1941), constataram igualmente um teor bem mais baixo no caule de citrus deficientes em S, do que em plantas normais.

2 - No tratamento +S o teor em S foi aparentemente menor do que no tratamento completo, mas não chegou a ser significativo.

3 - Nos outros tratamentos, o teor em S pouco variou em relação ao completo, mas não foi estatisticamente significativo.

Teor percentual de S nos diversos tratamentos

Tratamento	S%		Média	Significância*
Completo	0,13	0,15	0,14	
- N	0,13	0,13	0,13	
+ N	0,12	0,12	0,12	
- P	0,13	0,12	0,12	
+ P	0,16	0,15	0,15	
- K	0,15	0,11	0,13	
+ K	0,15	0,13	0,14	
- Ca	0,11	0,12	0,11	
+ Ca	0,10	0,16	0,13	
- Mg	0,12	0,12	0,12	
+ Mg	0,17	0,19	0,18	
- S	0,06	0,05	0,05	Significativo
+ S	0,14	0,13	0,13	

d.m.s. à 5% = 0,08

Quadro XLIII

D - Raiz.

Pelo exame do Quadro XLIV observamos que:

1 - No tratamento -N houve um aumento significativo em relação ao tratamento completo. REUTHER e SMITH(1954), observaram em folhas de citrus, em condições de campo, que quando havia carência de N aumentava sensivelmente o teor de S.

2 - No tratamento -Mg houve um aumento significativo em relação ao tratamento completo, talvez devido ao efeito de diluição, visto que o peso seco da raiz do tratamento -Mg era menor do que na tratamento completo.

3 - No tratamento -S, houve uma diminuição signifi-

Teor percentual de S nos diversos tratamentos

Tratamento	S%		Média	Significância*
Completo	0,22	0,29	0,25	
- N	0,49	0,51	0,50	Significativo
+ N	0,29	0,32	0,30	
- P	0,20	0,20	0,20	
+ P	0,29	0,23	0,26	
- K	0,26	0,27	0,26	
+ K	0,25	0,27	0,26	
- Ca	0,31	0,36	0,33	
+ Ca	0,29	0,24	0,26	
- Mg	0,36	0,37	0,36	Significativo
+ Mg	0,27	0,35	0,31	
- S	0,14	0,14	0,14	Significativo
+ S	0,45	0,45	0,45	Significativo

d.m.s. à 5% = 0,11

Quadro XLIV

cativa em relação ao tratamento completo.

4 - O tratamento +S acusou um aumento significativo quer em relação ao tratamento completo, quer em relação ao tratamento -S.

4.4. Teores percentuais médios, mínimos e máximos dos macronutrientes encontrados no cafeeiro.

Observando o Quadro XLV notamos que de um modo geral os tratamentos nos quais omitimos os elementos apresentaram teores mais baixos do que no tratamento completo. Os tratamentos que receberam dose maior rios elementos apresentaram teores mais altos do que no tratamento completo. Houve contudo

Teores percentuais médios, mínimos e máximos dos macronutrientes nos diversos órgãos da planta*

Parte da planta	ELEMENTO																	
	N	-N	+N	P	-P	+P	K	-K	+K	Ca	-Ca	+Ca	Mg	-Mg	+Mg	S	-S	+S
Fls. superiores	3,06	1,96	4,20	0,21	0,06	0,32	1,90	0,57	2,67	1,00	0,35	1,40	0,25	0,05	0,36	0,22	0,10	0,20
Fls. inferiores	3,01	2,12	4,31	0,31	0,05	0,38	1,73	0,39	2,67	0,92	0,80	1,57	0,24	0,06	0,39	0,23	0,20	0,25
Caulo	1,55	0,89	2,31	0,24	0,03	0,37	1,55	0,44	1,56	0,88	0,47	0,62	0,14	0,03	0,33	0,14	0,05	0,13
Raiz	2,20	1,78	3,63	0,39	0,11	1,12	0,69	0,34	2,34	1,03	0,30	0,70	0,11	0,06	0,36	0,25	0,14	0,45
Média	2,45	1,68	3,61	0,28	0,06	0,55	1,47	0,43	2,31	0,96	0,48	1,07	0,18	0,05	0,36	0,21	0,12	0,26

* Média de duas repetições.

Quadro XLV

algumas exceções assim:

1 - No tratamento +Ca o teor deste elemento nas raízes e no caule foi mais baixo do que no tratamento completo.

2 - No tratamento +S o teor de S foi menor nas folhas superiores e no caule do que o encontrado no tratamento completo. Nas médias gerais não notamos exceções, sendo os teores mínimos encontrados nos tratamentos deficientes, teor médio no tratamento completo e teores mais altos nos tratamentos que levaram excesso dos macronutrientes.

5. Resumo e conclusões.

No presente trabalho os nossos intuitos foram:

1 - Obter um quadro sintomatológico das deficiências e dos excessos dos macronutrientes;

2 - Constatar se os diversos tratamentos afetavam a constituição histológica das fôlhas;

3 - Verificar os efeitos da ausência, da presença e do excesso de N, P, K, Ca, Mg e S sobre o crescimento do cafeeiro;

4 - Verificar a interdependência dos macronutrientes e os teores mínimos e máximos encontrados no cafeeiro;

Para isso, cultivamos as plantas na estufa, em solução nutritiva, com três níveis de cada elemento.

1 - nível zero, em que não fornecemos um dos macronutrientes (-N, -P, -K, -Ca, -Mg, -S).

2 - nível normal, solução de HCAGLAND e ARNON(1950), contendo todos os elementos (N, P, R, Ca, Mg e S).

3 - nível de excesso, dose maior do que no nível normal, o que veio a ser: N = 602 p.p.m., P = 83 p.p.m., K = 1.000 p.p.m., Ca = 280 p.p.m., Mg = 240 p.p.m., S = 256 p.p.m.

C presente trabalho consta de 13 tratamentos com 4 repetições. O pH das soluções foi mantido entre 5,0-5,5; sendo as soluções renovadas semanalmente. A aeração foi contínua durante todo o experimento.

5.1. Sintomas de carência e de excesso.

(1) - Constatamos sintomas visuais bem característicos nos seguintes tratamentos: -N, -P, +P, -Ca, -Mg, -S e +S.

(2) - Nos tratamentos +N, -K, +K, os sintomas não

se apresentaram bem definidos.

5.2. Alterações anatômicas causadas devido à deficiência e excesso dos macronutrientes.

As alterações mais acentuadas ocorreram nos tratamentos +P, -Mg e +S. Os distúrbios ocorriam de um modo geral nos cloroplastos, principalmente na sua forma e no seu número. Nas células em que se manifestavam as alterações, os cloroplastos perdiam a cor verde, tornavam-se esmaecidos, aglutinavam-se, formando massas irregulares.

5.3. Mensuracões.

As deficiências e os excessos dos macronutrientes influíram no crescimento do cafeeiro na seguinte ordem para:

(1) - Pêso sêco das fôlhas.

Todos os tratamentos determinaram diminuição de pêso relativamente ao tratamento completo (51,8 g).

(2) - Pêso sêco do caule.

Todos os tratamentos determinaram diminuição de pêso em relação ao completo (13,7 g).

(3) - Pêso sêco da raiz.

Nos tratamentos -N, +N, +P, +K, -Ca, +Mg e -Mg era inferior ao tratamento completo (4,6 g), sendo que nos restantes apresentava-se mais elevado.

(4) - Pêso sêco de galhos.

Somente no tratamento +N notou-se pêso igual ao tratamento completo (4,5 g) sendo que nos tratamentos restantes era menor. Nos tratamentos -N e -Ca as plantas não apresentavam galhos.

(5) - Percentagem de fôlhas.

Todos os tratamentos apresentavam percentagem menor

do que no tratamento completo (67%).

(6) - Porcentagem de caule.

Nos tratamentos +S, +Ca, +P, -K e +N a porcentagem era menor do que no tratamento completo (21%), sendo que no restante dos tratamentos a porcentagem era mais elevada.

(7) - Porcentagem de raiz.

Somente o tratamento +N apresentava uma porcentagem menor de raiz do que o tratamento completo (7,5%). O restante dos tratamentos, apresentavam porcentagem maior de raiz.

(8) - Relação $\frac{\text{raiz}}{\text{D. aérea}} \times 100.$

Somente o tratamento +N apresentava uma relação menor do que a do tratamento completo (8), sendo que no restante dos tratamentos a relação era mais elevada.

5.4. Análises químicas.

5.4.1. Efeitos dos tratamentos sobre o teor percentual de N.

A - Fôlhas superiores.

(1) - Nos tratamentos +N, +P, -K e +S houve um aumento significativo em relação ao tratamento completo (3,06% N)

(2) - No tratamento -N houve uma diminuição significativa.

B - Fôlhas inferiores.

(1) - Nos tratamentos +N, +P e +S, constatamos um aumento significativo em relação ao tratamento completo (3,01% N).

(2) - No tratamento -N houve uma diminuição significativa.

C - Caule.

(1) - Nos tratamentos +N, +P e -K, constatamos um aumento significativo em relação ao tratamento completo (1,55% NO).

(2) - No tratamento -N, constatamos uma diminuição significativa.

D - Raíz.

Nos tratamentos +N, +P e +S, houve um aumento significativo em relação ao tratamento completo (2,20% N).

5.4.2. Efeitos dos tratamentos sobre o teor percentual de P.

A - Fôlhas superiores.

(1) - Nos tratamentos -N e +P constatamos um aumento significativo em relação ao tratamento completo (0,21% P).

(2) - No tratamento -P houve uma diminuição significativa.

B - Fôlhas inferiores.

(1) - No tratamento +P constatamos um aumento significativo em relação ao tratamento completo (0,31% P).

(2) - Os tratamentos -P e +K acusaram um aumento significativo.

C - Caule.

Somente o tratamento -P acusou uma diminuição significativa em relação ao tratamento completo (0,24% P).

D - Raíz.

Nos tratamentos +K e -S houve um aumento significativo em relação ao tratamento completo (0,39% P).

5.4.3. Efeitos dos tratamentos sobre o teor percentual de K.

A - Fôlhas superiores.

Somente o tratamento -K acusou uma diminuição signifi-

ficativa em relação ao tratamento completo (1,90% K).

B - Fôlhas inferiores.

(1) - Os tratamentos +K e -Mg acusaram um aumento significativo em relação ao tratamento completo (1,73% K).

(2) - No tratamento -K houve uma diminuição significativa.

C - Caule.

Sòmente o tratamento -K acusou uma diminuição significativa em relação ao tratamento completo (1,55% K).

D - Raiz.

Os tratamentos -N e -Mg acusaram um aumento significativo em relação ao tratamento completo (0,69% K).

5.4.4. Efeitos dos tratamentos sôbre o teor percentual de Ca.

A - Fôlhas superiores.

Sòmente o tratamento +S acusou uma diminuição significativa em relação ao tratamento completo (1,00% Ca).

B - Fôlhas inferiores.

Nenhum tratamento apresentou uma diferença significativa em relação ao tratamento completo (0,92% Ca).

C - Caule.

Igualmente não notamos nenhuma diferença significativa em relação ao tratamento completo (0,88% Ca).

D - Raiz.

Sòmente o tratamento -Ca, acusou uma diferença significativa em relação ao tratamento completo (1,03% Ca).

5.4.5. Efeitos dos tratamentos sôbre o teor percentual de Mg.

A - Fôlhas superiores.

(1) - Nos tratamentos -K e -Ca, notamos um aumento significativo em relação ao tratamento completo (0,25% Mg).

(2) - Sômente o tratamento -Mg, acusou uma diminuição significativa.

B - Fôlhas inferiores.

(1) - O tratamento -Ca apresentou um aumento significativo em relação ao tratamento completo (0,24% Mg).

(2) - O tratamento -Mg acusou uma diminuição significativa em relação ao tratamento completo.

C - Caule.

Os tratamentos -P, -Ca e +Mg, acusaram um aumento significativo em relação ao tratamento completo (0,14% Mg).

D - Raíz.

Sômente o tratamento -Ca acusou um aumento significativo em relação ao tratamento completo (0,11% Mg).

5.4.6. Efeitos dos tratamentos sôbre o teor percentual de S.

A - Fôlhas superiores.

Sômente o tratamento -S acusou uma diferença significativa em relação ao tratamento completo (0,22% S).

B - Fôlhas inferiores.

Nenhum tratamento apresentou uma diferença significativa em relação ao tratamento completo (0,23% S).

C - Caule.

Sômente o tratamento -S acusou uma diminuição significativa em relação ao tratamento completo (0,14% S).

D - Raiz.

(1) - Os tratamentos -N, -Mg e +S, apresentaram um aumento significativo em relação ao tratamento completo - 0,25% s).

(2) - O tratamento -S, acusou uma diminuição significativa.

5.5. Teores mínimos e máximos encontrados no cafeeiro.

Os teores mínimos e máximos encontrados nas folhas foram os seguintes:

Teores mínimos e máximos em % do elemento nos tratamentos

Elemento	Teor mínimo	Tratamento	Teor máximo	Tratamento
N	1,92	-N	4,31	+N
P	0,05	-P	0,43	-N
K	0,39	-K	2,67	+K
Ca	0,20	+S	1,67	-K
Mg	0,05	-Mg	0,80	-Ca
S	0,10	-S	0,25	+S

6. Summary and Conclusions.

The present work was carried out in order to study:

(1) the symptoms of deficiency and excess of macronutrients (N, P, K, Ca, S, Mg) in the coffee plant (Coffea m-bica L. var. Mundo novo);

(2) the modifications induced by those treatments in the histological make up of the leaves;

(3) the effects of deficiency and excess on the growth and in the chemical composition of the plants.

Young coffee plants were grown in nutrient solution, three treatments being used, namely: complete solution (HOAGLAND and ARNON, 1950), deficient solution, in which a given element was omitted, and solution with 5 times the concentration of the element under study.

The main conclusions can be summarized as follows.

6.1. Symptoms.

Clear certain symptoms of malnutrition were observed in the treatments: -N, -P, +P, -Ca, -Mg, -S and +S; the signals - and + stand respectively for deficient and excess level.

6.2. Histological effects.

The most definite alterations took place in the treatments +P, -Mg and +S. Usually the characteristics of the chloroplasts were affected: loss of the green color and coalescence into irregular bodies.

6.3. Measurements.

With respect to the "complete" plants, which showed a dry weight of the leaves of 51.8 gm, all the treatments

caused a decrease in this characteristic. The same happened with the dry weight of the stem (13.7 gm for the control). The dry weight of the roots was lower than 4.6 gm in treatments -N, +N, +P, +K, -Ca, +Mg and -Mg, being higher in the remaining; all treatments but +N decreased the dry weight of the branches below 4.5 gm.

The stem represented 21% of the total plant weight in the control or complete treatment; the percentage was decreased in treatments +S, +Ca, +P, -K and +N; in the others it was higher. +N treatment was the only one to show a decrease in the root per cent of the plant as compared to the complete treatment (7.5%); in the majority it was higher. The ratio (root/top) \times 100 was 8 in the normal or complete plants being higher in the other treatments but +N in which it was lower.

6.4. Chemical analyses.

6.4.1. Nitrogen content.

The upper leaves from plants given the complete treatment had 3.06% N; the absence of this element in the nutrient solution caused a decrease in the N content, whereas the treatments +N, +P, -K and +S did cause a significant increase. The older leaves showed nitrogen levels above 3.01% found in the control plants in treatments +N, +P and +S; here again in the -N plants the content was lower.

The stem of the control plants had 1.55% N; lower amount was found in the -N plants: higher level were registered in the +N, +P and -K treatments.

The treatments +N, +P and +S brought about a significant raise in the N level above the 2.20% of the "complete" plants.

6.4.2. Phosphorus content.

The upper leaves of the conventionally normal plants had 0.21% P; those from plants belonging to the -N and +P treatments had more; in the minus P treatment there was a decrease. The lower leaves showed 0.31% P; a significant increase above this level was found only in the +P plants; on the other hand the -P and +K plants had in their older leaves less than 0.31% P.

As far as the stem is concerned only in the -P treatment was found a P content different (lower) than the 0.24% P found in the control plants.

Roots from plants of the +K and -S treatments showed a phosphorus content above that registered in the complete treatment (0.39%).

6.4.3. Potassium content.

Treatment -K caused a significant decrease below the 1.90% level found in the control plants. Excess of potassium and deficiency of magnesium determined an increase in the K content of lower leaves (above 1.73% K); in the -K treatment there was a decrease. Potassium contents below 1.55% K were found only in the stem from -K plants. Treatments -N and -Mg caused a significant increase in the K content of the roots, 0.69% K being the normal level.

6.4.4. Calcium content.

Upper leaves from normal plants had 1.00% Ca; an increase was noted in the +S treatment. Lower leaves from all treatments showed around 0.92% Ca.

No definite variation was found in the calcium content of the stem (0.88%).

As far as root composition is concerned a significant decrease was found only in the -Ca treatment which gave an amount significantly below 1.03%Ca.

6.5. Magnesium content.

For the upper leaves the magnesium content in the complete treated plants was 0.25%; -K and -Ca treatments caused an increase; the opposite has been verified where magnesium was omitted from the nutrient solution (-Mg treatment). The -Ca treatment caused a significant increase in the magnesium content of the lower leaves (above 0.24% Mg); in the minus Mg treatment a decrease was noted.

Treatments -P, -Ca and +Mg caused an increase (above 0.14% Mg) in the Mg content of the stem.

When Ca^{++} was omitted from the nutrient solution an increase in the Mg content of the roots took place (above 0.11% Mg).

6.5.1. Sulfur content.

The minus S treatment brought about a decrease in the S content of the upper leaves whose "normal" level was 0.22% S. The lower leaves had in average 0.23% S.

In the stem only the -S treatment decreased the sulfur content below 0.14%.

Roots from plants grown in complete nutrient solution had 0.25% S; roots from -N, -Mg and +S treatments had more, whereas treatment -S decreased the sulfur content.

Lucy

7. Agradecimentos.

-98-

Agradecimentos são devidos a:

1 - Fundação Rockefeller (New York, U.S.A.) e Conselho Nacional de Pesquisas (R. Janeiro, Brasil), que forneceram o equipamento e o material que tornaram possível o presente trabalho.

2 - Professor Eurípedes Malavolta, catedrático de Química Orgânica e Biológica pela orientação geral e palavras de estímulo.

3 - Professor Walter Radamés Accorsi, catedrático de Botânica pela ajuda na parte de sua especialidade.

4 - Dr. Wreal Lester Lott, do IBEC Research Institute pelas determinações do enxôfre.

5 - Prof. Frederico Pimentel Gomes, catedrático de Matemática pela orientação na parte de estatística.

6 - Professor Tufi Coury, catedrático de Química Agrícola pelas facilidades dispensadas quanto à instalação, material e pessoal.

7 - Aos colegas Francisco A.F. de Mello e Moacyr O. Camponez do Brasil Sobr^o, pelas sugestões apresentadas na confecção do presente trabalho.

8 - Sr. Vinicius Ferraz, prático de laboratório, pela ajuda prestada na parte experimental.

9 - Sr. Alvaro P. Sêga, desenhista da E.S.A. "Luiz de Queiroz", pelas magníficas aquarelas.

10 - Sr. Antonio Dias de Souza, fazendeiro na região de Piracicaba, pelo genti^l oferecimento das mudas.

8. Bibliografia.

ACCORSI, W.R.

1949 - Características morfológicas, anatômicas e citológicas da epiderme inferior da folha das Rubiaceae, Lilloa, 26:5-59.

AVERNA-SACCÁ, R.

1926 - As manifestações pathológicas que acompanham o desenvolvimento da broca Stephanodores hampei Ferr. nos fructos ou nas sementes do cafeeiro, Publ. nº 15 da Secretaria da Agricultura, Comercio e Obras Públicas do Estado de São Paulo.

BAUMEISTER, W.

1952 - Mineralstoffe und Pflanzen wachstum, Verlag Von Gustav Fischer, Jena.

BRIEGER, F.G.

1946 - Limites unilaterais e bilaterais na análise estatística, Bragantia, 6:479-545.

BURR, G.O., C.E. Hartt, H.W. Brodie, T. Tanimoto, H.P. Kortschak, D. Takahashi, F.M. Ashton and R.F. Coleman

1957 - The sugar cane plant, Annual Rev. of Plant Physiology, 8:275-308.

CAMARGO, T.

1931 - Influência da relação potássio/azoto sobre o desenvolvimento do cafeeiro durante o primeiro período de vegetação, Boletim Technico nº 5, do Instituto Agronômico de Campinas.

CAMARGO, T., R. Bolliger, P.C.Mello

1929 - Sobre a influencia da concentração em iônios hydrogenio do meio de cultura sobre o desenvolvimento do cafeeiro (Coffea arabica L.), Boletim Technico nº 3, do Instituto Agronômico de Campinas.

CAMP, A.F. and M. Peech

1938 - Manganês deficiency in citrus in Florida, Proc. Am. Soc. Hort. Sci., 36:81.

CATANI, R.A., F.R. Pupo de Moraes

1958 - A composição química do cafeeiro, Revista da Agricultura, 33:45-52.

CHAPMANN, H.D. and S.M. Brown

1941 - The effects of sulfur deficiency on citrus, Hilgardia, 14:185-196.

CHAPMANN, H.D. and S.M. Brown

1941-a - The effects of phosphorus deficiency on citrus, Hilgardia, 14:161-175.

CIBES, H. and G. Samuels

1955 - Mineral deficiency symptoms displayed by coffee trees grown under controlled conditions, Agr. Exp. Sta. Univ. of Puerto Rico, Tech. paper 14.

- Haag
- CIBES, H. and G. Samuels
1957 - Mineral deficiency symptoms displayed by sweet potato plants grown under controlled conditions, Agr. Exp. Sta. Univ. of Puerto Rico, Tech. paper 20.
- CURTIS, O.F. and D.G. Clark
1950 - An introduction to Plant Physiology, Mc Graw-Hill Book Company, New York.
- DARCEL, W.F.
1953 - Investigations in citrus production, with special reference to the nutrition of the crop, World Crops, 5:153
- DAFERT, F.W.
1899 - Erfahrungen über rationelle Kaffeebau, Verlagshuch handlung Paul Parey, Berlin.
- DAFERT, E.W., T. Braga
1892 - Sobre as substâncias minerais do cafeeiro. Coleção dos trabalhos agrícolas extraídos dos relatorios anuais de 1888-1893 do Instituto Agrônomico de Campinas, pag. 183-200.
- DILLEWIJN, C.
1952 - Botany of Sugar Cane, The Chronica Botanica Co. Mass., U.S.A.
- DROSDOFF, M. and D.C. Nearpass
1948 - Quantitative microdetermination of magnesium in plant tissue and soil extracts, Analytical Chemistry, 20:673-674.
- EATON, S.V.
1949 - Effects of phosphorus deficiency on growth and metabolism of sunflower, The Botanical Gazette, 110:438-49.
- ECKSTEIN, O., A. Bruno, J.N. Turrentine
1937 - Kennzeichen des Kalimangels, Verlagsgesellschaft für Ackerbau, Berlin.
- EICHINGER, A.
1955 - Zum „Antagonismus von Calcium und Magnesium, Z. Pflanzenernahrung Düngung Bodenkunde, 70:249.
- EVANS, C.E., D.J. Lathwell and H.J. Mederski
1950 - Effect of deficient or toxic levels of nutrients in solution on foliar symptoms and mineral content of Soybean leaves as measured by spectrographic methods, Agronomy Journal, 42:25-32.
- FRANCO, C.M., H.C. Mendes
1949 - Sintomas de deficiências minerais no cafeeiro, Bragantia, 9:165-173.
- HAARER, A.E.
1956 - Modern coffee production, Leonard Hill Limited, London.
- HARTMANN, H. T. and J.G. Brown
1953 - The effect of certain mineral deficiencies on the growth, leaf appearance and mineral content of young olive trees, Hilgardia, 22:119-30.

- HAYNES, J.L. and W.R. Robbins
1948 - Calcium and Boron as essential factors in the not environment, J. Amer. Soc. Agron., 40:795-803.
- HERSHBERG, L.
1954 - Leaf composition in relation to nitrogen and phosphorus requirements of citrus trees in Israel, Plant Analysis and Fertilizer Problems, pag. 191-201, VIII Congress International de Botanique, Paris.
- HOAGLAND, D.R., D.I. Arnon
1950 - The water-culture method for growing plants without soil. Calif. Agr. Exp. Sta., Berkeley, Calif., Circ. 347.
- JACOB, A.
1955 - KALI-gewinnung und anwendung der Kali DÜNGE-SALZE, Verlag J. NEUMANN-NEUDAMM, MELSUNGEN.
- JOHNSON, C.M., and H. Nishita
1952 - Microestimation of sulfur in plant materials, soils, and irrigation waters, Analytical Chemistry, 24:736-741.
- KALRA, G.S.
1956 - Responses of the tomato plant to calcium deficiency, The Botanical Gazette, 118:18-37.
- LIBBERT, E.
1953 - Die Wirkung der Alkali - und Erdalkali-Ionen auf der Wurzel wachstum unter besonderer Berücksichtigung des Ionenantagonismus und seiner Abhängig Mit von Milieufaktoren, Planta, 41:396.
- LOOMIS, W.E.
1953 - Growth and differentiation in plants, The Iowa State College Press, Ames, Iowa.
- LOTT, W.L., J.P. Nery, J.R. Gallo, J.C. Medcalf
1956 - A tecnica de analise foliar aplicada ao cafeeiro, Boletim nº 79 do Instituto Agronomico de Campinas.
- LOUÉ, A.
1957 - Studies on the inorganic nutrition of the coffee tree in Ivory Coast, Publ. pelo International Potash Institute, Berne, Switzerland.
- LOUÉ, A.
1957-a - La nutrition minerale du cafeier en cote D'ivoire, Centre de Rec. Agron. de Bingerville, A.C.F.
- LUNDEGÅRD, H.
1954 - Physiological aspects on tissue analysis as a guide to soil fertility, Plant Analysis and fertilizer problems, pag. 1-7, VIII Congrès International de Botanique, Paris.
- LUNDEGÅRD, H.
1951 - Leaf analysis, Hilger and Watts Ltd., London.
- MALAVOLTA, E.
1952 - Estudos químico-agrícolas sobre o enxofre, Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Separata nº 162, Piracicaba

MALAVOLTA, E., T.Coury

1954 - Apostila de prática. de Química Agrícola, Centro Acadêmico "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

MALAVOLTA E.

1957 - Práticas de Química Orgânica e Biológica, Centro Acadêmico "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

MALAVOLTA, E., F.Pimentel Gomes e T.Coury

1958 - Estudos sobre a alimentação mineral do cafeeiro (Coffea arabica L., var. Bourbon vermelho) - I Resultados preliminares, Boletim nº 14 - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

MALAVOLTA, E., J.D.P. Arzolla, H.P.Haag, T.Coury

1957 - Absorção de ureia pelas folhas de cafeeiros (Coffea arabica L., var. Bourbon vermelho) em condições de campo, Tese aprovada no VI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Bahia.

MENARD, L.N.

1956 - Efeitos do fósforo e de alguns micronutrientes no crescimento e composição química do cafeeiro (Coffea arabica L., var. Caturra, K.M.C.) cultivado em solução nutritiva, Tese de doutoramento - 64 pag. mimeografados, Piracicaba.

MENARD, L.N., E.Malavolta

1957 - Absorção e distribuição do fósforo radioativo no cafeeiro (Coffea arabica L., var. Caturra, K.M.C.), Tese aprovada no VI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Bahia.

MEYER, B.S. and D.B. Anderson

1952 - Plant Physiology, D.Van Nostrand Company, New York, U.S.A.

MILLER, E.V.

1957 - Chemistry of Plants, Reinhold Publishing Corporation, New York, U.S.A.

PECKOLT, T.

1884 - Historia das plantas alimentares e de gozo do Brasil, Vol. X, Eduard e H. Laemment, Rio de Janeiro.

PIMENTEL-GOMES, F.

1955 - Curso de estatística experimental, I parte, Centro Acadêmico "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

PIRSON, A.

1955 - Functional aspects in mineral nutrition of green plants, Annual Review of Plant Physiology, 6:71-114.

PREVOT, P. et M. Ollagnier

1954 - Diagnostic foliaire du palmier e huile et de l'arachide, XVIII Congrès International de Botanique, Paris.

REUTHER, W., P.F. Smith

1954 - Leaf analysis as a guide to the nutritional status of orchard trees, Plant Analysis and Fertilizer Problems, pag. 166-80, VIII Congrès International de Botanique, Paris.

- SMITH, P.F., W. Reuther, A.W. Specht and G. Hrneciar
1954 - Effect of differential nitrogen, potassium and magnesium supply to young valencia orange trees in sand culture on mineral composition especially of leaves and fibrous roots, *Plant Physiology*, 29:349-355.
- SOROKIN, H. and A.L. Sommer
1940 - Effects of calcium deficiency upon the roots of *Pisum sativum*, *American Journal of Botany*, 27:308-318.
- STRENGE, H.V.
1954 - Kaffee - Anbau und Dungung, *Rhur-Stickstoff, Bochum*.
- SUZUKI, K., M. KENJO
1936 - Rept. Govt. Sugar Expt. Sta. Tainan, 3:40-58, Formosa.
- THOMAS, M.D.
1958 - *Handbuch Der Pflanzenphysiologie*, Vol. IX, SPRINGER-VERLAG, Berlin.
- THOMAS, M.D.H., H.R. Hendricks, G.R. Hill
1950 - Sulfur metabolism in alfalfa, *Soil Science*, 70:19.
- THOMPSON, L.M.
1957 - *Soils and Soil Fertility*, second ed., Mc Graw-Hill book Company, Inc., N.Y.
- VILLALOBOS-DOMINGUEZ, C., J. Villalobos
1947 - *Atlas de los colores*, Libreria El Atenes, Buenos Aires - Argentina.
- WENT, F.W.
1957 - *The experimental control of plant growth*, Chronica Botanica Company, Mass., U.S.A.
- WEDIN, W.F. and B.E. Struckmeyer
1958 - Effects of chloride and sulfate ions on the growth, leaf burn, composition and anatomical structure of tobacco (*Nicotiana tabacum* L.), *Plant Physiology*, 33:133-39.
- YUEN, Q.H., R.J. Borden
1937 - Chemical analyses as an aid in the control of nitrogen fertilization, *Haw. Plant Rec.*, 41:353-383.