

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA
"LUIZ DE QUEIROZ"

**CARÊNCIAS COMBINADAS DE MACRONUTRIENTES
EM ALGODOEIRO (*Gossypium hirsutum* L.,
var. IAC RM3)**

Tese apresentada para a obtenção do título
de "Magister Scientiae"

FELIX FREITEZ PEREZ
Doutor em Farmácia
Venezuela

PIRACICABA - SÃO PAULO - BRASIL
1967

ERRATA

<u>Página</u>	<u>Junho</u>	<u>Onde se lê</u>	<u>Deve-se</u>
3	13	Agrícola nº 3(1962);...	Agrícola nº 8 da COMPA- NIA BRASILEIRA DE FORA- SA E ADUOS(1962);...
3	17	, também explica	também explica com minu- ciocidade ...
3	18	das culturas	da cultura
4	22	f) e assim por diante	f) em apoio a essas afir- mações, alguns fatos po- dem-se mencionar.
8	23	...+ 1,81g $MnCl_2 \cdot 4H_2O$ +...	...1,81g $MnCl_2 \cdot 4H_2O$...
13	20	... adaxial,	... abaxial ; ...
16	5	... e $MnCl_2$ deram ...	e $MnCl_2$ não deram
22	4	... absorção ...	translocação ...
35	7	N, K e S, ...	N, K, Mg e S ...
35	17	<u>Deficiência</u>	<u>Deficiente</u>
42	17	<u>Folhas</u>	<u>Folhas</u>

À memória de Chinto, o meu irmão.

AGRADECIMENTOS

Foi possível realizar o presente trabalho graças à colaboração e meios facilitados pelo Centro Experimental de Estudios Superiores (CEDES), Barqto., Estado Lara, Venezuela, e a Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da U.S.P., Piracicaba, S.P., Brasil.

Agradeço ao Professor Catedrático Euripedes Malavolta pela orientação e apóio durante as diferentes fases do desenvolvimento do presente trabalho.

Ao Professor Francisco Toledo pela colaboração na parte estatística.

A todos aquêles docentes, colegas e amigos que com suas críticas e sugestões contribuíram para a execução dêste trabalho.

Í N D I C E D A M A T É R I A

I

	Pág.
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
3 - MATERIAIS	6
3.1 - Sementes utilizadas	6
3.2 - Cultivo das plantas	6
4 - MÉTODOS	6
4.1 - Transplante	6
4.2 - Tratamentos	7
4.3 - Colheita	9
4.4 - Análise química	9
4.5 - Análise estatística	10
5 - RESULTADOS	11
5.1 - Sintomas de carência	11
5.1.1. - Plantas da série completa (testemunha)	11
5.1.2. - Carência de nitrogênio	11
5.1.3. - Carência de fósforo	11
5.1.4. - Carência de potássio	11
5.1.5. - Carência de cálcio	12
5.1.6. - Carência de magnésio	12
5.1.7. - Carência de enxofre	12
5.1.8. - Carência de nitrogênio e fósforo	13
5.1.9. - Carência de nitrogênio e potássio	13
5.1.10.- Carência de nitrogênio e cálcio	13
5.1.11.- Carência de nitrogênio e magnésio	13
5.1.12.- Carência de nitrogênio e enxofre	14
5.1.13.- Carência de fósforo e potássio	14
5.1.14.- Carência de fósforo e cálcio	14
5.1.15.- Carência de fósforo e magnésio	14
5.1.16.- Carência de fósforo e enxofre	14
5.1.17.- Carência de potássio e cálcio	14
5.1.18.- Carência de potássio e magnésio	15
5.1.19.- Carência de potássio e enxofre	15
5.2.- Análise foliar	15
6 - DISCUSSÃO	17
6.1 - Efeitos dos tratamentos simples e combinados sobre o teor percentual de macronutrientes	17
6.1.1 - Nitrogênio	17
6.1.1.1 - Folhas superiores	17
6.1.1.2 - Folhas inferiores	19
6.1.2 - Fósforo	19
6.1.2.1 - Folhas superiores	19
6.1.2.2 - Folhas inferiores	21
6.1.3 - Potássio	22
6.1.3.1 - Folhas superiores	22
6.1.3.2 - Folhas inferiores	23
6.1.4 - Cálcio	24
6.1.4.1 - Folhas superiores	24
6.1.4.2 - Folhas inferiores	26
6.1.5 - Magnésio	26
6.1.5.1 - Folhas superiores	26
6.1.5.2 - Folhas inferiores	27

6.1.6 - Enxôfre	27
6.1.6.1 - Fôlhas superiores	27
6.1.6.2 - Fôlhas inferiores	28
6.2 - Efeito dos tratamentos simples e combina-- dos, sôbre o teor porcentual de macronutri entes em relação à posição das fôlhas	29
6.2.1 - Nitrogênio	29
6.2.2 - Fôsforo	29
6.2.3 - Potássio	29
6.2.4 - Cálcio	31
6.2.5 - Magnésio	31
6.2.6 - Enxôfre	31
6.3 - Efeito dos tratamentos simples e combina-- dos sôbre a porcentagem de peso sêco	31
6.3.1 - Fôlhas superiores	31
6.3.2 - Fôlhas inferiores	32
6.3.3 - Fôlhas superiores e inferiores	32
7 - CONCLUSÕES	33
8 - RESUMO	39
9 - LITERATURA CITADA	43

ÍNDICE DAS TABELAS

4-1 Composição das soluções nutritivas (ml/l de solução nutritiva)	8
5-1 Médias dos teores de macronutrientes nas fô lhas superiores	18
5-2 Médias dos teores de macronutrientes nas fô lhas inferiores	20
5-3 Médias dos teores de macronutrientes nas fô lhas superiores e inferiores	30

O algodoeiro é fonte de uma das matérias-primas de grande importância no mercado internacional, que interessa a mais de quarenta países exportadores e pelo menos cinquenta e sete nações importadoras; esta circunstância leva a pensar na competição pela obtenção de novas fibras que compitam vantajosamente na economia algodoeira.

A produção de algodão é um dos fatores positivos na balança econômica do Brasil, e portanto, é desejável promover a cooperação na solução de problemas de tipo cultural ou seja, de produção.

Nestes últimos vinte e cinco anos, registraram-se, em vários países, ganhos espetaculares, na produtividade, graças a aplicação de processos ou sistemas de produção considerados autêntica revolução tecnológica: variedades melhoradas, adubação, tratamentos culturais diversos, combate às pragas e moléstias.

✓ Em muitas regiões algodoeiras não há dúvida que a pobreza do solo constitui fator limitante da produção. Ela pode ser reconhecida através de métodos diversos, entre os quais está a diagnose visual das deficiências que dá informações sobre as necessidades dos elementos minerais do ponto de vista qualitativo. Depois, através da análise química das folhas, pode-se obter dados que permitam confirmar ou não a diagnose visual.

Pelo presente trabalho, será possível ampliar o quadro sintomatológico das deficiências no algodoeiro, permitindo identificar carências que podem surgir nas condições naturais da cultura. É frequente ou possível que um determinado solo apresente diminuição na disponibilidade de mais de um elemento nutritivo. O conhecimento do quadro sintomatológico das deficiências combinadas, é, portanto, útil para fins de diagnose. A análise do ma-

terial é, por sua vez, um subsídio dos mais úteis para a identificação dessas deficiências.

Os sintomas de deficiências minerais no algodoeiro, bem como as alterações correspondentes na anatomia e na composição das plantas, estão descritos em uma ampla literatura. Assim, por exemplo, MALAVOLTA et al. (1964), dá a conhecer muita informação relacionada com as necessidades minerais desta malvacea, e os efeitos que sobre ela exercem os macro e micronutrientes. Um trabalho de SARRUGE et al. (1961), explica um ensaio instalado no Campo Experimental da Seção Técnica da Química Agrícola da E.S.A. "Luiz de Queiroz", U.S.P., Piracicaba, S. Paulo, em solo arenoso, e que trata sobre a marcha de absorção dos macronutrientes pelo algodoeiro e de terminar assim, os períodos da vida da planta em que é mais acentuada a necessidade de nutrientes. No Boletim Agrícola nº 8 (1962), mencionam-se os sintomas produzidos pela carência de N, P e K, e como corrigi-los mediante a aplicação de adubos. DONALD (1964), também explica sobre as necessidades minerais das culturas. MENDES (1959) obteve os sintomas ocasionados pela carência de macronutrientes, num ensaio realizado com soluções nutritivas; MENDES (1960), determinou a quantidade de minerais absorvidos pelo algodoeiro durante o ciclo vegetativo todo. Ainda MENDES (1965), fala de generalidades sobre nutrientes minerais, e dá uma chave para identificação dos sintomas de deficiências.

Tôdas as informações encontradas dizem respeito, porém, às alterações provocadas pela falta no solo - ou pela omissão em condições controladas - de um elemento por vez.

Nas condições naturais, isto é, nas condições de campo, é porém, frequente ocorrer ao mesmo tempo falta real ou diminuição na disponibilidade de dois ou mais elementos. Essa afirmação se baseia nos seguintes fatos:

a) a matéria orgânica do solo representa

a fonte mais importante de N e S para as plantas, sendo tais elementos libertados na forma, respectivamente, de nitrato e sulfato, como consequência do processo de mineralização; segue-se daí que não se processando a mineralização, deverá diminuir a disponibilidade daqueles dois elementos, embora isso não deve ocorrer em igual proporção (ver THOMPSON, 1957).

b) a mesma consideração é válida até certo ponto com relação ao fornecimento de fósforo.

c) nos solos ácidos pode-se esperar que ocorra falta simultânea de K e Ca, K e Mg, Ca e Mg, ainda que êsses catiônios sejam absorvidos com diferentes forças de ligação (WEIR, 1949).

d) uma diminuição na tensão de oxigênio na atmosfera do solo determinará menor produção de nitratos segundo TISDALE (1956) e dificultará a absorção do K existente na solução do solo ou trocável (LAWTON, 1945).

e) a falta de umidade, reduzindo a atividade microbiana, fêz baixar a intensidade de mineralização do nitrogênio orgânico; diminui consideravelmente a absorção do Mg (COURY, 1954).

f) e assim por diante.

Por outro lado são muitos efeitos intermédios no que tange à absorção pelas raízes; SCHÜTTE (1964) menciona vários efeitos estimulantes do N sobre o P e Mg; do Mg sobre o P; a influência do Ca na absorção dos macronutrientes em condições de pH baixo é conhecida desde o trabalho clássico de ARNON & JOHNSON (1942).

Uma demonstração, última e evidente, de que os solos em geral necessitam de mais de um elemento e que, portanto, mais de um elemento se ache em falta, está no fato de que a proporção de N, P₂O₅ e K₂O consumidos mundialmente em adubação se aproxima de 1:1:1.

Justifica-se, por isso, a preocupação de estudar o efeito da deficiência de dois elementos na -- planta.

3 - MATERIAIS

3.1 - Sementes utilizadas

Sementes de algodoeiro (Gossypium hirsutum L., var. IAC RM3), previamente deslintadas com ácido sulfúrico comercial e tratadas depois com Abavit-Nôvo em quantidades indicadas para a sua desinfecção externa, foram semeadas em vermiculita sendo irrigadas diariamente com água destilada.

3.2 - Cultivo das plantas

A germinação iniciou-se aos quatro dias -- após a sementeira; nove dias depois, as plantinhas apresentavam cerca de 7 cm de altura.

4 - MÉTODOS

4.1 - Transplante

Obtidas as mudas conforme se mencionou em 3.1-, foram elas transplantadas depois da lavagem cuidadosa de suas raízes, para tanques de fôlha de 18 litros de capacidade, pintados internamente com tinta neutra, contendo solução nutritiva, modificada, de HOAGLAND & ARNON --- (1950) diluída a um quinto (1/5), na proporção de 4 litros e meio por planta.

<u>Solução de reserva</u>		<u>Solução de trabalho</u>
KH_2PO_4	1M	0,2 ml/l
KNO_3	1M	1,0 ml/l
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	1M	1,0 ml/l
MgSO_4	1M	0,4 ml/l
Fe-EDTA		0,2 ml/l
Micronutrientes		0,2 ml/l

O arejamento das soluções foi contínuo por meio de um compressor.

Sete dias após o transplante, foram transferidas as mudas para a solução nutritiva, modificada, de HOAGLAND & ARNON (1950) diluída à metade. Depois de vegetarem aí cerca de 7 dias, foram transferidas para os diferentes tratamentos.

4.2 - Tratamentos

Foram os seguintes, com 4 repetições:

<u>Série</u>	<u>Solução nutritiva</u>
1ª	Completa
2ª	Sem N
3ª	Sem P
4ª	Sem K
5ª	Sem Ca
6ª	Sem Mg
7ª	Sem S
8ª	Sem N P
9ª	Sem N K
10ª	Sem N Ca
11ª	Sem N Mg
12ª	Sem N S
13ª	Sem P K
14ª	Sem P Ca
15ª	Sem P Mg
16ª	Sem P S
17ª	Sem K Ca
18ª	Sem K Mg
19ª	Sem K S

A composição das soluções se acha na Tabela 4-1. Os diversos tratamentos foram distribuídos ao acaso. O grande número de tratamentos e as limitações de espaço, obrigaram a conduzir o ensaio em duas etapas, a primeira com 11 tratamentos e a segunda com o resto.

Durante o transcorrer do ensaio, os tanques permaneceram em casa de vegetação; diariamente completava-se o volume de solução (18 litros) com água destilada. O pH das soluções recém-preparadas foi de 6 - 6,5,

T A B E L A 4-1. - Composição das soluções nutritivas (ml/l de solução nutritiva)

Tratamento	KH ₂ PO ₄		KNO ₃		Ca(NO ₃) ₂		MgSO ₄		MN*		NaH ₂ PO ₄		CaCl ₂		KCl		NH ₄ NO ₃		MgCl ₂		Na ₂ SO ₄	
	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
1. Completo	1	5	5	5	5	2	2	2	2	2	1	5	5	5	5	5	5	2,5	2	2	2	2
2. -N	1	-	-	-	-	2	2	2	2	2	-	5	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-
3. -P	-	5	5	5	5	2	2	2	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4. -K	-	-	-	-	-	2	2	2	2	2	1	-	-	-	-	-	-	2,5	-	-	-	-
5. -Ca	1	5	5	5	5	2	2	2	2	2	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	2
6. -Mg	1	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
7. -S	1	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8. -NP	-	-	-	-	-	2	2	2	2	2	-	5	5	5	6	-	-	-	-	-	-	-
9. -NK	-	-	-	-	-	2	2	2	2	2	1	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-
10. -Nca	1	-	-	-	-	2	2	2	2	2	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-
11. -NMg	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	2
12. -NS	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	2
13. -PK	-	-	-	-	5	2	2	2	2	2	-	-	-	-	-	-	2,5	-	-	-	-	-
14. -PCa	-	5	-	-	-	2	2	2	2	2	-	-	-	-	1	-	5	-	-	-	-	-
15. -PMg	-	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	2
16. -PS	-	5	5	5	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	2
17. -KCa	-	-	-	-	-	2	2	2	2	2	1	-	-	-	-	-	7,5	-	-	-	-	-
18. -KMg	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	2,5	-	-	-	-	2
19. -KS	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	2,5	-	-	-	-	-

(*) MN: solução de micronutrientes a) 2,86g H₃BO₃ + 1,81g MNCl₂·4H₂O + 0,22g ZnSO₄·7H₂O + 0,08g CuSO₄·5H₂O + 0,02g H₂MoO₄·H₂O em 1 litro d'água, usando-se 1 ml/l; b) 0 ferro (ferroso), foi adicionado na forma de EDTA-Fe (sal ferroso do ácido etileno diamino tetra acético), usando-se 1 ml/l da solução.

sem contrôlê artificial posterior para a estabilização do mesmo durante o decorrer do ensaio.

O ensaio teve a duração total de 3 meses a partir da sementeira para cada etapa, sendo as soluções nutritivas mensalmente substituídas por novas. Só foi necessário uma substituição em cada etapa uma vez que os sintomas visuais apareceram aos 40 dias ao máximo.

4.3 - Colheita

As plantas foram colhidas quando os sintomas estavam nítidos e foram divididas em 8 partes:

- 1) flôres e frutos
- 2) fôlhas superiores (da metade dos nós para cima)
- 3) fôlhas inferiores (da metade dos nós para baixo)
- 4) caule superior
- 5) caule inferior
- 6) galhos superiores
- 7) galhos inferiores
- 8) raízes

Procedeu-se depois à pesagem de cada parte, do material fresco; juntou-se as partes correspondentes de 2 plantas num todo, e então pesou-se o material, sêco em estufa com circulação forçada, 70-80°C. A seguir fêz-se a trituração em micro moinho Wiley.

Pouco antes da colheita procedeu-se às descrições dos sintomas de deficiências de macronutrientes.

4.4 - Análise química

Os métodos químicos empregados na análise das fôlhas foram os seguintes:

- a) Nitrogênio-método micro Kjeldahl modificado, citado por MALAVOLTA (1957);

- b) Fósforo-método vanado-molibdico (LOTT et al., 1956);
- c) Potássio-determinado por fotometria de chama (MALAVOLTA, 1964);
- d) Cálcio-método de volumetria ou EDTA (GLÓRIA et al., 1965);
- e) Magnésio-método de volumetria ou EDTA (GLÓRIA et al., 1965);
- f) Enxôfre-método gravimétrico (TOTH et al., 1948).

As determinações de P, K, Ca, Mg e S foram feitas a partir dos extratos nítricos-perclóricos.

4.5 - Análise estatística

Os dados analíticos foram submetidos à análise estatística para se determinar o significado das variações encontradas (PIMENTEL GOMES, 1966).

5 - RESULTADOS

5.1 - Sintomas de carência

5.1.1 - Plantas da série completa (testemunha)

Como se realizou a cultura do algodoeiro em tanques de 18 litros para cada 4 plantas, as plantas não atingiram um desenvolvimento exuberante. Porém, pode-se dizer que lograram um crescimento que se pode considerar normal do ponto de vista do vigor vegetativo, florescimento e frutificação.

5.1.2 - Carência de nitrogênio

Porte baixo como resultado de internódios curtos, caule mais delgado do que o da testemunha, ausência de ramos vegetativos, poucas flôres e acentuada queda das maçãs eventualmente formadas. As fôlhas apresentam clorose, ao princípio uniforme na planta tôda, com manchas avermelhadas na base do limbo; a clorose foliar agrava-se nas fôlhas mais velhas e as manchas antes citadas, tornam-se pardacentas.

5.1.3 - Carência de fósforo

Porte baixo - tipo plantas anãs - caule delgado e verde, poucos botões florais. Além da paralização do crescimento, as plantas apresentam intensa coloração verde nas fôlhas, com manchas pardacentas nos bordos das mais novas, sobretudo no ápice. As manchas secam e desenvolvem-se aos poucos em direção à base do limbo e fazem as fôlhas se enrolarem para cima.

5.1.4 - Carência de potássio

Porte baixo - metade do da testemunha - com o caule mais delgado, alguns botões florais. As fôlhas apresentam coloração verde claro (verde limão), com as nervuras levemente proeminentes e de côr verde escuro; manchas necróticas vermelho-pardacentas disseminadas pelo limbo, perto das nervuras; as manchas intercostais unem-se com o progresso da carência de potássio, sobretudo nas fôlhas inferiores. Crestamento dos bordos para baixo, aumen-

tando para o interior do limbo e incidindo com as regiões necróticas; a fôlha é quebradiça e cai facilmente.

5.1.5 - Carência de cálcio

Porte considerado por volta de um terço (1/3) do da testemunha; quer dizer, há uma paralização do desenvolvimento das plantas; caule fino com coloração vermelha; ausência de ramos vegetativos e frutíferos e de botões florais. Em geral, as plantas apresentam-se murchas, com a queda das fôlhas mais velhas, permanecendo, então, poucas fôlhas na parte superior (3, no máximo 4 fôlhas). Similares sintomas passaram a se apresentar nos tratamentos -N Ca, -P Ca, -K Ca, possivelmente devido à influência da carência de Ca. Observa-se a curvatura e colapso dos pecíolos.

5.1.6 - Carência de magnésio

Porte quase igual ao da testemunha, com caule verde claro; alguns ramos frutíferos com poucas flores, e com queda das maçãs eventualmente formadas. Regular produção de fôlhas: as mais novas, sem brilho, de cor verde escuro margeando as nervuras, e verde limão no limbo nos espaços entre as nervuras; as mais velhas, apresentam, no limbo clorótico, uma coloração vermelha, acentuando-se em direção aos bordos; estes, num estágio mais avançado, apresentam zonas mais necróticas. A fôlha, geralmente, enrola-se para cima. Há uma super brotação de fôlhas no caule inferior (por volta do 1º ao 2º nó). Observe-se que o pecíolo, ao ser pressionado entre os dedos, não oferece a resistência característica do pecíolo sadio, dando uma sensação de tecido frouxo.

5.1.7 - Carência de enxôfre

Porte reduzido à metade do da testemunha; caule grosso e verde; pouca produção de botões florais com pequena frutificação. As fôlhas, número regular, apresentam-se de cor verde limão - ao princípio, só as fôlhas do broto terminal mas, depois, progride rapidamente para as mais velhas ou inferiores, onduladas, com pequenas manchas necróticas e sempre em forma de colher nos estágios mais avançados.

çados da carência do elemento. O caule todo, especialmente a zona inferior, apresenta pequenas fôlhas (superbrotações das gemas vegetativas). Note-se a formação de 2 ramos vegetativos no 1º nó (de baixo para cima).

5.1.8 - Carência de nitrogênio e fósforo

Porte raquítico, reduzido profundamente, caule delgado, pequeno e aparentemente sem clorofila, de cor amarelo pardacenta em baixo, e vermelha em cima, com internódios inferiores compridos. Fôlhas: as superiores, verde claras, apresentam sintomas característicos da carência de nitrogênio, com manchas avermelhadas na sua base; em geral encontram-se 4-6 fôlhas por planta. As fôlhas inferiores, também de cor verde um pouco mais clara, com os bordos apresentando manchas necróticas (sêcas). O pecíolo amarelo limão, mais avermelhado na região adaxial. O limbo, da mesma cor, torna-se avermelhado com manchas necróticas. Disseminadas pelo limbo, nota-se um grande número de pequenas manchas necróticas avermelhadas com o seu centro claro. Num estágio mais avançado, o pecíolo está vermelho, mais claro na região adaxial, e as fôlhas com tonalidades avermelhadas.

5.1.9 - Carência de nitrogênio e potássio

Porte reduzido, caule delgado, com escassez ou ausência de ramos vegetativos e frutíferos. Fôlhas: as mais novas com sintomas quase iguais aos da carência de N e as mais velhas, lembrando a carência de K; são avermelhadas com faixas verdes margeando as nervuras, e manchas vermelhas na sua base. Depois, a fôlha fica quase avermelhada, seca e cai. O pecíolo é avermelhado.

5.1.10 - Carência de nitrogênio e cálcio

Ver 5.1.5- .

5.1.11 - Carência de nitrogênio e magnésio

Porte um terço do da testemunha, caule avermelhado, com escassez ou ausência de botões florais. Poucas fôlhas (e só na parte superior), de cor verde igual ao da testemunha, mas sem turgidez.

5.1.12 - Carência de nitrogênio e enxôfre

Porte reduzido à metade do da testemunha, caule avermelhado, sem ramos vegetativos ou frutíferos; as poucas fôlhas encontradas são de côr verde, no caso das -- mais novas com manchas avermelhadas na base às vêzes com pontuações vermelhas no limbo; as fôlhas inferiores secam e caem. O pecíolo é avermelhado.

5.1.13 - Carência de fósforo e potássio

Porte raquítico, reduzido, caule delgado, pouca produção de botões florais. Fôlhas verde intensa com manchas pardas nos bordos das mais novas; as manchas ficam necróticas e com aspecto ferruginoso. No limbo observam-se também as manchas citadas. A necrose, após invadir o limbo, continua em direção à base. A fôlha enrola-se para cima (como na carência de P). As fôlhas inferiores não apresentam manchas necróticas. O pecíolo é avermelhado-pardacento.

5.1.14 - Carência de fósforo e cálcio

Ver 5.1.5 - .

5.1.15 - Carência de fósforo e magnésio

Porte reduzido a um quarto do da testemunha, caule avermelhado, com escassez de botões florais. Poucas fôlhas, de côr verde igual à testemunha, mas com menos turgidez. As fôlhas velhas apresentam-se com zonas necróticas no limbo; com o progresso da carência, secam e caem. O pecíolo é quase vermelho.

5.1.16 - Carência de fósforo e enxôfre

Porte baixo, alguns botões florais; as fôlhas não cloróticas, com manchas pardacentas, secam pelos bordos e apresentam gradativamente forma de colher ou seja, limbo foliar côncavo na região adaxial. O tecido mesofilar desaparece em partes deixando regiões translúcidas. Pequenas manchas no limbo. Os pecíolos inferiores são quase vermelho.

5.1.17 - Carência de potássio e cálcio

5.1.5 - .

5.1.19 - Carência de potássio e magnésio

Porte reduzido a um terço do da testemunha, caule verde, escassez de botões florais. Número regular de fôlhas; as mais novas, com as suas nervuras verdes em relevo e ~~descoloração~~ do limbo nos espaços internervais; algumas fôlhas com pequenas manchas avermelhadas ou então, com zonas necróticas no limbo. As fôlhas velhas secam, enrolam-se para cima e caem; o seu tecido é quebradiço. O pecíolo é avermelhado na parte superior e dá sensação de tecido -- frouxo, como foi observado na carência de Mg. Os internódios inferiores são compridos e os restantes curtos.

5.1.19 - Carência de potássio e enxôfre

Porte reduzido, caule raquítico, com alguns botões florais. Fôlhas abundantes: as mais novas com tonalidades amarelo verde limão nas regiões intercostais, e o limbo ondulado entre nervuras. As fôlhas de posição intermediárias, de cor verde claro, e na região abaxial, entre nervuras secundárias, o limbo torna-se proeminente. As fôlhas inferiores, amarelas na região adaxial do limbo, -- deixam só as suas nervuras verdes. Na página abaxial, a clorose não é brilhante ou seja, é esmaccida. Ainda, as fôlhas mais inferiores apresentam manchas necróticas nas regiões intercostais do limbo, as quais crescem e reúnem-se formando uma só região necrótica. Os bordos do limbo tornam-se -- necrosados e enrolam-se para cima. Alguns pecíolos cloróticos, com lesões necróticas e manchas avermelhadas.

5.2 - Análise foliar

Analísaram-se as fôlhas superiores e inferiores no final do ensaio. Assim, foram dosados N, P, K, -- Ca, Mg e S.

Os resultados, médias de 2 repetições a -- fim de serem analisados estatisticamente pelo teste Tukey, após dar significativo pelo teste F, são apresentados nas Tabelas 5-1 para fôlhas superiores, 5-2 para fôlhas inferiores e 5-3 para interação de posição.

Chama-se a atenção para os fatos seguintes:

a) Aplicou-se teste Tukey às médias dos re

sultados obtidos com 19 tratamentos nas fôlhas superiores.

b) Só 14 tratamentos nas fôlhas inferiores e os seus resultados, foram analisados pelo teste Tukey,-- devido a que os tratamentos com omissão de Ca (simples ou combinado) e -NMg deram material suficiente para ser analisado (ver sintomas de -Ca, -N Ca, -P Ca, -K Ca e -N Mg).

c) O teste Tukey aplicou-se somente ao estudo de interações devidas à posição, relativas à composição mineral.

6 - DISCUSSÃO

6.1 - Efeitos dos tratamentos simples e combinados sôbre o teor porcentual de macronutrientes.

6.1.1 - Nitrogênio

6.1.1.1 - Fôlhas superiores

Os teores de nitrogênio nas fôlhas superiores, médias de 2 repetições, expressos em porcentagem aparecem na Tabela 5-1.

Aplicando o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, observa-se que o tratamento Completo difere dos tratamentos -KCa, -Ca, -PCa, -K, -KS, -KMg e -PK, nos quais houve aumento no teor de nitrogênio e dos tratamentos -NP, -NS, -NK e -N, nos quais ocorreu diminuição.

Verifica-se, portanto, que a falta de nitrogênio no substrato, causou uma queda na porcentagem de nitrogênio nas fôlhas superiores. Considerando os dados dos tratamentos Completo e -N, vê-se que há grande semelhança com outros trabalhos, tais como os de MENDES (1959), de Malavolta e Haag citado por MALAVOLTA et al. (1964). Em relação aos teores encontrados por Malavolta e Haag, a porcentagem de nitrogênio nas fôlhas superiores deficientes (1,12%) é quase igual à encontrada neste trabalho (1,00%).

No caso das plantas testemunhas ou normais o conteúdo de 2,95%, mostrou pequena diferença em relação ao achado por Malavolta e Haag (ver MALAVOLTA et al., 1964) ou seja, de 2,57%.

O tratamento com omissão de potássio, causou aumento no teor de nitrogênio, assim como também o tratamento -Ca. Explica-se isto, pelo fato de que as plantas mostraram uma paralização do crescimento, ocorrendo assim, um efeito de acumulação do teor de nitrogênio.

No caso dos tratamentos combinados, pode-se dizer que a porcentagem de nitrogênio aumentou em: -PCa, -PK, -KS, -KCa e -KMg, devido, talvez, a um efeito de acumulação causado pela paralização do crescimento: LÓPEZ et

T A B E L A 5 - I. - Médias dos teores de macronutrientes nas folhas superiores.

N %	P %	K %	Ca %	Mg %	S %	Pêso seco
-PK 5,88	-KMg 1,18	-Mg 5,50	-NMg 4,16	-PK 1,29	-PK 1,70	Comp. 14,65
-KMg 5,53	-PK 0,85	-NS 4,70	-S 4,04	-KS 1,09	-NMg 1,42	-Mg 10,00
-KS 5,53	-KS 0,83	-NMg 4,46	-KMg 3,80	-PS 0,78	-K 1,18	-KS 8,85
-K 4,90	-NS 0,81	-PCa 3,98	-KS 3,76	-P 0,77	-PMg 1,10	-K 7,20
-PCa 4,52	-K 0,69	-Ca 3,92	-K 3,60	-K 0,75	-KMg 1,09	-S 3,70
-Ca 4,34	-KCa 0,66	-NCa 3,60	-PMg 3,42	Comp. 0,72	Comp. 1,04	-KMg 3,65
-KCa 4,31	-S 0,58	Comp. 3,45	Comp. 3,04	-Ca 0,63	-P 1,00	-P 3,35
-NMg 4,06	-Mg 0,57	-S 3,45	-P 2,56	-PCa 0,63	-KCa 0,90	-N 2,95
-P 3,43	-PS 0,55	-PMg 3,45	-PS 2,52	-S 0,61	-PCa 0,89	-PK 2,65
-Mg 3,43	-PMg 0,48	-P 3,10	-Mg 2,44	-KCa 0,56	-Ca 0,81	-NK 2,35
-S 3,37	-NMg 0,46	-KCa 3,00	-PK 2,40	-NMg 0,54	-Mg 0,75	-PS 2,25
-PS 3,30	-NK 0,45	-PS 2,95	-KCa 2,38	-NS 0,53	-NCa 0,70	-NP 2,10
-PMg 3,15	-Ca 0,41	-NP 1,85	-NS 2,36	-N 0,48	-N 0,55	-NS 2,10
Comp. 2,95	-N 0,39	-N 1,35	-PCa 2,22	-NK 0,46	-NK 0,53	-PMg 1,70
-NCa 2,87	-PCa 0,39	-KMg 1,35	-Ca 2,00	-PMg 0,41	-NS 0,45	-NCa 1,10
-NP 1,47	Comp. 0,36	-K 0,75	-NK 1,76	-NP 0,39	-PS 0,45	-Ca 0,90
-NS 1,40	-NCa 0,25	-PK 0,67	-NCa 1,48	-NCa 0,38	-S 0,43	-KCa 0,75
-NK 1,12	-P 0,09	-KS 0,45	-N 1,48	-Mg 0,22	-NP 0,41	-PCa 0,60
-N 1,00	-NP 0,09	-NK 0,30	-NP 1,04	-KMg 0,17	-KS 0,40	-NMg 0,45
d.m.s.						
ao ni-						
vel 5%	0,35	0,67	1,14	0,34	0,60	6,07
C.V.	16,1%	6,0%	10,4%	13,8%	17,9%	39,8%

al.(1964), observaram em plantas de café, o aumento produzido no teor de nitrogênio, como consequência da carência combinada de potássio e magnésio. Diminuiu em: -NK, -NS, -NP, devido à omissão de nitrogênio.

6.1.1.2 - Fôlhas inferiores

Os teores de nitrogênio, nas fôlhas inferiores, médias de 2 repetições, aparecem na Tabela 5-2, expressos em porcentagem.

O tratamento Completo difere dos tratamentos -S, -K, -KMg e -PK, nos quais houve aumento no teor do elemento, e dos tratamentos -NS, -NP, -N e -NK, nos quais ocorreu uma queda no teor de nitrogênio.

Confirma-se que a ausência de nitrogênio, isolada ou combinada, causa uma queda no teor deste elemento, sendo a porcentagem encontrada nas fôlhas deficientes, 0,91%, quase igual ao valor encontrado por Malavolta e Haag, de 1,00% (ver MALAVOLTA et al., 1964).

Os outros nutrientes estão ligados à absorção do nitrogênio; assim, a omissão de potássio e enxofre, isoladamente, fez aumentar a porcentagem de nitrogênio, devido a um efeito de acumulação como consequência da paralisação do crescimento.

Os tratamentos combinados provocaram aumento no teor de nitrogênio em: -PK e -KMg, por efeito acumulativo causado pela paralisação do crescimento; diminuição na porcentagem do elemento, em: -NS, -NP e -NK, pela omissão de nitrogênio.

6.1.2- Fósforo

6.1.2.1 - Fôlhas superiores

Os teores de fósforo, médias de 2 repetições, expressos em porcentagem aparecem na Tabela 5-1.

O tratamento Completo só difere dos tratamentos -NS, -KS, -PK e -KMg, nos quais elevou-se o conteúdo porcentual de fósforo. Vê-se que a omissão de fósforo, não causou diminuição estatística (ou significativa) pelo teste Tukey, fato presumivelmente relacionado com a absor-

T A B E L A 5-2.- Médias dos teores de macronutrientes nas folhas inferiores.

N %	P %	K %	Ca%	Mg%	S %	Pêso seco
-PK 5,60	-KMg 1,32	-P 5,20	-KMg 6,00	-KS 1,46	-PK 1,77	Comp. 10,70
-KMg 4,60	-KS 0,95	-NS 5,13	-S 5,60	-PK 1,33	-K 1,38	-KS 4,10
-K 4,00	-K 0,80	-PMg 4,24	-KS 5,28	-NS 1,27	Comp. 1,26	-K 4,00
-S 3,71	-NS 0,78	-PS 4,03	-K 4,76	-K 1,02	-PMg 1,20	-Mg 2,80
-KS 3,43	-PK 0,67	-S 3,70	Comp. 4,64	-P 0,90	-P 1,15	-S 1,95
-P 3,38	-Mg 0,46	Comp. 3,10	-Mg 4,28	-PS 0,75	-KMg 1,12	-P 1,50
-PMg 2,97	-PS 0,46	-NP 1,68	-P 4,12	Comp. 0,72	-NS 0,94	-KMg 1,50
-Mg 2,94	-N 0,44	-N 1,58	-PS 3,96	-S 0,63	-N 0,92	-PK 1,20
-PS 2,87	-NP 0,41	-Mg 1,58	-N 3,56	-N 0,48	-Mg 0,91	-PS 1,05
Comp. 2,60	-PMg 0,39	-KMg 1,00	-PK 3,48	-NK 0,41	-PS 0,70	-N 0,95
-NS 1,11	-S 0,35	-PK 0,78	-PMg 3,46	-PMg 0,41	-NK 0,56	-NK 0,85
-NP 0,92	Comp. 0,26	-NK 0,42	-NK 2,88	-NP 0,36	-NP 0,55	-NP 0,70
-N 0,91	-NK 0,11	-K 0,20	-NP 2,05	-KMg 0,19	-S 0,52	-PMg 0,55
-NK 0,88	-P 0,09	-KS 0,18	-NS 1,80	-Mg 0,14	-KS 0,38	-NS 0,40
d.m.s. ao ni- vel 5%	0,43	1,12	1,67	0,34	0,41	5,44
C.V. 8,2%	19,4%	10,2%	10,3%	11,5%	10,5%	58,5%

ção de fósforo nos estágios iniciais das plantas vegetando em solução nutritiva, modificada, de HOAGLAND & ARNON (1950) diluída a um quinto (1/5) ou à metade (1/2). O teor achado (0,09%) foi mais baixo que o constatado por Malavolta e Haag (ver MALAVOLTA et al., 1964), de 0,124%. Entretanto, em relação ao conteúdo das folhas superiores normais ou testemunhas, os autores citados acharam 0,253%, inferior, portanto, ao valor de 0,36% obtido neste trabalho.

É de se observar que a omissão de cálcio, não produz variação significativa, o que concorda com SWANBACK (1939), no que diz respeito a que o cálcio, no fumo, favorece a translocação do fósforo.

As carências combinadas provocaram aumento no teor de fósforo, nos casos dos tratamentos -NS, -KS e -KMg; entretanto, a tendência notada quando foram omitidos isoladamente, é elevar a porcentagem, sobretudo, no caso da falta de potássio. Isto já fôra observado por CARVAJAL (1960) no cafeeiro no caso da falta de potássio, e por MENDES (1959) no algodoeiro, no caso da omissão de nitrogênio, potássio e enxôfre, um por vez. No tratamento -PK, aumentou o teor de fósforo, devido à influência da omissão de potássio embora o fósforo estivesse ausente.

6.1.2.2 - Folhas inferiores

Veja-se a Tabela 5-2.

O tratamento Completo difere dos tratamentos -NS, -K, -KS e -KMg, nos quais elevou-se a porcentagem de fósforo.

Observando a Tabela 5-2, nota-se que o menor conteúdo de fósforo foi encontrado nas folhas das plantas deficientes nesse elemento, embora não se tivesse constatado influência significativa em relação ao tratamento Completo pelo mesmo fato citado anteriormente. O nível que indica deficiência é igual ao encontrado nas folhas superiores, de 0,09% e difere um pouco da porcentagem achada por Malavolta e Haag, de 0,119% (ver MALAVOLTA et al., 1964).

Entretanto, o nível considerado normal

(0,26%), é um pouco menor daquele encontrado pelos autores citados (0,324%).

O tratamento -K, que nas fôlhas superiores não havia influenciado significativamente na absorção de fósforo, no caso presente elevou-a, talvez devido ao fato de que os sintomas da carência de potássio ocorreram nas fôlhas inferiores. Já fôra dito em 6.1.2.1 que MENDES(1959) e CARVAJAL(1960) observaram aumento da porcentagem de fósforo, quando por ocasião da falta de potássio. Nota-se, também, um efeito indireto sobre o teor de fósforo, pois, a carência de potássio aumenta a absorção de magnésio (segundo SCHÜTTE, 1964), fato demonstrado neste trabalho, e este, por sua vez, estimula a absorção de fósforo.

Os tratamentos combinados -NS, -KS e -KMg, causaram aumento no teor de fósforo, devido talvez, ao fato de que a tendência das carências dos elementos citados, um por vez, seja a de elevar a porcentagem de fósforo (segundo MENDES, 1959 e CARVAJAL, 1960).

6.1.3 - Potássio

6.1.3.1 - Fôlhas superiores

Veja-se a Tabela 5-1.

O tratamento Completo difere dos tratamentos -NMg, -NS e -Mg, nos quais houve aumento na porcentagem do elemento, e dos tratamentos -NP, -N, -KMg, -K, -PK, -KS e -NK, nos quais ocorreu diminuição no teor de potássio.

A carência de potássio na solução, causou uma queda no teor deste elemento (0,75%), em relação ao tratamento Completo (3,45%) e há grande semelhança com os teores encontrados por Malavolta e Haag (citado por MALAVOLTA et al., 1964), os quais foram de 0,37% (deficiente) e 3,93% (normal).

A falta de magnésio causou um aumento considerável no teor de potássio nas fôlhas superiores. Isto já fôra observado por CARVAJAL (1960); também concorda com SCHÜTTE (1964); trata-se do conhecido efeito interiônico na absorção.

A omissão de nitrogênio causou uma diminuição na porcentagem de potássio. Wallace, citado por COBRA (1967), encontrou que as raízes de feijoeiro cultivadas em solução carente de nitrogênio, reduzem a absorção de potássio radiativo; Cibes e Samuel, citado por COBRA (1967), observaram uma diminuição no teor de potássio, quando foi omitido o nitrogênio. COBRA (1967) obteve dados que concordam com os observados por aqueles autores.

Os tratamentos combinados provocaram aumento no teor de potássio em: -NMg, possivelmente devido ao efeito da omissão de magnésio (SCHÜTTE, 1964); -NS, talvez porque a omissão de enxofre tende à acumulação de potássio nas folhas (MENDES, 1959). A porcentagem de potássio diminuiu nos seguintes tratamentos: -NP, devido à omissão de nitrogênio; -NK, -KMg, -PK e -KS, a causa da ação lógica da omissão de potássio.

Note-se que o tratamento -KCa não produz diferença significativa, ou seja, que o potássio distribuiu-se uniformemente nestas plantas; igual resultado acharam LÓPEZ et al. (1964), no cafeeiro.

6.1.3.2 - Folhas inferiores

Veja-se a Tabela 5-2.

O tratamento Completo difere dos tratamentos -PMg, -NS e -P, nos quais ocorreu aumento na porcentagem de potássio, e difere também dos tratamentos -NP, -N, -Mg, -KMg, -PK, -NK, -K e -KS, nos quais diminuiu o teor de potássio nas folhas inferiores.

A carência de potássio na solução, causou uma queda na concentração deste elemento, mais acentuada que nas folhas superiores, fato relacionado com a aparição dos sintomas de deficiências. As folhas deficientes mostraram um conteúdo de 0,20% de potássio, enquanto que as folhas normais, de 3,10% deste elemento. Estes dados diferem dos valores obtidos por Malavolta e Haag, citado por MALAVOLTA et al. (1964).

A carência de fósforo favoreceu a acumula-

ção de potássio, o que concorda com SCHÜTTE (1964) em relação ao efeito antagônico do fósforo sobre o potássio; - nas folhas superiores teve efeito inverso, porém não significativo.

As carências dos elementos potássio e nitrogênio, isoladamente, causaram uma queda no teor de potássio, assim como também as combinações -NK, -KS e -PK, devido à influência da omissão de potássio.

A omissão de magnésio causou uma queda no teor de potássio, embora nas folhas superiores teve efeito inverso, ou seja, aumentou a porcentagem ~~dêste elemento~~. O tratamento combinado -KMg, produz o mesmo efeito, quer dizer, uma diminuição na concentração de potássio -- nas folhas inferiores e superiores.

O tratamento -NP produz queda na porcentagem de potássio, devido à falta de nitrogênio, embora a tendência da omissão de fósforo, separadamente, seja de aumentar o teor de potássio.

O tratamento -PMg causou aumento na concentração de potássio; a influência deve ser causada **pela** omissão de fósforo (SCHÜTTE, 1964) e pela falta de magnésio (MENDES, 1959 e CARVAJAL, 1960).

O tratamento -NS causou aumento na porcentagem do elemento, devido ao fato de que a carência de enxôfre aumenta o teor de potássio (MENDES, 1959) e a falta de nitrogênio favorece a absorção ~~dêste elemento~~ -- (SCHÜTTE, 1964).

6.1.4 - Cálcio

6.1.4.1 - Folhas superiores

Os teores de cálcio, média de 2 repetições, expressos em porcentagem aparecem na Tabela 5-1.

O tratamento Completo só difere dos tratamentos -NK, -Nca, -N e -NP, nos quais houve diminuição no teor de cálcio.

Observa-se que a omissão de cálcio na solução não produz queda significativa na absorção deste elemento pelas plantas, fato relacionado, possivelmente, aos estágios iniciais, onde as mudas de algodoeiro vegetaram em solução nutritiva, modificada, de HOAGLAND & ARNON (1950) diluída a um quinto ou à metade. O conteúdo de cálcio que apresentaram as folhas deficientes foi de 2,00% sendo o teor nas folhas das plantas testemunhas, de 3,04%. Os valores encontrados por Malavolta e Haag (ver MALAVOLTA et al., 1964) foram de 0,80% nas folhas deficientes e 2,42% nas folhas normais.

A omissão de nitrogênio acusou uma queda no teor de cálcio; COBRA (1967) constatou no feijoeiro, que a omissão de nitrogênio ocasionou um efeito depressivo na absorção de cálcio.

Embora não havendo diferença significativa, a carência de potássio parece favorecer o acúmulo de cálcio; isto evidencia a proposição do equilíbrio de bases sugerida por HOAGLAND (1948). No fumo, foi constatado um aumento de cálcio devido à carência de potássio pelos pesquisadores Bowling & Brown (1947), Walsh & O'Donohoe (1955), Cibes & Samuels (1957), Tincknell, López Ritas & Ayala (1962), autores citados por GOROSTIAGA (1966). Explica-se assim: o potássio e o cálcio são absorvidos por um mecanismo similar, e que ambos os cátions, competem pelo mesmo ponto do carregador; na ausência de um deles, ocorreria maior absorção do outro (OVERSTREET et al., 1952).

Também é interessante observar o fato de que a omissão de magnésio causou, porém não significativamente, uma queda na concentração de cálcio, devido talvez, a um efeito indireto pois, favoreceu uma alta concentração de potássio, o que poderia ser a causa da diminuição do teor de cálcio.

Os tratamentos combinados -NK e -NP causaram diminuição no teor de cálcio, devido à influência da falta de nitrogênio. No tratamento -NCa também houve dimi-

nuição, devido ao efeito da omissão de nitrogênio e cálcio.

6.1.4.2 - Fôlhas inferiores

Veja-se a Tabela 5-2.

O tratamento Completo difere dos tratamentos -NK, -NP e -NS, nos quais houve diminuição no teor de cálcio.

As plantas com carência de cálcio apresentaram uma queda muito grande das suas fôlhas inferiores, e por isso, não foi possível obter material suficiente para fazer as respectivas análises químicas (ver sintomas de falta de cálcio em 5.1.5-). Assim, a pouca quantidade de cálcio absorvida nos estágios iniciais do desenvolvimento das plantas, e a escassa mobilidade desse elemento, foi suficiente para produzir o colapso das fôlhas mais velhas ou inferiores.

O teor normal foi de 4,64%, sendo o valor achado por Malavolta e Haag (ver MALAVOLTA et al., 1964), de 2,62%.

Os tratamentos combinados -NK, -NS e -NP causaram diminuição no teor de cálcio, presumivelmente, devido à falta de nitrogênio.

6.1.5 - Magnésio

6.1.5.1 - Fôlhas superiores

Veja-se a Tabela 5-1.

O tratamento Completo difere dos tratamentos -KS e -PK, onde o teor de magnésio foi mais elevado, e dos tratamentos -NCa, -Mg e -KMg, onde houve diminuição.

Constatou-se que a carência de magnésio causa uma queda no teor deste elemento na ordem de 0,22%.

Malavolta e Haag, citado por MALAVOLTA et al. (1964), encontraram um teor igual a 0,042% nas fôlhas deficientes. O teor normal encontrado neste trabalho foi de 0,72% de magnésio, sendo o valor achado por aqueles autores igual a 0,154%.

No tratamento -KMg notou-se uma diminuição da porcentagem de magnésio, devido à omissão deste elemento. Também houve diminuição no tratamento -NCa.

Nos tratamentos -PK e -KS, houve aumento no teor de magnésio, já que não se manifestou o efeito antagônico do potássio, o que concorda com SCHÜTTE (1964).

6.1.5.2- Fôlhas inferiores

Veja-se a Tabela 5-2.

O tratamento Completo difere dos tratamentos -NS, -PK e -KS, nos quais houve aumento na porcentagem de magnésio e dos tratamentos -NP, -KMg e -Mg, nos quais houve diminuição.

As fôlhas deficientes em magnésio apresentaram um conteúdo de 0,14% deste elemento; este valor é bastante próximo ao de 0,173% encontrado por Malavolta e Haag (ver MALAVOLTA et al., 1964), nas fôlhas inferiores de plantas deficientes.

O tratamento -KMg também causou uma diminuição no teor de magnésio, devido à influência da carência deste elemento.

O tratamento -NP causou queda no teor de magnésio.

O teor de magnésio aumentou em: -PK e -KS, já que não se manifestou o efeito antagônico do potássio; em -NS, também houve elevação.

É de se observar que o tratamento -NMg não deu material suficiente para analisar (ver 5.1.11-).

6.1.6 - Enxôfre

6.1.6.1 - Fôlhas superiores

Veja-se a Tabela 5-1.

O tratamento Completo difere do tratamento -PK, no qual houve aumento na porcentagem de enxôfre, e difere dos tratamentos -S, -NP e -KS, nos quais houve di-

minuição no teor de enxôfre.

A carência de enxôfre causou uma queda no teor d'êste elemento; embora o mesmo acontecesse nos tratamentos combinados com -S, o efeito só foi significativo em -KS. A concentração nas fôlhas superiores deficientes foi de 0,43%, sendo que Malavolta e Haag (ver MALAVOLTA et al. 1964), acharam um valor de 0,171%. Neas (1955), citado por GOROSTIAGA (1966), encontrou 0,18-0,22% de enxôfre no fumo.

O teor normal, de 1,04%, tem alguma concordância com o valor achado por Malavolta e Haag (ver MALAVOLTA et al., 1964), de 1,33%.

O tratamento -NP, devido à influência depressiva ocasionada pela falta de nitrogênio, embora não significativa neste trabalho, produz também uma diminuição na concentração de enxôfre.

No tratamento -PK houve aumento no teor de enxôfre, devido possivelmente a um efeito de acumulação causado pela paralização do crescimento.

6.1.6.2 - Fôlhas inferiores

Veja-se a Tabela 5-2.

O tratamento Completo difere do tratamento -PK, onde houve um aumento na porcentagem de enxôfre, pelo mesmo fato citado anteriormente. Difere também dos tratamentos -PS, -NK, -NP, -S e -KS, nos quais ocorreu uma diminuição no teor de enxôfre.

A omissão de enxôfre deu um teor de 0,52%; o teor encontrado por Malavolta e Haag (ver MALAVOLTA et al., 1964), foi de 0,365%. O teor normal (1,26%) é superior ao valor achado pelos pesquisadores citados (0,750%).

Os tratamentos combinados com a carência de enxôfre, tais como -PS e -KS, causaram diminuição na porcentagem do elemento.

A tendência depressiva ocasionada pela --

omissão de nitrogênio sobre o teor de enxofre, constatou-se nos tratamentos -NK e -NP.

6.2 - Efeito dos tratamentos simples e combinados, sobre o teor porcentual de macronutrientes em relação à posição das folhas.

6.2.1 - Nitrogênio

Veja-se a Tabela 5-3.

Aplicando o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, vê-se, que no caso das carências de K, -KMg e KS, houve um aumento na translocação do nitrogênio; isto quer dizer que a omissão de potássio, isolada ou combinada com a falta de magnésio ou enxofre, conduz a uma acumulação de nitrogênio nas folhas superiores.

Observa-se que a falta de nitrogênio não produz diferença significativa de posição, o qual pode-se interpretar, dizendo que este elemento distribuiu-se uniformemente tanto nas folhas superiores como nas folhas inferiores.

6.2.2 - Fósforo

Veja-se a Tabela 5-3.

A omissão de fósforo permitiu uma distribuição uniforme deste elemento na planta. Nos tratamentos -NK e -NP houve uma variação significativa no sentido de acumular o fósforo nas folhas superiores ou inferiores, respectivamente.

6.2.3 - Potássio

Veja-se a Tabela 5-3.

A omissão deste elemento permitiu uma distribuição uniforme de potássio nas folhas do algodoeiro, com tendência a sua mobilização para as folhas superiores.

Os tratamentos -P, -Mg, -PMg e -PS, provocaram uma acumulação de potássio; a imobilização se deu nas folhas inferiores no caso de -P, -PMg e -PS, e nas fô-

TABELA 5-3. Médias dos teores de macronutrientes nas folhas superiores e inferiores.

	N %		P %		K %		Ca %		Mg %		S %		Peso seco F.S. e I.
	F.S.	F.I.	F.S.	F.I.	F.S.	F.I.	F.S.	F.I.	F.S.	F.I.	F.S.	F.I.	
Comp.	2,95	2,60	0,36	0,26	3,45	3,10	3,04	4,64	0,72	0,72	1,04	1,26	Comp. 12,68
-N	1,00	0,91	0,39	0,44	1,35	1,58	1,48	3,56	0,48	0,48	0,55	0,92	-KS 6,48
-P	3,43	3,38	0,09	0,09	3,10	5,20	2,56	4,12	0,77	0,90	1,00	1,15	-Mg 6,40
-K	4,90	4,00	0,69	0,80	0,75	0,20	3,60	4,76	0,75	1,02	1,18	1,38	-K 5,60
-Mg	3,43	2,94	0,57	0,46	5,50	1,58	2,44	4,28	0,22	0,14	0,75	0,91	-S 2,83
-S	3,37	3,71	0,58	0,35	3,45	3,70	4,04	5,60	0,61	0,63	0,43	0,52	-KMg 2,58
-NP	1,47	0,92	0,09	0,41	1,85	1,68	1,04	2,05	0,39	0,36	0,41	0,55	-P 2,43
-NK	1,12	0,88	0,45	0,11	0,30	0,42	1,76	2,88	0,46	0,41	0,53	0,56	-N 1,95
-NS	1,40	1,11	0,81	0,78	4,70	5,13	2,36	1,80	0,53	1,27	0,45	0,94	-PK 1,90
-PK	5,88	5,60	0,85	0,67	0,67	0,78	2,40	3,48	1,29	1,33	1,70	1,77	-PS 1,70
-PMg	3,15	2,97	0,48	0,39	3,45	4,24	3,42	3,46	0,41	0,41	1,10	1,20	-MK 1,60
-PS	3,30	2,87	0,55	0,46	2,95	4,03	2,52	3,96	0,78	0,75	0,45	0,70	-NP 1,40
-KMg	5,53	4,60	1,18	1,32	1,35	1,00	3,80	6,00	0,17	0,19	1,09	1,12	-NS 1,25
-KS	5,53	3,43	0,83	0,95	0,45	0,18	3,76	5,28	1,09	1,46	0,40	0,38	-PMg 1,13
d.m.s. ao nível 5%	0,90		0,31		0,59		1,28		0,28		0,30		4,98
C.V.	7,9%		15,2%		6,3%		10,3%		11,1%		9,3%		42,6%

lhas superiores pelo efeito do tratamento -Mg.

6.2.4 - Cálcio

Veja-se a Tabela 5-3.

Observa-se, pelo efeito do tratamento Completo, que o cálcio se acumula mais nas folhas inferiores, demonstrando assim, a imobilidade deste nutriente. Houve também um acúmulo nas folhas inferiores pelo efeito dos tratamentos -N, -P, -Mg e -S, assim como nas combinações -PS, -KS e -KMg, possivelmente devido à influência das carências de enxofre e magnésio.

Não foi possível avaliar os efeitos das carências simples e combinadas do cálcio, devido à escassez de material para análise química (ver 5.1.5-).

6.2.5 - Magnésio

Veja-se a Tabela 5-3.

Constata-se, pelo efeito do tratamento Completo, que o magnésio é distribuído uniformemente nas folhas superiores e inferiores do algodoeiro. O contrário ocorre nos tratamentos -NS e -KS, onde se nota um acúmulo de magnésio nas folhas inferiores.

6.2.6 - Enxofre

Veja-se a Tabela 5-3.

A literatura diz respeito à pouca ou escassa mobilidade do elemento enxofre, mas neste trabalho, não se constatou uma interação de posição.

O efeito dos tratamentos -N e -NS é a acumulação de enxofre nas folhas inferiores.

6.3- Efeito dos tratamentos simples e combinados sobre a porcentagem de peso seco

6.3.1 - Folhas superiores

Observando a Tabela 5-1, nota-se que a porcentagem em peso seco foi menor à porcentagem obtida no

tratamento Completo, como consequência dos efeitos de todos os 18 tratamentos salvo -Mg e -KS.

6.3.2 - Fôlhas inferiores

Na Tabela 5-2, se observa que a porcentagem em pêsco sêco apresentou uma queda em relação ao tratamento Completo, pelo efeito dos 14 tratamentos respectivos.

6.3.3 - Fôlhas superiores e inferiores

Observando-se a Tabela 5-3, se constata - que os 14 tratamentos causaram queda no pêsco sêco em relação ao tratamento Completo.

7 - CONCLUSÕES

7.1 - A omissão de N, P, K, Ca, Mg e S, um por vez, resultou em sintomas visuais de deficiências características de cada elemento concordantes com as descrições da literatura.

7.2 - A falta simultânea de dois elementos essenciais na nutrição, provoca no algodoeiro sintomas diferentes em comparação com os exibidos quando por ocasião da omissão de um nutriente só.

No tratamento -NP apareceram sintomas visuais associados à carência de nitrogênio nas folhas superiores e com a omissão de nitrogênio e fósforo nas folhas inferiores.

A omissão de N e K, provocou a aparição de sintomas visuais quase iguais aos da carência de nitrogênio nas folhas superiores, e sintomas lembrando a falta de potássio nas folhas inferiores; isto possivelmente devido à menor concentração de nitrogênio nas folhas inferiores encontrada neste trabalho como o revela a análise química. As folhas são avermelhadas, secam e caem.

Nos tratamentos -N_{Ca}, -P_{Ca} e -K_{Ca}, à semelhança do acontecido no tratamento -Ca, observou-se que as plantas estavam murchas e com caule fino, avermelhado; a curvatura e colapso dos pecíolos foi marcante, sobretudo nas folhas inferiores.

Os sintomas exibidos pelas plantas quando se omitiu nitrogênio e magnésio, são diferentes aos provocados pela ausência destes elementos, um por vez. Assim, as plantas apresentam somente folhas superiores em pequeno número e sem turgidez.

No tratamento -NS apareceram sintomas visuais relacionados com a carência de nitrogênio, inclusive as manchas avermelhadas na base das folhas superiores.

No tratamento -PK observou-se a intensa -

côr verde das fôlhas com pequenas manchas pardacentas nos bordos das mais novas, sintomas associados com a deficiência de fósforo. Além disso, notou-se o enrolamento da fôlha para cima.

A omissão de P e Mg, provocou a aparição de sintomas visuais diferentes aos produzidos quando faltava um deles isoladamente; as plantas apresentam-se com poucas fôlhas, de côr verde igual à testemunha e com menos turgidez, as quais secam e caem.

A omissão de P e S permitiu observar fôlhas não cloróticas, com manchas pardacentas; crestamento dos bordos, já secos, para cima, associado à carência de fósforo ou enxôfre.

Os sintomas visuais exibidos pelas plantas carentes de K e Mg assemelham-se às carências de potássio e magnésio; assim, as fôlhas superiores apresentam nervuras verdes, proeminentes, sôbre o limbo clorótico nos espaços internervais. Chama a atenção o enrolamento das fôlhas para cima e a sensação ao tacto de tecido frouxo apresentado pelo pecíolo, fatos observados na carência de magnésio.

A omissão de K e S provocaram sintomas associados à carência de K ou então, de S. Assim, nota-se que as fôlhas superiores de côr verde claro e o enrolamento dos bordos das fôlhas inferiores para cima, são característicos da carência de enxôfre. O limbo das fôlhas inferiores apresenta-se de côr amarela brilhante na página adaxial, deixando só as suas nervuras verdes e às vêzes, com manchas necróticas, lembrando os sintomas ocasionados pela falta de potássio. A clorose da página abaxial é esmaecida.

Nos tratamentos simples ou combinados, salvo o Completo e -KS, houve uma defoliação bastante grande, associada com as deficiências dos nutrientes.

Nos tratamentos -Mg e -S observou-se superbrotção de fôlhas, sobretudo na região inferior da --

planta.

Nos tratamentos, exceto o Completo, constatou-se a paralização do crescimento das plantas, e pouca ou escassa produção de ramos vegetativos e frutíferos ou então, de botões florais.

7.3 - Constatou-se que a omissão dos elementos N, K e S, um por vez, provoca nas folhas superiores, uma redução da porcentagem do referido elemento, em relação ao tratamento Completo.

7.4 - A carência dos elementos N, K, Mg e S, um por vez, provoca nas folhas inferiores, uma queda no teor do referido elemento, em relação ao tratamento Completo.

7.5 - Os níveis encontrados, referidos aos tratamentos Completo e -N, -P, -K, -Ca, -Mg, -S, foram os seguintes:

7.5.1 - Folhas superiores

<u>Elemento</u>	<u>Deficiência</u>	<u>Adequado</u>
N %	1,00	2,95
P %	0,09	0,36
K %	0,75	3,45
Ca%	2,00	3,04
Mg%	0,22	0,72
S %	0,43	1,04

O nível no tratamento -NP (de 0,09%) foi igual ao achado no tratamento -P (de 0,09%), em relação à porcentagem de fósforo.

No referente à porcentagem de potássio, notou-se que os níveis dos tratamentos -PK, -KS e -NK (de 0,67%, 0,45% e 0,30%, respectivamente), foram inferiores ao encontrado no tratamento -K (de 0,75%).

Em relação à porcentagem de cálcio, nos tratamentos -NK, -Nca, -N e -NP, encontraram-se níveis de 1,76%, 1,48%, 1,48% e 1,04%, respectivamente, inferiores ao achado no tratamento -Ca (de 2,00%).

Em relação à porcentagem de magnésio, no tratamento -KMg apresentou-se um nível igual a 0,17%, inferior ao achado no tratamento -Mg (de 0,22%).

Em relação à porcentagem de enxôfre, os níveis correspondentes aos tratamentos -NP e -KS (de 0,41% e 0,40% respectivamente), foram virtualmente iguais ao nível achado no tratamento -S (de 0,43%).

7.5.2 - Fôlhas inferiores

<u>Elemento</u>	<u>Deficiente</u>	<u>Adequado</u>
N %	0,91	2,60
P %	0,09	0,26
K %	0,20	3,10
Ca%	-	4,64
Mg%	0,14	0,72
S %	0,52	1,26

Em relação à porcentagem de nitrogênio, notou-se que no tratamento -NK (de 0,88%) o mesmo foi quase igual ao achado no tratamento -N (de 0,91%).

Em relação ao teor de potássio, no tratamento -KS, apresentou-se um nível igual a 0,18%, quase idêntico ao achado no tratamento -K (de 0,20%).

Em relação à porcentagem de enxôfre, o nível no tratamento -KS (de 0,38%), foi inferior ao achado no tratamento -S (de 0,52%).

7.6 - Verificaram-se diversas interações entre os elementos.

O tratamento -N causou diminuição na concentração de Ca nas fôlhas superiores e de K nas fôlhas superiores e inferiores.

O tratamento -P causou acumulação de K nas fôlhas inferiores.

O tratamento -K causou acumulação de N nas fôlhas superiores e de N e P nas fôlhas inferiores.

O tratamento -Ca causou acumulação de N nas fôlhas superiores.

O tratamento -Mg causou diminuição da concentração de K nas folhas inferiores; o contrário aconteceu nas folhas superiores.

O tratamento -S causou aumento do teor de N nas folhas superiores.

O tratamento -NP causou diminuição do teor de N, K, Ca e S nas folhas superiores e de N, K, Ca, Mg e S, nas folhas inferiores.

O tratamento -NK causou diminuição da concentração de N, K e Ca nas folhas superiores e de N, K, Ca e S nas folhas inferiores.

O tratamento -NCa causou uma queda da concentração de Ca e Mg nas folhas superiores.

O tratamento -NMg causou aumento da porcentagem de K nas folhas superiores.

O tratamento -NS causou aumento do teor de P e K nas folhas superiores e de P, K e Mg nas folhas inferiores; diminuição da porcentagem de N nas folhas superiores e de N e Ca nas folhas inferiores.

O tratamento -PK causou aumento do teor de N, P, Mg e S nas folhas superiores e de N, Mg e S nas folhas inferiores; diminuição da porcentagem de K nas folhas superiores e inferiores.

O tratamento -PCa causou aumento do teor de N nas folhas superiores.

O tratamento -PMg causou aumento da porcentagem de K nas folhas inferiores.

O tratamento -PS causou diminuição no teor de S nas folhas inferiores.

O tratamento -KCa causou aumento da porcentagem de N nas folhas superiores.

O tratamento -KMg causou aumento da porcentagem de N e P nas folhas superiores e inferiores; diminuição do teor de K nas folhas superiores e de K e Mg nas folhas inferiores.

O tratamento -KS causou aumento da porcentagem de N, P e Mg nas folhas superiores e de P e Mg nas folhas inferiores; diminuição do teor de K e S nas folhas superiores e inferiores.

8 - RESUMO

Sementes de algodoeiro (Gossypium hirsutum L., var. IAC RM3) foram postas a germinar e as plantas assim obtidas foram transplantadas para tanques de fôlha -- contendo 18 litros de solução nutritiva, modificada, de HOAGLAND & ARNON (1950) diluída a um quinto (1/5).

Sete dias após o transplante, foram transferidas as mudas para solução nutritiva, modificada, de HOAGLAND & ARNON (1950) diluída à metade.

Depois de sete dias foram colocadas nos diferentes tratamentos, cada um com 4 plantas.

Os tratamentos, em número de 19, foram os seguintes:

Série	Solução nutritiva
1ª	Completa
2ª	Sem N
3ª	Sem P
4ª	Sem K
5ª	Sem Ca
6ª	Sem Mg
7ª	Sem S
8ª	Sem NP
9ª	Sem NK
10ª	Sem NCa
11ª	Sem NMg
12ª	Sem NS
13ª	Sem PK
14ª	Sem PCa
15ª	Sem PMg
16ª	Sem PS
17ª	Sem KCa
18ª	Sem KMg
19ª	Sem KS

Os sintomas de deficiências de macronutrientes foram descritos pouco antes da colheita.

As plantas foram colhidas e divididas em : flôres e frutos, fôlhas superiores (da metade dos nós para cima), fôlhas inferiores (da metade dos nós para baixo), - caule superior, caule inferior, galhos superiores, galhos inferiores e raízes.

Analisaram-se as fôlhas superiores e inferiores por métodos químicos apropriados.

Constatou-se que as soluções carentes dos elementos N, K e S, um por vez, provocaram nas fôlhas superiores, uma queda da porcentagem do referido elemento, e a omissão dos elementos N, K, Mg e S, um por vez, causaram nas fôlhas inferiores uma diminuição do teor do referido elemento.

Verificaram-se diversas interações entre os elementos, como consequência dos tratamentos simples e combinados.

Os tratamentos carentes de Ca, simples ou combinados, e o tratamento -NMg, atuaram sobre as fôlhas inferiores produzindo uma defoliação total, permanecendo só as fôlhas superiores.

Os conteúdos percentuais das fôlhas, referidos aos tratamentos Completo e -N, -P, -K, -Ca, -Mg e -S, foram os seguintes:

<u>Elemento</u>	<u>Fôlhas</u>	<u>Deficiente</u>	<u>Adequado</u>
N %	superiores	1,00	2,95
	inferiores	0,91	2,60
P %	superiores	0,09	0,36
	inferiores	0,09	0,26
K %	superiores	0,75	3,45
	inferiores	0,20	3,10
Ca%	superiores	2,00	3,04
	inferiores	-	4,64
Mg%	superiores	0,22	0,72
	inferiores	0,14	0,72
S %	superiores	0,43	1,04
	inferiores	0,52	1,26

RESUMEN

Suficientes semillas de algodónero (Gossypium hirsutum L., var. IAC RM3) pusiéronse a germinar y - las plantas obtenidas se llevaron a tanques de metal recubiertos internamente con Neutrol y de 18 l de capacidad, conteniendo solución nutritiva, modificada, de HOAGLAND & ARNON (1950) diluída al quinto (1/5).

Pasados 7 días del transplante, las plantitas fueron llevadas para solución nutritiva, modificada, de HOAGLAND & ARNON (1950) diluída a la mitad.

Después de 7 días en esta solución, fueron colocadas, en grupos de 4, en los respectivos tratamientos anotados a continuación:

Serie	Solución nutritiva
1 ^a	Completa
2 ^a	Menos N
3 ^a	Menos P
4 ^a	Menos K
5 ^a	Menos Ca
6 ^a	Menos Mg
7 ^a	Menos S
8 ^a	Menos NP
9 ^a	Menos NK
10 ^a	Menos NCa
11 ^a	Menos NMg
12 ^a	Menos NS
13 ^a	Menos PK
14 ^a	Menos PCa
15 ^a	Menos PMg
16 ^a	Menos PS
17 ^a	Menos KCa
18 ^a	Menos KMg
19 ^a	Menos KS

Poco antes de la colecta, se describieron los síntomas producidos por las carencias de macronutrientes.

Las plantas se recogieron y dividieron en: flores y frutos, hojas superiores (de la mitad de los nudos para arriba), hojas inferiores (de la mitad de los nudos para abajo), tallo superior, tallo inferior, ramos superiores, ramos inferiores y raíces.

Se analizaron las hojas con ayuda de métodos químicos apropiados.

Se constató que las soluciones carentes de los elementos N, K y S, una cada vez, provocaron en las hojas superiores una caída del porcentaje del referido elemento, y la omisión de los elementos N, K, Mg y S, una cada vez, causaron en las hojas inferiores, disminución del tenor del referido elemento.

Interacciones diversas fueron verificadas entre los elementos, como consecuencia de los tratamientos simples y combinados.

Los tratamientos carentes de calcio, simple o combinados, y el tratamiento -NMg, actuaron sobre las hojas inferiores produciendo una defoliación total, permaneciendo solamente las hojas superiores.

Los contenidos porcentuales de las hojas, referidos a los tratamientos Completo y -N, -P, -K, -Ca, -Mg, -S, fueron los siguientes:

<u>Elemento</u>	<u>Fôlhas</u>	<u>Deficiente</u>	<u>Adecuado</u>
N %	superiores	1,00	2,95
	inferiores	0,91	2,60
P %	superiores	0,09	0,36
	inferiores	0,09	0,26
K %	superiores	0,75	3,45
	inferiores	0,20	3,10
Ca%	superiores	2,00	3,04
	inferiores	-	4,64
Mg%	superiores	0,22	0,72
	inferiores	0,14	0,72
S %	superiores	0,43	1,04
	inferiores	0,52	1,26

9. - LITERATURA CITADA -

- ARNON, D.I. & C.M. JOHNSON. 1942. - Influence of hydrogen ion concentration on the growth of higher plants under controlled conditions. - *Plant Physiol.* 17:525-529.
- CARVAJAL, J.F. 1960. - Estudio de las deficiencias de nitrógeno, potasio, magnesio, boro y manganeso, en plantas de café (*Coffea arabica* var. *typica*). *Rev. Biol. Trop.* 8:165-179.
- COBRA, A. 1967. - Absorção e deficiências dos macronutrientes pelo feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L., var. roxinho). Tese mimeografada, E.S.A. "Luiz de Queiroz", U.S.P., Piracicaba, São Paulo, Brasil. 67 pp.
- COMPANHIA BRASILEIRA DE POTASSA E ADUBOS. 1962. - Adubação do algodoeiro no Estado de São Paulo. *Em* Boletim agrícola e informativo nº 8. São Paulo. 20 pp.
- COURY, T.; E. MALAVOLTA, G. RANZANI, M.O.C. BRASIL SOBRº. 1954. - Contribuição ao estudo do vermelhão do algodoeiro. ANAIS da E.S.A. "Luiz de Queiroz" 11:42-68.
- DONALD, L. 1964. - Nutrient deficiencies. *Em* Hunger signs in crops. Ed. H.S. Sprague. Published by David Mc Kay Co., N.Y., USA. pp. 59-90.
- GLORIA, N.A. da, R.A. CATANI, T. MATUO, 1965. - Determinação de cálcio e magnésio em plantas pelo método do EDTA. ANAIS da E.S.A. "Luiz de Queiroz" 22:154-171.
- GOROSTIAGA, O.E. 1966. - Efeito das deficiências de macronutrientes no crescimento e na composição mineral do fumo (*Nicotiana tabacum* L. var. M.A. 1). Tese mimeografada, E.S.A. "Luiz de Queiroz", U.S.P., Piracicaba, São Paulo, Brasil. 81 pp.
- HOAGLAND, D.R. 1948. - Lectures on the inorganic nutrition of plants. 2ª ed. Publ. by the Chronica Botanica Company. Waltham, Massachusetts.
- HOAGLAND, D.R., & D.I. ARNON. 1950. - The water culture method for growing plants without soil. *Calif. Agr. Expt. Sta. Cir.* 347. - 32 pp.
- LAWTON, K. 1945. - The influence of soil aeration on the growth and absorption of nutrients by corn plants. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 10:263-268.
- LOPEZ, C.A., J.F. PEREIRA, J.F. CARVAJAL. 1964. - Sintomas de deficiências minerais combinadas em plantas de café (*Coffea arabica* var. *typica*). *Rev. Biol. Trop.* 12:208-223.
- LOTT, W.L., J.P. NERY, J.R. GALLO, J.C. MEDCALF. 1956. - A técnica de análise foliar aplicada ao cafeeiro. *IBEC Res. Inst. Bull.* 9: 21-22.
- MALAVOLTA, E. 1957. - Práticas de química orgânica e biológica. Centro Acadêmico "Luiz de Queiroz", Piracicaba, São Paulo, Brasil. (Mimeografado).
- MALAVOLTA, E., H.P. HAAG, F.A.F. MELLO, M.O.C. BRASIL SOBRº. 1964. - La nutrición mineral de algunas cosechas tropicales. Ed. Instituto Internacional de la Potassa. Berna 14, Suíza. pp. 141 - 154.
- MALAVOLTA, E. 1964. - Análise química dos teores totais. Curso internacional de diagnose foliar. IICA-ESALQ. Piracicaba, São Paulo, Brasil. (Mimeografado).
- MENDES, H.C. 1959. - Nutrição mineral do algodoeiro. I Sintomas de deficiências minerais em plantas vegetando em soluções nutritivas. *Bragantia* 18:469-481.

- MENDES, H.C. 1960.- Nutrição mineral do algodoeiro. II Absorção mineral por plantas vegetando em soluções nutritivas. *Bragantia*. 19:435-458.
- MENDES, H.C. 1965.- Nutrição mineral do algodoeiro. Em Cultura e adubação do algodoeiro. Instituto Brasileiro da Potassa. S. Paulo, Brasil. pp.461-473.
- OVERSTREET, R.L., L.JACOBSON & R.HANDLEY. 1952.- The effect of calcium on the absorption of potassium by barley. -- *Plant Physiol.* 27:583-590.
- PIMENTEL GOMES, F. 1966.- Curso de estatística experimental. -- 3ª ed. E.S.A. "Luiz de Queiroz", U.S.P., Piracicaba, S. Paulo, Brasil. pp.29-32, 38-40, 61-62.
- SARRUGE, J.R., L.GOMES, H.P.HAAG, E.MALAVOLTA. 1963.- Estudo sobre a alimentação mineral do algodoeiro. I Marcha de absorção dos macronutrientes. *ANAIIS da E.S.A. "Luiz de Queiroz"* 20:14-23.
- SCHÜTTE, K.H. 1964.- The biology of trace elements. Crosby & Lockwood & Son Ltd., Londres. pp.35-43.
- SWANBACK, T.R. 1939.- Studies on antagonistic phenomena and cation absorption in tobacco in the presence and absence of manganese and boron. *Plant Physiol.* 14:423 - 446.
- THOMPSON, L.M. 1957.- Soils and soil fertility. 2ª ed. McGraw-Hill Book Co., Inc., New York, USA. pp.86, 215-241, 331 - 347.
- TISDALE, S.L. & L.NELSON. 1966.- Soil fertility and fertilizers. The Mac Millan Co., New York, USA. pp.59.
- TOTH, S.J., A.L.PRINCE, A.WALLACE & D.S.MIKKELSEN, 1948.- -- Rapid quantitative determination of 8 mineral elements in plant tissue by a systematic procedure involving of a flame photometer. *Soil Sci.* 66:459-466.
- WEIR, W.W. 1949.- Soil Science. J.B.Lippincott Co., Chicago, Philadelphia, New York, USA. pp.59-62.