

**EFEITOS DOS SINTOMAS DAS DEFICIÊNCIAS DE MACRONU-  
TRIENTES NO CRESCIMENTO E NA COMPOSIÇÃO  
MINERAL DO ALGODOEIRO MOCÓ.**

*(Gossypium hirsutum L., var. Maria Galante Hueth.)*

**JOSÉ VITALIANO DE C. ROCHA FILHO**

- ENGENHEIRO AGRÔNOMO -

Orientador: MOACYR DE O. C. DO BRASIL SOBR.º

Dissertação apresentada à Escola Superior de  
Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade  
de São Paulo, para obtenção do título de Mestre.

PIRACICABA  
SÃO PAULO — BRASIL

1971

em memória  
de minha mãe.

A Mércia,  
meu pai  
e irmãos,  
ofereço.

## AGRADECIMENTOS

---

O Autor expressa seus sinceros agradecimentos as seguintes pessoas e instituições:

Prof. Dr. Moacyr O. C. do Brasil Sobrinho, pela orientação no presente trabalho.

Profs. Drs. Walter Radamés Accorsi, José Renato Sarruge, Eurípedes Malavolta, Francisco A. F. Mello e Eng. Agr. Ronaldo I. Silveira, pelas sugestões e colaboração na preparação do presente trabalho.

Prof. Dr. Roberto Simionato Moraes, pela programação e computação eletrônica dos dados estatísticos deste trabalho.

Aubos Manah S. A., na pessoa do seu Diretor-Presidente, Eng. Agrônomo Fernando Penteado Cardoso, pela ajuda financeira para a confecção do presente trabalho.

Prof. Luiz Carlos de Lyra Netto e ao corpo docente da Escola de Agronomia da Universidade Federal da Paraíba.

Aos Srs. funcionários da ESALQ, Angelo Smaniotto, Antônio Benedito Fernandes, Armando Porta, Vinicius Ferraz e Williams B. Zerbetto.

Ao Depto. de Solos e Geologia da E.S.A. "Luiz de Queiroz", da USP, pela concessão do laboratório onde foi realizado este trabalho.

A Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da USP, por ter permitido a realização do presente trabalho.

A Universidade Federal da Paraíba, pela oportunidade concedida.

A Sub-Secretaria de Cooperação Econômica e Técnica Internacional (SUBIN), pela concessão da bolsa de estudo durante o ano de 1971.

A todos aqueles, que de uma maneira ou de outra, cooperaram, direta ou indiretamente, para a elaboração deste trabalho de pesquisa.

## Í N D I C E

	<u>Pág.</u>
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	3
3. MATERIAIS E METODOS .....	7
3.1. Variedade .....	7
3.2. Obtenção das mudas .....	7
3.3. Recipientes .....	7
3.4. Solução nutritiva .....	7
3.5. Temperatura e umidade relativa do ar .....	9
3.6. Cuidados fitossanitários .....	9
3.7. Tratamentos e delineamento experimental .....	9
3.8. Sintomas de deficiências .....	10
3.8.1. Sintomas externos ( morfológicos ) .....	10
3.8.2. Sintomas internos ( anatômicos ) .....	10
3.9. Colheita das plantas .....	10
3.9.1. Determinação do peso de material seco .....	11
3.9.2. Medição da altura das plantas.....	11
3.10. Análises químicas .....	11
3.10.1. Preparo da amostra .....	11
3.10.2. Digestão da amostra .....	11
3.10.3. Métodos analíticos .....	11
3.11. Análise estatística .....	11
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	12
4.1. Sintomas de deficiência .....	12
4.1.1. Nitrogênio .....	12
4.1.1.1. Sintomas externos ( morfológicos ) .....	12
4.1.1.2. Sintomas internos ( anatômicos ) .....	12
4.1.2. Fósforo .....	13
4.1.2.1. Sintomas externos ( morfológicos ) .....	13
4.1.2.2. Sintomas internos ( anatômicos ) .....	14
4.1.3. Potássio .....	14
4.1.3.1. Sintomas externos ( morfológicos ) .....	14
4.1.3.2. Sintomas internos ( anatômicos ) .....	15
4.1.4. Cálcio .....	15
4.1.4.1. Sintomas externos ( morfológicos ) .....	15
4.1.4.2. Sintomas internos ( anatômicos ) .....	17

4.1.5.	Magnésio .....	17
4.1.5.1.	Sintomas externos ( morfológicos ) .....	17
4.1.5.2.	Sintomas internos ( anatômicos ) .....	18
4.1.6.	Enxôfre .....	18
4.1.6.1.	Sintomas externos ( morfológicos ) .....	18
4.1.6.2.	Sintomas internos ( anatômicos ) .....	19
4.2.	Crescimento .....	19
4.2.1.	Altura das plantas .....	19
4.2.2.	Pêso das fôlhas superiores .....	21
4.2.3.	Pêso das fôlhas inferiores .....	22
4.2.4.	Pêso do caule .....	23
4.2.5.	Pêso das raízes .....	23
4.3.	Composição mineral das plantas .....	24
4.3.1.	Efeitos dos tratamentos sôbre o teor porcentual de nitro- gênio .....	24
4.3.1.1.	Fôlhas superiores .....	24
4.3.1.2.	Fôlhas inferiores .....	26
4.3.1.3.	Caule .....	27
4.3.1.4.	Raíz .....	28
4.3.2.	Efeitos dos tratamentos sôbre o teor porcentual de fósfo- ro .....	28
4.3.2.1.	Fôlhas superiores .....	28
4.3.2.2.	Fôlhas inferiores .....	30
4.3.2.3.	Caule .....	31
4.3.2.4.	Raiz .....	32
4.3.3.	Efeitos dos tratamentos sôbre o teor porcentual de potás- sio .....	33
4.3.3.1.	Fôlhas superiores .....	33
4.3.3.2.	Fôlhas inferiores .....	34
4.3.3.3.	Caule .....	36
4.3.3.4.	Raíz .....	37
4.3.4.	Efeitos dos tratamentos sôbre o teor porcentual de cálcio	38
4.3.4.1	Fôlhas superiores .....	38
4.3.4.2.	Fôlhas inferiores .....	40
4.3.4.3.	Caule .....	41
4.3.4.4.	Raíz .....	43
4.3.5.	Efeitos dos tratamentos sôbre o teor porcentual de mag - nésio .....	44
4.3.5.1,	Fôlhas superiores .....	44

4.3.5.2. Fôlhas inferiores .....	45
4.3.5.3. Caule .....	47
4.3.5.4. Raíz .....	48
4.3.6. Efeitos dos tratamentos sôbre o teor porcentual de enxô- fre .....	49
4.3.6.1. Fôlhas superiores .....	49
4.3.6.2. Fôlhas inferiores .....	50
4.3.6.3. Caule .....	52
4.3.6.4. Raíz .....	53
5. CONCLUSÕES .....	55
6. RESUMO .....	58
7. SUMMARY .....	59
8. LITERATURA CITADA .....	61

= : =

## 1. Introdução

O algodoeiro, constitui uma cultura de grande importância econômica para muitos países. A multiplicidade de produtos que dele se origina tem grande aceitação no mercado internacional;

Atualmente, segundo dados oficiais do IBGE (1970) o algodoeiro é cultivado em dezessete estados brasileiros, com uma produção global no ano agrícola de 1969 de 721 mil toneladas de algodão em pluma e 2,15 milhões de toneladas de algodão em caroço.

De acôrdo com NASCIMENTO (1970), nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco, nas suas áreas algodoeiras, se cultiva em grande escala o algodoeiro mocó ( Gossypium hirsutum L., var. Maria Galante Hutch. ) o qual concorre como principal produto no quadro da economia nordestina, participando com cêrca de 20% da renda bruta e, representando ainda 41% de tãda área cultivada com algodoeiros.

Além da importância econômica, o algodoeiro mocó se evidencia por ter a sua fibra classificada como longa ( 34-36 mm ) com bõa procura pelas indústrias têxteis e, por se apresentar com um ciclo vegetativo perene, sendo cultivado numa região onde a pluviosidade em geral é escassa e irregular, própria de clima semi-árido. ORTOLANI & DA SILVA (1965).

A produção de algodão mocó na região nordeste, apresenta a tendência de um gradual e constante aumento, devido mais , ao incremento de sua área de cultivo do que prõpriamente à elevação de seu rendimento médio por hectare, em caroço, considerado um dos mais baixos do mundo, 300 kg por hectare. (ORRICO et al., 1964 ).

Os nutrientes que o solo fornece às plantas, possivelmente são um dos fatores mais importantes que contribuem para o rendimento e qualidade da fibra. Apesar da sua grande importância econômica para a região, nenhum trabalho foi encontrado na revisão da literatura realizada, sãbre o conhecimento da nutrição mineral do algodoeiro mocó.

O conhecimento dos sintomas de deficiências serve de guia para identificar quais os elementos nã disponíveis às plantas

em quantidades suficientes e, até certo ponto, para correção das deficiências nutricionais sob condição de campo.

A análise química mineral das plantas, permite estabelecimento de níveis considerados como adequados ou não, para os diversos nutrientes contidos nos órgãos, que servirão de referência, dentro de certos limites, para confirmar ou diagnosticar as deficiências, excessos ou desequilíbrios da nutrição mineral das plantas.

O presente trabalho teve por objetivo obter um quadro sintomatológico das deficiências de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre em algodoeiros mocó, cultivados em soluções nutritivas e, verificar os efeitos das carências nutricionais, no crescimento, na composição química mineral e na distribuição dos elementos absorvidos pelas diferentes partes da planta.

## 2. Revisão da Literatura

Na presente revisão, foram selecionados os trabalhos que versam sobre a nutrição mineral do algodoeiro herbáceo, uma vez que não foi encontrado na literatura revisada, nenhum trabalho sobre a nutrição mineral do algodoeiro mocó.

ECKSTEIN et al. (1937) estudaram os sintomas da deficiência de potássio em diversas culturas, descrevendo entre elas, os sintomas de deficiência desse nutriente no algodoeiro cultivado em condições de campo: aparecimento de necrose nos bordos e ápices das folhas mais velhas, as quais se curvam para baixo, com uma posterior queda das folhas, além de apresentar a planta uma maturidade desigual das cápsulas e fibras de inferior qualidade. COOPER (1939) obteve sintomas de deficiências de nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio, em algodoeiros também cultivados em condições de campo, descrevendo-os da seguinte maneira: deficiência de nitrogênio se caracterizava por uma diminuição no crescimento das plantas, as quais apresentavam nas folhas mais velhas uma amarelecimento uniforme em todo limbo. Deficiência de fósforo, caracteriza-se por plantas de pequeno porte com folhas de coloração verde escuro e atrasada frutificação e maturidade. A deficiência de potássio assemelhava-se a descrita por Eckstein et al. A deficiência de magnésio, evidenciava-se pelo aparecimento nas folhas mais velhas, de uma coloração vermelho purpureo em todo limbo com as nervuras permanecendo verdes que com o progredir da deficiência, as folhas vinham a cair.

DASTUR (1941) verificou que algodoeiros submetidos a uma prolongada deficiência de nitrogênio em condições de campo, apresentavam nas suas folhas, pigmentos vermelhos, conhecidos como antocianinas. E, que, quando o teor de nitrogênio nas folhas estava abaixo de 2,5%, havia uma formação de taninos.

Estudando os fatores nutricionais responsáveis pelo "cotton rust" VOLK (1946) verificou que o baixo teor de potássio nos solos seria responsável pelo aparecimento daquela doença nos algodoeiros americanos.

PRESLEY & LEONARD (1948) observaram que "seedlings" de algodoeiros cultivados em solução nutritiva deficiente de cálcio apresentavam as suas raízes pouco desenvolvidas e quebradiças, as quais posteriormente morriam.

ERGLE (1953) cultivando algodoeiros em solução nutritiva, observou que sob condições de deficiências de enxofre havia nas

fôlhas um acúmulo excessivo de nitratos e compostos orgânicos nitrogenados. Em condições de deficiência de nitrogênio no entanto, não havia nas fôlhas acúmulo excessivo de sulfato. Quando as fôlhas deficientes em enxôfre foram analisadas, mostrou-se um teor de 0,17% de enxôfre total. Observou ainda que os sintomas de deficiências de enxôfre apareciam inicialmente, por um amarelecimento uniforme em todo o limbo nas fôlhas superiores, ao contrário do que ocorria com os sintomas de deficiência de nitrogênio que se iniciava nas fôlhas inferiores.

Estudando a nutrição do potássio em algodoeiros cultivados em condições de campo, APLLING & GIDDENS (1954) relataram que o teor de potássio das fôlhas apicais de plantas não deficientes, permaneceram ao redor de 2,0% até o quinto mês depois do plantio. As fôlhas mais novas de plantas deficientes em potássio, com um mês de idade apresentavam um teor de 2,3% e as fôlhas mais velhas 1,25%. Com 5 meses, estes valores foram de 0,6% para as fôlhas mais novas e 0,3% para as fôlhas mais velhas das plantas deficientes em potássio.

ERGLE & EATON (1957) observaram que em algodoeiros deficientes em fôsforo, havia uma diminuição nas fôlhas, dos teores de cálcio, magnésio, potássio e enxôfre. A concentração de nitratos diminuiu também, ao passo que os compostos nitrogenados solúveis aumentam, indicando possível bloqueio na síntese de proteína. Os sintomas de deficiência se caracterizam pelo aparecimento nas fôlhas, de grandes manchas, as quais se tornam cloróticas.

SOWELL & ROUSE (1958) encontraram resultados semelhantes aos encontrados por Ergle and Eaton, com plantas crescidas em soluções nutritivas. Observaram também que em algodoeiros crescidos em soluções com níveis normais, havia pouca diferença entre os teores químicos das fôlhas das diferentes partes da planta, mas a níveis deficientes de potássio as fôlhas superiores foram mais ricas neste nutriente que as inferiores. Os sintomas agudos de deficiência de potássio nas plantas apareciam quando as fôlhas apresentavam um teor médio de 0,74% de potássio.

BONNET et al. (1959) verificaram em plantas cultivadas em areia e irrigadas com soluções nutritivas, que quando o nível de nitrogênio nas fôlhas era menor que 2,14% as plantas apresentavam sintomas de deficiências daquele nutriente.

WILES (1959) confirma a importância do cálcio no desenvolvimento das raízes de "seedlings" de algodoeiros, anteriormente, observado por Presley and Leonard, e descreve sintomas nutricionais de deficiências de cálcio nas raízes, fôlhas cotiledonares, hipocô

tilos de "seedlings" de algodoeiros cultivados em solução nutritiva.

MENDES (1959)(1965) estudou os efeitos das deficiências de macronutrientes sobre o crescimento do algodoeiro, descrevendo os sintomas de deficiência de cada um dos nutrientes.

HELMY et al. (1960) descreveram os sintomas de deficiência de magnésio em algodoeiros cultivados em solução nutritiva, encontrando ligeiros sintomas de deficiências, quando as folhas inferiores das plantas apresentavam um teor igual ou menor que 1,58% de magnésio e, que, sintomas bem definidos de deficiências apresentavam-se quando os teores de magnésio nas folhas encontravam-se de 0,625 a 0,158%.

TINCKNELL et al. (1960) apresentaram análises foliares de algodoeiros cultivados em condições de campo com solos de baixo teores em nitrogênio e potássio, observando que, o teor de nitrogênio nas folhas guardam estreitas relações com a intensidade dos sintomas nutricionais de deficiência deste nutriente. Quando as folhas apresentavam um teor de nitrogênio abaixo de 4,5%, os sintomas evidenciavam-se. No caso de potássio, as plantas apresentavam sintomas de deficiências, quando suas folhas tinham um teor de potássio abaixo de 0,9%.

STRONBERG (1960) determinou em folhas deficientes de potássio de algodoeiros cultivados em condições de campo, o teor crítico de potássio nas folhas (0,6%), abaixo do qual, na planta, se desenvolviam rapidamente, os sintomas de deficiência deste nutriente.

MALAVOLTA & HAAG (1961) citado em MALAVOLTA et al. (1967) determinaram nas folhas de algodoeiros cultivados em solução nutritiva, teores deficientes e adequados para cada nutriente, os quais foram assim apresentados:

Nutrientes	Teores adequados (%)		Teores deficientes (%)	
	Folhas jovens	Folhas velhas	Folhas jovens	Folhas velhas
N	2,57	2,29	1,12	1,00
P	0,253	0,324	0,124	0,119
K	3,93	5,40	0,37	0,81
Ca	2,42	2,62	0,80	0,90
Mg	0,154	0,239	0,042	0,173
S	1,330	0,750	0,171	0,365

DONALD (1964) estabeleceu uma definitiva interrelação entre potássio, cálcio e sódio na nutrição do algodoeiro. Na presen

ça de grandes quantidades de cálcio no solo, apareciam sintomas de deficiências de potássio. A presença de sódio no solo diminuía a intensidade dos sintomas de deficiência de potássio.

PEREZ FREITEZ (1967) descreveu os sintomas de deficiência de macronutrientes, cultivados em solução nutritiva, apresentando teores percentuais adequados e deficientes de cada nutriente, nas folhas superiores e inferiores das plantas, que são os seguintes:

<u>Elemento</u>	<u>Teores adequados (%)</u>		<u>Teores deficientes (%)</u>	
	<u>F.Super.</u>	<u>F.Infer.</u>	<u>F.Super.</u>	<u>F.Infer.</u>
N	2,95	2,60	1,00	0,91
P	0,36	0,26	0,09	0,09
K	3,45	3,10	0,75	0,20
Ca	3,04	4,64	2,00	-
Mg	0,72	0,72	0,22	0,14
S	1,04	1,26	0,43	0,52

MALAVOLTA et al. (1967) e MALAVOLTA & ..... HAAG (1968) descreveram os sintomas de deficiência mineral no algodoeiro, estabelecendo um guia de reconhecimento para os sintomas de deficiência nas diversas partes da planta.

THENABADU (1968) encontrou uma interação significativa Mg/Na, determinando a absorção e distribuição de potássio e cálcio em plantas de algodão. Observou que, contrariamente ao ponto de vista de antagonismo de cátions, sob certas condições, o sódio aumentava o teor de potássio e cálcio nas plantas, sendo que este efeito era mais pronunciado quando magnésio era limitante.

GHEESLING & PERKINS (1970) cultivando algodoeiros em sílica irrigada, determinaram que o limbo das folhas era o melhor indicador do estado nutricional do manganês e magnésio nas plantas. Quando os limbos foliares apresentavam teores abaixo de 15 ppm e 2 000 ppm, sintomas de manganês e magnésio, respectivamente, apareciam nas plantas.

### 3. Materiais e métodos

#### 3.1. Variedades

A variedade de algodão ( Gossypium hirsutum L.) utilizada no ensaio foi a Maria Galante originária dos campos de multiplicação de sementes da SUDENE, em Piancó - PB. Trata-se de variedade que apresenta fibras de boa qualidade e de grande procura no mercado.

#### 3.2. Obtenção das mudas

As sementes previamente tratadas com sublimado corrosivo 1:1000, foram semeadas em caixas contendo vermiculita abrigadas em casa de vegetação. Quando as plantinhas tinham 5 cm de altura foram transplantadas individualmente para vasos de barro revestidos internamente com Neutrol - 45, tinta preta impermeabilizante.(1)

As plantas foram regadas diariamente com solução completa de HOAGLAND e ARNON (1950) modificada quanto ao fornecimento de ferro, diluída com água destilada na relação de 1:5, até apresentarem um aspecto uniforme, atingindo cerca de 25 cm de altura, aos 60 dias depois de semeada.

Ao atingir essa altura, fez-se passar água abundante pelo interior dos vasos, primeiramente água de torneira e depois água destilada, com o objetivo de remover os elementos minerais retidos pela areia de quartzo. Após a lavagem iniciaram-se os tratamentos conforme está descrito em 3.5.

#### 3.3. Recipientes

Os recipientes no ensaio eram de barro cozido, com as seguintes dimensões: 30 cm de altura, 18 cm de diâmetro superior e 12 cm de diâmetro inferior. Continham os vasos ao redor de 8 kg de areia de quartzo lavada. A parte interna foi impermeabilizada com tinta preta. A drenagem das soluções se dava através de um orifício situado no fundo dos vasos, pelo qual eram aquelas recolhidas em frascos por tubulação de plástico.

#### 3.4. Soluções nutritivas

---

(1) Fabricada por Otto Baumgart Indústria e Comércio, S. Paulo

As soluções usadas foram as de HCAGLAND & ARNON (1950). A solução completa, modificada quanto ao fornecimento de ferro e, as carentes de macronutrientes, modificadas por SARRUGE.(2)

O ferro foi adicionado na forma de "quelado", como FeNa-EDTA - 0,5%. As soluções empregadas foram preparadas a partir de soluções estoque de cada um dos sais, utilizando-se água destilada e sais pr<sup>o</sup>-análises. O pH das soluções, era ajustado a 6,5 em potenciômetro, cada vez que estas eram renovadas, mediante a adição de HCl 0,1N ou NaOH 0,1 N. As concentrações e as quantidades usadas das soluções aquosas se acham na Tabela nº 1

Tabela nº 1 - Composição química das soluções nutritivas. Valores em mililitros por litro de solução

Soluções estoque		Tratamentos						C <b>o</b> mpleta
		-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S	
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	M	1	-	-	1	1	1	1
KNO <sub>3</sub>	M	-	5	-	5	3	3	5
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	M	-	5	5	-	4	4	5
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	M	2	2	2	2	-	-	2
KCl	M	5	1	-	-	2	2	-
CaCl <sub>2</sub>	M	5	-	-	-	1	1	-
NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	M	-	-	1	-	-	-	-
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	M	-	-	2	5	-	-	-
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	M	-	-	-	-	2	-	-
Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	M	-	-	-	-	-	2	-
FeNa-EDTA 0,5%		1	1	1	1	1	1	1

Cada litro de solução nutritiva levava 1 ml de uma solução de micronutrientes que apresentava a seguinte composição:

<u>Componentes</u>	<u>g/l</u>
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	2,86
MnCl <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	1,86
ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	0,22
CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	0,08
H <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O	0,02

(2) Comum. pessoal, 1970.

### 3.5. Temperatura e umidade relativa do ar.

Foram feitos registros diários de temperaturas máxima e mínima no local do experimento, observando-se que as temperaturas de 42 14 °C respectivamente, a máxima e a mínima registradas durante todo o decorrer da parte experimental. As médias mensais das temperaturas máxima e mínima foram as seguintes:

<u>Meses</u>	<u>Temperaturas (°C)</u>	
	<u>Máxima</u>	<u>Mínima</u>
novembro	34,0	19,4
dezembro	36,4	22,4
janeiro	36,2	22,1
fevereiro	34,8	22,3
março	34,7	20,3

O ar, no local do experimento, durante todo o transcorrer deste, foi umidificado, através de circulação forçada de ar úmido, proveniente de quatro ventiladores existentes na casa de vegetação.

### 3.6. Cuidados fitossanitários

As sementes antes de plantadas, foram lavadas com sublimado corrosivo 1:1000, para o combate preventivo a fungos durante a germinação. Quando foi realizado o transplante para os vasos, as mudinhas receberam pulverizações com Dithane Z-78, fungicida à base de zinco, sendo, periodicamente renovadas, cada vinte dias.

Para o combate preventivo a ácaros, foram feitas aplicações também periódicas de Tebion, acaricida orgânica, cada vinte dias, sendo, no entanto, estas, intercaladas com as pulverizações do fungicida.

### 3.7. Tratamentos e delineamento experimental

O experimento foi constituído de 7 tratamentos, repetidos 4 vezes, utilizando-se duas plantas por cada repetição. O delineamento adotado foi o de blocos ao acaso. Os tratamentos foram os seguintes:

- Completo : Solução com todos os nutrientes.
- N : Com omissão de nitrogênio.
- P : Com omissão de fósforo.

- K            Com omissão de potássio.
- Ca        : Com omissão de cálcio.
- Mg        Com omissão de magnésio.
- S         : Com omissão de enxôfre.

Cada planta recebeu 1 litro de solução nutritiva, sendo esta renovada cada quatro dias. Os vasos eram irrigados duas vezes por dia nas primeiras semanas e, no final até quatro vezes, nos dias mais quentes. Ao se proceder a irrigação, a solução contida no frasco coletor era sempre completada a 1 litro.

### 3.8. Sintomas de deficiências

#### 3.8.1. Sintomas externos ( morfológicos )

A descrição dos sintomas de deficiências foi feita com a ajuda do Atlas de cores de VILLALOBOS-DOMÍNGUEZ & VILLALOBOS (1947), o qual permite uma melhor precisão na descrição das cores. O sistema de classificação e anotação foi o seguinte:

- (a) A letra ou letras indicam a cor e sua matiz;
- (b) O número ou números dão valor da luminosidade;
- (c) O grau expressa a tonalidade de matiz.

#### 3.8.2. Sintomas internos ( anatômicos )

As alterações anatômicas das folhas, devidas aos diversos tratamentos, foram estudados em áreas do limbo foliar que apresentavam sintomas de deficiência. Estas áreas, previamente colhidas foram colocadas entre pedaços de medula de sabugueiro e cortadas transversalmente à mão, com lâmina de barbear. Os cortes histológicos foram montados em um meio formado de partes iguais de água e glicerina e, as lâminas, observadas imediatamente em microscópio e descritas.

### 3.9. Colheita das plantas

As plantas eram colhidas quando apresentavam sintomas de deficiência bem definidas. Cada planta foi dividida em quatro partes: folhas superiores, folhas inferiores, caule e raiz.

#### 3.9.1. Determinação do peso do material seco.

As diversas partes colhidas foram cortadas em pe

daços pequenos e levados à estufa a 70-80°C. As raízes foram lavadas previamente com água destilada a fim de eliminar os sais absorvidos e a areia de quartzo que nelas aderiram. Depois de secas as amostras foram pesadas e anotando-se o peso da matéria seca em gramas.

### 3.9.2. Medição da altura das plantas

Tôdas as medições foram tomadas a partir do colo até a gema terminal, em centímetros.

## 3.10. Análises químicas

### 3.10.1 Preparo da amostra

O material seco foi triturado em moinho "Wiley" com peneiras de malha 20 e armazenado em sacos de plásticos.

### 3.10.2. Digestão da amostra

As determinações de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre foram feitas em alíquotas de um extrato de 100 ml, obtidos pela digestão de 1 grama de amostra com ácido nítrico e perclórico, segundo LOTT et al. (1956).

### 3.10.3. Métodos analíticos

Nitrogênio: Digestão de 100 mg de material por ácido sulfúrico em presença de selenito de sódio, sulfato de cobre e sulfato de potássio; destilação em micro aparelho de Kjeldahl, segundo MALAVOLTA (1957).

Fósforo: Método colorimático, baseado na formação de ácido fosfovanadomolibdico, de acordo com LOTT et al. (1956).

Potássio: Fotometria de chama, usando-se aparelho Beckman, modelo B, segundo, técnica descrita por MALAVOLTA (1964).

Cálcio e Magnésio: Método de espectrofotometria de absorção atômica, PERKIN-ELMER (1966).

Enxofre: Gravimetria do sulfato de bário, TOTH et al. (1948).

## 3.11. Análise estatística

Foram feitas análises estatísticas dos dados do peso da matéria seca e dos teores químicos usando-se o teste de TUKEY, descrito em PIMENTEL GOMES (1966).

#### 4. Resultados e discussão.

##### 4.1. Sintomas de deficiência.

##### 4.1.1. Nitrogênio

##### 4.1.1.1. Sintomas externos ( morfológicos )

Os sintomas de deficiência de nitrogênio foram os primeiros a aparecer sobre as plantas, dez dias após o início do tratamento, no 70<sup>o</sup> depois do plantio, apresentaram uma coloração verde clara ( L/10/11<sup>o</sup> ) e, acompanhando esta manifestação, notava-se uma redução do crescimento da planta, quando comparadas com o crescimento da planta testemunha.

Com a evolução dos sintomas, as folhas inferiores tornaram-se cloróticas ( Y/15/9<sup>o</sup> ), mostrando ao mesmo tempo manchas pardacentas ( OCY/14/6<sup>o</sup> ), irregulares que se distribuíram ao longo da base do limbo. As folhas mais novas também tornaram-se de coloração verde limão ( LG/13/8<sup>o</sup> ).

Os sintomas de deficiência avançavam em direção às folhas superiores, devido possivelmente à grande mobilidade que possui o nitrogênio de se translocar de órgãos mais velhos para os mais jovens da planta.

( Vêr "slide" 1 )

O caule apresentava um crescimento reduzido, dando à planta um baixo porte, internódios curtos e poucas folhas. Não foi observado nenhum ramo vegetativo, nem brotação de gemas laterais. O sistema radicular apresentava a raiz principal ( pivotante ) pequena e com pequeno número de raízes laterais, também, pouco desenvolvidas.

Os sintomas obtidos concordam com os descritos por COOPER (1939), ERGLE (1953), MENDES (1959), BONNET et al. (1959), PEREZ FREITEZ (1967), MALAVOLTA et al. (1967) e MALAVOLTA & HAAG (1968).

##### 4.1.1.2. Sintomas internos ( anatômicos )

Examinando-se o mesófilo, através de vários cortes da folha abrangendo áreas onde a clorose estava em franca evolução, até aquelas em que a clorose era total, verificou-se que não houve necrose e, que histologicamente, a estrutura tinha aspecto normal. As alterações citológicas mais importantes se caracterizavam pelo esmaecimento generalizado e uniforme, atingindo todos os cloroplastos. A medida que evoluíam os sintomas, a cor verde ia se tornando mais clara, até

ficar quase branca. Esse fato era acompanhado pela deposição de amido no estroma plastidial, assumindo os plastos tamanho e forma que dependiam do grau de deposição daquele carboidrato, cuja identificação foi feita pelo reativo de Lugol.

NIGHTINGALE et al. (1931) verificaram que carboidratos se acumulam na planta quando esta tem um suprimento deficiente de nitrogênio.

Os sintomas obtidos estão concordantes com os verificados por ACCORSI et al., (1960) em folhas de goiabeiras e por Thomson & Weir, citado por MALAVOLTA (1965), em folhas de feijoeiros.

#### 4.1.2. Fósforo

##### 4.1.2.1. Sintomas externos (morfológicos).

Os primeiros sintomas da deficiência mineral apareceram após 14 dias do início do referido tratamento, ou seja, 74 dias depois de plantadas as sementes. Inicialmente, apareceram nas folhas mais velhas e, se caracterizavam, por apresentar nos bordos e nos ápices dos lobos, pontos cloróticos, os quais, com o progredir dos sintomas, se uniam formando faixas de cor levemente amarelada ( Y/18/12<sup>o</sup>).

Com o evoluir dos sintomas estas faixas começaram a se necrosar progredindo centripetamente no sentido do ponto de inserção do pecíolo.

A folha, em estado avançado de deficiência se tornava encarquilhada e quebradiça, com uma coloração pardacenta ( O O Y / 13/5<sup>o</sup> ) vindo posteriormente a cair. As partes não necrosadas, que eram as regiões das nervuras, se apresentavam de uma coloração verde amarelada ( L L Y / 16/9<sup>o</sup> ). As folhas mais novas apresentavam uma coloração verde-bronzeado ( L L Y / 11/6<sup>o</sup> ) quando comparadas com as da planta testemunha. Estes sintomas nas folhas, diferem dos sintomas descritos por COOPER (1939), MENDES (1959), MALAVOLTA et al., (1967) e BERGER (1969).

( Vêr "slide" 2 )

O crescimento das plantas foi paralisado, fazendo assim que elas apresentassem um reduzido porte, em comparação com as plantas testemunhas. O caule apresentava-se quase que totalmente desfolhado, delgado e pouco desenvolvido, sem ramos e sem gemas laterais.

As raízes se mostravam pouco desenvolvidas, sendo a raiz pivotante, delgada e pequena.

Estes sintomas, são concordantes com os descritos pelos autores acima citados.

#### 4.1.2.2. Sintomas internos ( anatômicos ).

Observações foram levadas a efeito nas áreas foliares situadas nas imediações da nervura principal, onde os sintomas estavam bem caracterizados. Verificou-se que, a espessura do limbo e a conformação das células do mesófilo, foram atingidas pela carência. A retenção de gases foi intensa, dificultando em parte o exame do conteúdo celular.

Constatou-se clorose no mesófilo, próximo a nervura principal, sendo mais pronunciada no tecido paliçádico, fazendo-se acompanhar de modificações na forma ( poliédrica, fusiforme etc.), no tamanho dos cloroplastos e, também, no número e na distribuição em cada célula.

Houve pequena deposição de amido no estroma dos plastos, identificado pela reação do Lugol.

Os efeitos observados foram semelhantes aos descritos em outras culturas por HAAG (1965), Thompson & Weir, citados por MALAVOLTA (1965), ACCORSI et al. (1960) e ACCORSI & HAAG (1960).

#### 4.1.3. Potássio

##### 4.1.3.1. Sintomas externos ( morfológicos )

Os sintomas de deficiência de potássio foram um dos últimos a aparecer na planta, tendo sido observados os primeiros sintomas, no vigésimo quarto dia após o início da omissão do nutriente da solução nutritiva, quando as plantas tinham 84 dias depois de semeadas.

Estes sintomas, se iniciaram nas folhas inferiores, por pontos cloróticos, espalhados irregularmente, nas áreas internervais, ápice e bordos foliares, os quais com o progredir dos sintomas se uniam, formando faixas verde-amareladas ( YYL/19/9<sup>o</sup> ). Com a evolução da deficiência, estas faixas tomaram uma cor bronzeada, depois par-dacenta ( OYY/16/4<sup>o</sup> ) ficando completamente necrótica, circundando quase que completamente a folha, a qual cai.

A superfície das folhas apresentou-se rugosa ao tato, e com uma pequena distorção para baixo, do terço apical, ápice e bordos foliares.

Nas folhas superiores, apresentava-se uma coloração verde-escuro mais intensa ( GGL/5/9<sup>o</sup> ).

( Vêr " slide " 3 )

O caule quando comparado com o da planta teste - munha, mostrava-se delgado e com pequeno número de folhas. As raízes apresentavam menor crescimento quando comparadas com os da planta testemunha.

Esses sintomas apresentados, concordam com os descritos por ECKSTEIN et al. (1937), COOPER (1939), VOIK (1946) APPLING and GIDDENS (1954), SOWELL and ROUST (1958), MENDES (1959), TICKNELL et al. (1960), STROMBERG (1960), MALAVOLTA et al. (1967), PEREZ FREITEZ (1969) e MALAVOLTA & HAAG (1968).

#### 4.1.3.2. Sintomas internos ( anatômicos ).

Os sintomas internos resultantes da carência de potássio, foram observados em cortes anatômicos praticados nas áreas do limbo, que revelaram os sintomas morfológicos. As alterações citológicas, caracterizavam-se pela presença de gases nos tecidos palicádicos próximo à nervura principal, resultando daí, os aspectos sombrios nessa região. O tecido lacunoso, em comparação com o palicádico era bem mais claro. As paredes celulares estavam também afetadas na forma. Entretanto, as alterações mais profundas ocorreram nos cloroplastos, que manifestaram clorose e modificações na forma, no número e no tamanho. Como nos demais tratamentos, a distribuição dos cloroplastos era irregular, apresentando-se, esparsos, isolados ou aglutinados.

Com o avanço de clorose, nas células, se depositaram amido e os amiloplastos, adquiriram tamanho menor e forma diversas das dos cloroplastos, principalmente, no tecido lacunoso.

A acumulação de amido nas células pode ser devida à inexistência de translocação dessa substância ou de sua baixa utilização para a formação de aminoácidos e proteínas. A influência do potássio é relatada por LAWTON & COOK (1954) e MALAVOLTA (1970) como ocorrente nesses processos acumulativos de amido.

Os sintomas internos concordam com os descritos por HAAG (1965) e ACCCRSI et al. (1960).

#### 4.1.4. Cálcio

##### 4.1.4.1. Sintomas externos ( morfológicos )

Os primeiros sintomas de deficiência de cálcio nas plantas deficientes deste nutriente, apareceram ao 20º dia depois da omissão do cálcio na solução nutritiva, ou seja 80 dias depois do plantio. Os sintomas de deficiência, se iniciaram nas folhas mais novas, pelo aparecimento de faixas radiais na região próxima à inserção do pecíolo no limbo.

bo. Estas faixas radiais cloróticas ( YL/17/7<sup>o</sup> ), com a evolução dos sintomas, caminhavam no sentido das nervuras principais, nas regiões internervais, tornando-se amareladas ( Y/12/18<sup>o</sup> ), para num estado mais avançado de deficiência, tornaram-se necróticas, de cor pardo-avermelhada ( OGY/15/8<sup>o</sup> ).

Os bordos foliares e as nervuras principais, no entanto apresentavam uma cor verde quase normal ( GGL/5/8<sup>o</sup> ).

A folha no estado avançado de deficiência ficava completamente encarquilhada, seca e vindo posteriormente a cair.

No pecíolo, bem próximo ao ponto de inserção no limbo, começaram a aparecer manchas necróticas escuras ( R/4/1<sup>o</sup> ) as quais progrediam em direção à base do pecíolo, apresentando uma transição sintomática, na seguinte sequência: junto ao ponto de inserção do limbo, manchas necróticas escuras ( R/4/1<sup>o</sup> ) com tecidos mortos, provocando um estrangulamento do pecíolo. A seguir, uma parte murcha, pardacenta ( OGY/7/9<sup>o</sup> ) que vai se tornando amarelada ( Y/17/8<sup>o</sup> ) até atingir o verde normal ( GGL/12/6<sup>o</sup> ) da parte sã do pecíolo. Quando estes sintomas atingiam aproximadamente a metade do pecíolo, a folha se destacava e caía. Nesta ocasião, o pecíolo apresentava o aspecto de um chicote, em que a parte contendo a lâmina foliar, tinha um aspecto de um cordão escuro, flexível e resistente.

Os sintomas apresentados na lâmina foliar e pecíolo não estão de acordo com os descritos na literatura por MENDES (1959)(1965), PEREZ FREITEZ (1967), WILES (1959), MALAVOLTA et al. (1967) e MALAVOLTA & HAAG (1968), com exceção da localização dos mesmos nas plantas, que se verificaram sempre nas folhas superiores .

( Ver " slide " 4 )

Paralelamente ao aparecimento dos sintomas de deficiência no pecíolo, o brôto terminal, começava a murchar, necrosar-se, apresentando uma cor escura ( R/4/1<sup>o</sup> ), secando e se destacando ao menor toque.

O caule apresentava-se delgado, visivelmente inclinado, quase que totalmente desfolhado apresentando poucas folhas superiores, notando-se a brotação de gemas laterais sensivelmente prejudicadas.

As raízes eram pouco desenvolvidas, sendo que o número de raízes laterais era muito reduzido, apresentando-se as pontas das mesmas, escurecidas.

Esses sintomas, são concordantes, com os relatados pelos autores acima citados.

#### 4.1.4.2. Sintomas internos ( anatômicos )

Cortes transversais foram feitos na zona central da fôlha onde os sintomas eram mais pronunciados. Verificou-se aí que o mesófilo, nas adjacências da nervura principal, apresentava clorose inicial, principalmente o parênquima paliçádico, o qual se mostrava um tanto sombrio, devido aos gases retidos entre as paredes de suas células.

Os cloroplastos não revelaram aspecto normal, assumindo várias formas e tamanhos diversos, sendo de um verde mais claro que o normal.

Nas áreas onde os sintomas eram mais intensos a clorose também era mais pronunciada, atingindo todo o mesófilo e perdendo as paredes celulares a sua conformação normal.

Os plastos mais cloróticos assumiam diversas formas e a sua distribuição era irregular, isto é, espalhados, reunidos em pequenos grupos ou aglutinados.

Os sintomas observados foram semelhantes aos descritos por ACCORSI & HAAG ( 1960 ).

#### 4.1.5 Magnésio

##### 4.1.5.1 Sintomas externos (morfológicos)

As plantas deficientes em magnésio apresentaram os primeiros sintomas de deficiência deste nutriente, dezesseis dias após de iniciado o tratamento, aos 76 dias depois de plantadas.

Os sintomas de deficiência de magnésio iniciaram-se nas fôlhas inferiores, por pontos cloróticos, os quais com o progredir da deficiência, se uniam formando faixas amarelas ( Y/14/11<sup>0</sup> ) internervais, as quais se distribuíam ao longo das nervuras principais; estas permanecendo de coloração verde normal ( GGL/8/8<sup>0</sup> ). Estas faixas com o progredir dos sintomas, se tornavam irregulares e necróticos, tomando uma cor marrom escuro ( O/9/6<sup>0</sup> ).

Nos bordos das fôlhas, também ocorreu uma necrose que teve início na região dos lobos basais, progredindo em direção ao centro do limbo, através das regiões internervais. Num estado mais avançado os bordos ficavam completamente crestados, tornando-se encarquilhados.

( Vêr "slide" 5 )

O caule apresentava-se pouco desfolhado, delgado e menos vigoroso quando comparado com o da planta testemunha. Não foi

observado nenhum ramo frutífero, nem tampouco nenhuma brotação de gemas axilares.

O sistema radicular se apresentava quase normal, com uma raiz pivotante bem desenvolvida e com uma quantidade satisfatória de raízes laterais.

Os sintomas observados foram concordantes com os descritos por COCFER (1939), MENDES (1959), HELMY (1960), MALAVOLTA et al., (1967), PEREZ FREITEZ (1967), MALAVOLTA & HAAG (1968), GHEESLING & PERKINS (1970).

#### 4.1.5.2. Sintomas internos (anatômicos).

Como seria de se esperar, a carência de magnésio, elemento essencial para a formação da molécula da clorofila, provocou o aparecimento de clorose nos cloroplastos. Estes tornaram-se progressivamente menos verdes e, quando, alcançaram o estágio final dos sintomas de deficiência, mostraram-se esbranquiçados.

Paralelamente ao descolorimento, a forma dos cloroplastos se alterava com a redução no tamanho do estroma. A distribuição dos plastos no campo celular era irregular, havendo grupos aglutinados, outros esparsos e com vários graus de dispersão.

Havia também, acúmulo de gases entre as células, principalmente, nas do paliçádico. No lacunoso, ao lado dos "amiloplastos" quase nada alterados, foram observadas diminutas granulações.

Estas mesmas alterações anatômicas foram encontradas por ACCORSI & HAAG (1960), em folhas de caféiro, se verificando somente a mais, a presença de corpúsculos de graxa.

#### 4.1.6. Enxôfre

##### 4.1.6.1. Sintomas externos (morfológicos)

As manifestações características da carência de enxôfre apareceram 26 dias depois de iniciado o tratamento, ou seja aos 86 dias depois de plantadas as sementes, sendo, as últimas a se evidenciar.

Os sintomas de deficiência, iniciaram-se nas folhas superiores por uma leve clorose na base do limbo que, com o progredir da deficiência, se dirigia para a parte apical da folha, dando à mesma uma coloração verde limão uniforme (LLG/17/10<sup>0</sup>).

Num estado mais avançado de deficiência, a clorose atingia também as folhas mais velhas, as quais tomavam uma cor

mais clara ( LG/15/5<sup>0</sup> ) que a da planta testemunha. Nêste trabalho, as fôlhas superiores se apresentaram onduladas e com os bordos voltados para cima.

( Vêr "slide" 6 )

O caule apresentava-se vigoroso, com fôlhas desde a base até o ápice, bem desenvolvido e apresentando ramos frutíferos e grande número de gemas axilares, porém de menor porte quando comparado com o da planta testemunha.

O sistema radicular bem desenvolvido, com a raiz principal vigorosa e as raízes laterais em grande número e com aspecto normal.

Estes sintomas concordam com os observados por ERGLE (1953), MENDES (1959), MALAVOLTA et al., (1967), PEREZ FREITEZ (1967), MALAVOLTA & HAAG (1968).

#### 4.1.6.2. Sintomas internos ( anatômicos )

As alterações morfológicas e anatômicas, provocadas pela carência de enxôfre, foram obtidas em cortes praticados na região central do limbo, quando os sintomas se encontravam já bem definidos. Foi verificado que a carência de enxôfre produzia também clorose generalizada mais ou menos uniforme nos parênquimas paliçádico e lacunoso.

A forma dos cloroplastos variava desde a de globular até a de bastonetes retos ou recurvados, os quais se distribuíam de diversas maneiras no campo celular: isolados, reunidos e mesmo aglutinados.

Pelo reativo de Lugol, foi observada a presença de amido acumulado nos plastos de maiores tamanhos e de forma globulosa.

Com exceção da presença de amido nos plastos, os sintomas achados são semelhantes aos observados por ACCORSI & HAAG (1960), ACCORSI et al., (1960) e HAAG (1965).

## 4.2. Crescimento

O crescimento das plantas foi avaliado através das medições de altura, pêso do material sêco das fôlhas superiores e inferiores, do caule e da raiz.

### 4.2.1. Altura das plantas

As alturas das plantas de cada tratamento, média

de quatro repetições, expressas em centímetros, se acham a Tabela 2.  
**TABELA 2.** - Altura das plantas ( cm ) dos tratamentos completo, e com omissões de macronutrientes.

Tratamentos	Alturas das plantas ( cm ) ( média de quatro repetições )
Completo	129,88
- S	98,03
- Mg	88,12
- Ca	63,13
- K	60,00
- N	49,30
- P	41,00
C.V. = 6,82%	d.m.s. ao nível de 5% = 11,90

Pelo exame da Tabela 2, observa-se que, pelo teste de TUKEY ao nível de 5% de probabilidade, houve uma paralização significativa no crescimento de tôdas as plantas que vegetaram em solução nutritiva com omissão de macronutriente, em relação aquelas que cresceram em solução nutritiva completa.

Este fato, é contrário aos observados por diversos autores.

MENDES (1959) em algodoeiros cultivados em solução nutritiva, encontrou que somente os tratamentos com omissão de cálcio ou de nitrogênio diferiam significativamente do tratamento completo. HAAG (1965) em trabalho com cana de açúcar, cultivada com solução nutritiva, encontrou também somente diferindo significativamente do tratamento completo, os tratamentos com omissão de nitrogênio ou de potássio, ou com omissão de fósforo.

É interessante observar que no presente trabalho, as plantas, de início, também foram cultivadas em solução nutritiva completa diluída como nos trabalhos dos citados autores, e, no entanto, houve diferenças significativas no crescimento de tôdas as plantas dos tratamentos com omissão de macronutrientes, em relação àquela do tratamento completo.

Tal fato pode ser explicado pela modificação feita por SARRUGE (1970) na concentração iônica das soluções nutritivas ca-

rentes de cada macronutrientes, que permitiu um balanceamento adequado dos elementos nas soluções nutritivas preparadas.

Observa-se ainda pelo exame da Tabela 2, que nas omissões de macronutrientes, as que mais influenciaram no crescimento das plantas foram: a de fósforo, seguida de perto pela de nitrogênio.

A importância da necessidade desses dois macronutrientes, no crescimento das plantas, é bem conhecida e, em relação ao algodoeiro, foi verificada por ARMSTRONG & ALBERT (1931), MURPHY (1939), COOPER (1939), PHILLIS & MASON (1939) e BLANK (1944).

#### 4.2.2. Pêso das folhas superiores

Os dados de pêso de matéria seca produzida pelas folhas superiores, médias de quatro repetições e expressos em gramas se acham na Tabela 3.

**TABELA 3.** Pêso de matéria seca produzida pelas folhas superiores (g):

Tratamentos	Pêso das folhas superiores ( g ) (média de 4 repetições)
Completo	23,26
- S	20,38
- Ca	17,44
- K	15,62
- Mg	14,08
- P	3,11
- N	2,74
C.V. = 17,89%	d.m.s. ao nível de 5% = 5,69

Olhando-se a Tabela 3., observa-se que o tratamento completo, foi o que produziu maior quantidade de matéria seca, sendo estatisticamente superior, pelo teste de TUKEY ao nível de 5% de probabilidade, aos demais tratamentos, com exceção do tratamento -S. Este tratamento, no entanto, é significativamente maior do que os tratamentos -Ca, -K, -Mg, -P, e -N. Estes três primeiros, não diferem significativamente entre si, mas o fazem, com os tratamentos -P e -N.

O tratamento -N e -P, apresentam a menor produção de matéria seca, diferindo significativamente de todos os demais tra

tamentos sòmente não diferindo entre si.

Resumindo, pode-se verificar que a produção de fôlhas superiores foi afetada pela omissão de todos os macronutrientes, com exceção feita para a de enxôfre. Na omissão de nitrogênio houve a menor produção de matéria sêca produzida pelas fôlhas, seguida de perto pela omissão de fósforo da solução nutritiva.

#### 4.2.3. Pêso das fôlhas inferiores

Os dados de pêso de matéria sêca produzida pelas fôlhas inferiores, médias de quatro repetições e expressos em gramas a cham-se na Tabela 4.

TABELA 4. - Pêso de matéria sêca (g) produzida pelas fôlhas inferiores.

Tratamentos	Pêso de fôlhas inferiores (g) (média de 4 repetiçõs)
Completo	18,50
- Mg	17,71
- S	15,21
- K	10,91
- P	4,36
- N	4,03
- Ca	3,69
C.V. = 15,37	d.m.s. ao nível de 5% = 3,77

A análise estatística dos dados de pêso de matéria sêca produzida pelas fôlhas inferiores, revela pelo teste de TUKEY ao nível de 5% da probabilidade que o tratamento completo é superior a todos os demais, exceto ao menos magnésio. Este tratamento não difere significativamente do tratamento menos enxôfre, porém, é superior aos tratamentos -K, -P, -N e -Ca. O tratamento -S é significativamente superior a êstes quatro últimos. O tratamento -K supera os tratamentos -P, -N e -Ca; êstes, não diferem significativamente entre si.

Observa-se que a omissão de cálcio, de nitrogênio e a de fósforo provocaram menor produção de matéria sêca. Com relação a emissão de cálcio, o fato pode ser explicado, pelo desfolhamento ocorrido nas fôlhas inferiores, acarretando assim, uma menor quantidade de fôlhas para pesagem.

Os tratamentos -K e -S também afetaram negativamente a produção de matéria sêca. O tratamento -Mg não influenciou sôbre o pêso da matéria sêca das fôlhas inferiores.

#### 4.2.4. Pêso do caule

Os dados de peso de matéria seca produzida pelo caule, médias de quatro repetições, expressos em gramas acham-se na Tabela 5.

TABELA 5. - Pêso da matéria seca ( g ) produzida pelo caule

Tratamentos	Pêso do caule ( g ) ( média de quatro repetições )
Completo	51,45
- S	35,54
- Mg	17,49
- K	16,28
- Ca	8,43
- P	7,29
- N	7,22
C.V. = 14,38%	d.m.s. ao nível de 5% = 6,81

Pelo exame da Tabela 5., observa-se que pelo teste de TUKEY ao nível de 5% de probabilidade, o tratamento completo é superior a todos os demais. O tratamento menos enxofre se evidêcia por se apresentar também superior aos demais com exceção feita para o tratamento completo.

Os tratamentos -Mg e -K, não diferem entre si, mas são significativamente superiores aos tratamentos -Ca, -P e -N. Estes três últimos tratamentos não diferem entre si.

Os tratamentos -N, -P e -Ca, foram os que mais influenciaram na redução da produção de matéria seca do caule. Os demais não influenciaram, tanto quanto, os três citados tratamentos.

#### 4.2.5. Pêso das raízes

Os dados de peso de matéria seca produzida pelas raízes, médias de quatro repetições, expressos em gramas, se encontram na Tabela 6.

TABELA 6. - Pêso de matéria seca produzida pelas raízes ( g )

Tratamentos	Pêso das raízes ( g ) ( média de quatro repetições )
Completo	32,96
- S	24,76
- K	12,87
- Mg	12,42
- N	9,65
- P	9,45
- Ca	5,57
C.V. = 16,09 %	d.m.s. ao nível de 5% = 5,71

Felo exame da Tabela 6., observou-se pelo teste de TUKEY ao nível de 5% , que da mesma forma com o ocorrido nas outras partes da planta, o tratamento completo se evidencia superior aos demais. O tratamento -S, embora menor ao completo, é superior a todos os restantes. Os tratamentos -K, -Mg, -N e -P não diferem entre si.

Vê-se pois, que o tratamento que mais afetou negativamente no desenvolvimento das raízes foi o com omissão de cálcio. A necessidade deste elemento no desenvolvimento normal das raízes de plantas é bem conhecida e, para o algodoeiro tem sido relatada por diversos autores: PRESLEY & LEONARD (1948), MENDES (1959) WILES (1959), MALAVOLTA et al., (1967) e BERGER (1969).

O tratamento com omissão de enxôfre foi o que afetou menos negativamente, no desenvolvimento normal das raízes.

#### 4.3. Composição mineral das plantas

Os resultados das análises químicas das diferentes partes da planta são apresentados e discutidos neste ítem .

##### 4.3.1. Efeitos dos tratamentos sobre o teor porcentual de nitrogênio.

##### 4.3.1.1. Fôlhas superiores

Os teores de nitrogênio nas fôlhas superiores, médias de quatro repetições, expressos em porcentagem, encontram-se

Tabela 7.

TABELA 7. - Teor porcentual de N nas folhas superiores

Tratamentos	% de N
- K	3,91
- Mg	3,38
- P	3,37
Completo	3,27
- S	3,24
- Ca	3,12
- N	1,75
C.V. = 13,87 %	
d.m.s. ao nível de 5% = 1,05	

Observando a tabela 7, vê-se que pelo teste de TUKEY ao nível de 5% de probabilidade, os tratamentos -K, -Mg, -P, Completo, -S e -Ca não diferem entre si. Somente o tratamento -K é superior ao tratamento com omissão de nitrogênio.

Pode-se constatar, portanto, que a falta de nitrogênio, na solução, provoca uma queda na percentagem desse elemento nas folhas superiores.

Considerando os dados percentuais de nitrogênio do tratamento completo e do -N, observa-se que estes valores são superiores aos encontrados por Malavolta & Haag (1961) citado em MALAVOLTA et al., (1967) que são respectivamente 2,57% de N para o tratamento completo e 1,12% para o tratamento com omissão de nitrogênio. São superiores aos encontrados por PREZ FREITEZ (1967) 2,95% e 1,00% de N respectivamente, para o tratamento completo e -N, e inferior ao encontrado por BONNET et al., (1959) em plantas deficientes de nitrogênio, as quais, apresentavam um teor de 2,14%, nas folhas superiores.

Em relação ao encontrado por TINCKNELL et al., (1960), 4,5% de N, em algodoeiros deficientes em nitrogênio, o valor achado no presente trabalho é bastante inferior.

Os níveis encontrados nas folhas superiores em função dos tratamentos completo e -N, foram os seguintes:

<u>Nível de nitrogênio</u>	<u>N%</u>
Deficiente	2,75
Normal	3,24

4.3.1.2. Fôlhas inferiores

Os teores de nitrogênio nas fôlhas inferiores médias de quatro repetições, expressos em porcentagem de N, se acham na Tabela 8.

TABELA 8. - Teor porcentual de N nas fôlhas inferiores.

Tratamentos	% de N
- K	3,58
- Ca	2,98
Completo	2,60
- P	2,56
- Mg	2,44
- S	2,11
- N	1,54
C.V. = 11,47%	d.m.s. ao nível de 5% = 0,67

Examinando os dados da Tabela 8., observa-se pelo teste de TUKEY ao nível de 5% de probabilidade que o tratamento -K é superior a todos os demais. Os tratamentos -Ca, completo, -P e -Mg não diferem entre si, sendo no entanto, maiores que os tratamentos -S e -N. O tratamento -S também supera o -N

Da mesma maneira que ocorreu nas fôlhas superiores, a omissão de nitrogênio provocou uma queda acentuada no teor desse elemento nas fôlhas inferiores.

Em relação aos teores porcentuais de nitrogênio do tratamento completo e -N, observa-se que estes valores são superiores aos encontrados por Malavolta & Haag (1961) citado em MALAVOLTA - (1967), os quais são 2,29% para o tratamento completo e 1,00% para com a omissão de nitrogênio. Comparando com os teores encontrados por PÉREZ FREITEZ (1967), 2,60% para o completo e 0,91% para o tratamento -N, vê-se que houve uma igualdade de valor para o tratamento completo e uma superioridade para o tratamento com omissão de nitrogênio.

A omissão de potássio da solução foi a única, que causou um aumento significativo na concentração de nitrogênio nas fôlhas inferiores. Este aumento também, foi observado por PEREZ FREITEZ - (1967) em algodoeiros cultivados em solução nutritiva deficiente de potássio.

Os níveis de nitrogênio encontrados nas folhas inferiores foram os seguintes:

<u>Nível de nitrogênio</u>	<u>N %</u>
Deficiente	1,54
Normal	2,60

#### 4.3.1.3. Caule

Os teores de nitrogênio no caule, média de quatro repetições, expressos em porcentagem acham-se na Tabela 9.

TABELA 9. - Teor porcentual de N no caule.

Tratamentos	% de N
- Ca	2,16
- K	2,15
- Mg	1,48
Completo	1,38
- P	1,33
- S	1,28
- N	0,64
C.V. = 18,17%	d.m.s. ao nível de 5% = 0,66

A análise estatística dos dados da tabela 9., indica pelo teste de TUKEY ao nível de 5% de probabilidade, que o tratamento -Ca é superior aos demais, com exceção do tratamento -K. Este tratamento no entanto, também difere, dos demais. Os tratamentos -Mg, completo, -P e -S, não diferem entre si. O tratamento -N difere significativamente não só do tratamento completo, mas também de todos os outros, com exceção do -S.

A omissão de nitrogênio da solução causou o mais baixo teor desse elemento no caule ( 0,64 % ).

Observa-se, que somente a omissão de cálcio ou de potássio da solução, provocaram aumento significativo no teor de nitrogênio. PIRSON (1955), informa que, em plantas deficientes em potássio, há uma acumulação de compostos nitrogenados.

Os níveis de nitrogênio encontrados no caule foram:

<u>Nível de nitrogênio</u>	<u>N %</u>
Deficiente	0,64
Normal	1,38

#### 4.3.1.2. Raiz

Os teores de nitrogênio na raiz, médias de quatro repetições, expressos em porcentagem, acham-se na Tabela 10.

TABELA 10. - Teor porcentual de N na raiz.

Tratamentos	% de N
- Ca	2,03
- K	1,98
- Mg	1,71
Completo	1,59
- P	1,30
- S	1,17
- N	0,73
C.V. = 17,71%	
d.m.s. ao nível de 5% = 0,58	

A análise estatística dos dados da Tabela 10., indica pelo teste de TUKEY ao nível de 5% de probabilidade, que o tratamento -Ca, não difere dos tratamentos -K, -Mg e completo, diferendo, no entanto, dos demais. Os tratamentos -P e -S não diferem do tratamento completo. O tratamento -N, difere significativamente do completo.

Observa-se, portanto, que à semelhança das demais partes da planta, que, a omissão do nitrogênio da solução, causou o mais baixo teor desse elemento na raiz ( 0,73% ). A omissão dos demais elementos da solução, não influenciaram no teor de nitrogênio da raiz.

Os níveis de nitrogênio, deficiente e normal, encontrados na raiz, foram os seguintes:

<u>Nível de nitrogênio</u>	<u>N %</u>
Deficiente	0,73
Normal	1,59

#### 4.3.2. Efeitos dos tratamentos sobre o teor porcentual de fósforo

##### 4.3.2.1. Fôlhas superiores

Os teores de fósforo nas folhas superiores, média de quatro repetições, expressos em porcentagem, encontram-se na Tabela 11.

TABELA 11. - Teor porcentual de P nas folhas superiores.

Tratamentos	% de P
- N	0,67
- Ca	0,44
- K	0,40
- Mg	0,35
- S	0,32
Completo	0,30
- P	0,12
C.V. = 19,21	d.m.s. ao nível de 5% = 0,17

A análise estatística dos dados da Tabela 11., indica, pelo teste de TUKEY ao nível de 5% de probabilidade, que o tratamento -N difere significativamente dos demais. Os tratamentos -Ca, -K, -Mg, -S e completo, não diferem entre si. O tratamento -P difere estatisticamente do tratamento completo, e dos restantes.

A omissão de fósforo da solução, causou o teor mais baixo (0,12%); este valor, é superior ao encontrado por PEREZ FREITEZ (1967) que encontrou 0,09% e, é aproximado ao encontrado por Malavolta & Haag (1961), citados por MALAVOLTA et al., (1967), os quais encontraram o teor de 0,24% de P.

A concentração de fósforo das plantas do tratamento completo, é, no entanto, superior às encontradas pelos autores anteriormente citados, os quais, acharam os teores de 0,26% e 0,253% de P, respectivamente.

Houve diferença significativa no teor de fósforo no tratamento do qual se omitiu nitrogênio. HAAG (1965), observou em cana de açúcar, que no tratamento em que se omitiu nitrogênio houve um aumento na concentração de fósforo.

Os níveis de fósforo, deficiente e normal, achados nas folhas superiores, foram os seguintes:

<u>Nível de fósforo</u>	<u>P %</u>
Deficiente	0,12
Normal	0,30

#### 4.3.2.2. Fôlhas inferiores

Os teores de fósforo nas fôlhas inferiores, médias de quatro repetições, expressos em porcentagem, encontram-se na Tabela 12.

TABELA 12. - Teor porcentual de P nas fôlhas inferiores

Tratamentos	% de P
- N	0,68
- K	0,66
- Ca	0,51
- Mg	0,35
Completo	0,34
- S	0,18
- P	0,08
C.V. = 27,79%                      dimisi ao nível de 5% = 0,24	

A análise estatística dos dados da Tabela 12., indica pelo teste de TUKEY ao nível de 5% de probabilidade que, os tratamentos -N e -K não diferem entre si, sendo, no entanto, superiores aos demais, com exceção do tratamento -Ca. Este tratamento, não difere dos tratamentos -Mg e completo, superando, porém, aos demais. O tratamento -S, não difere do completo, e nem do -P. O tratamento -P difere significativamente do tratamento completo, e dos demais com exceção do -S.

Observando a tabela, vê-se, que o menor conteúdo de fósforo ( 0,08% ), foi obtido, nas plantas deficientes desse elemento. O nível de deficiência encontrado, é bastante aproximado, do encontrado por PEREZ FREITEZ (1967), que achou 0,09% e, um pouco inferior ao encontrado por Malavolta & Haag (1961), citado por MALAVOLTA et al., (1967), os quais acharam um teor de 0,119 % de P.

A semelhança do que ocorreu nas fôlhas superiores, a omissão de nitrogênio da solução, provocou significativo aumento no teor de fósforo das fôlhas inferiores.



cia de fósforo apresentaram o teor mais baixo desse elemento ( 0,04%), O nível de deficiência achado no caule é o menor em toda a planta.

A omissão de cálcio mostrou a maior concentração de fósforo no caule, o que foi também observado por Mello et al.,(1960) em plantas de eucalipto, cultivadas em solução nutritiva deficiente de Ca, citado em MALAVCLTA et al., (1967). A deficiência de potássio, nitrogênio e de magnésio também causaram aumento na concentração de fósforo.

Os níveis de fósforo achados no caule foram os seguintes:

<u>Nível de fósforo</u>	<u>P %</u>
Deficiente	0,04
Normal	0,12

#### 4.3.2.4. Raíz.

Os teores de fósforo na raiz, médias de quatro repetições, expressos em porcentagem acham-se na Tabela 14.

TABELA 14. - Teor porcentual de P nas raízes.

Tratamentos	% de P
- Ca	0,20
- Mg	0,19
- N	0,19
- K	0,18
- S	0,12
Completo	0,11
- P	0,05
C.V. = 13,72%	
d.m.s. ao nível de 5% = 0,05	

A análise estatística dos dados da Tabela 14., pelo Teste de TUKEY ao nível de 5% de probabilidade, indica que os tratamentos -Ca, -Mg, -N e -K não diferem entre si, sendo superiores aos demais. O tratamento -S não difere do tratamento completo, sendo, no entanto, superior ao -P. Os tratamentos completo e -P diferem entre si, sendo ainda o -P inferior aos demais.

Observa-se, portanto, que houve uma diferença mínima significativa no teor de fósforo em relação ao do tratamento com-



A omissão de potássio da solução, apresentou o mais baixo teor desse elemento nas folhas superiores ( 1,57% ).

Esse teor encontrado, é superior aos encontrados por APPLING & GIDDENS (1954) que acharam 0,6% de K em condições de campo, PEREZ FREITZ (1967) que achou 0,75%, Malavolta & Haag (1961), citados em MALAVOLTA et al., (1967), que acharam um teor de 0,37 % de K, ambos os trabalhos, feitos em solução nutritiva.

A omissão de fósforo, cálcio ou de nitrogênio da solução, causou um aumento significativo no teor de potássio das folhas superiores.

Em relação a omissão de cálcio, PEREZ FREITEZ (1967), encontrou também no tratamento deficiente de cálcio, um aumento na concentração de potássio das folhas superiores.

As plantas com omissão de nitrogênio, tiveram um crescimento reduzido e, apresentaram um aumento significativo no teor de potássio. HAAG (1965), em cana de açúcar cultivada em solução nutritiva também observou esse efeito, no aumento da concentração de potássio.

O teor de potássio, achado nas plantas normais ( 2,69% ) se situa entre o teor de 2,0% encontrado por APPLING & GIDDENS (1954) e, os teores 3,45% e 3,93% encontrados por PEREZ FREITEZ (1967) e Malavolta & Haag (1961), citados por MALAVOLTA et al., (1967), respectivamente.

Os níveis de potássio, deficiente e normal, encontrados nas folhas superiores do presente trabalho, foram os seguintes:

<u>Níveis de potássio</u>	<u>K %</u>
Deficiente	1,57
Normal	2,69

#### 4.3.3.2. Folhas inferiores.

Os teores de potássio nas folhas inferiores, médias de quatro repetições, expressos em porcentagem, se acham na Tabela 16.

TABELA 16. - Teor porcentual de K nas fôlhas inferiores.

Tratamentos	% de K
- P	3,76
- Ca	3,74
- N	3,60
- Mg	3,51
- S	3,09
completo	2,39
- K	0,82
C.V. = 9,20 %	d.m.s. ao nível de 5% = 0,63

A análise estatística dos dados da Tabela 16., pelo teste de TUKEY ao nível de 5% de probabilidade, nos indica que os tratamentos -P, -Ca, -N e -Mg não diferem entre si, e são superiores ao completo e ao -K. Os tratamentos -Mg e -S não diferem entre si, sendo superiores aos tratamentos completo e -K. Este tratamento difere significativamente do tratamento completo, somente os -P e -Ca são maiores que o -S.

A omissão de potássio da solução ocasionou uma acentuada diminuição do teor desse elemento nas fôlhas inferiores, em comparação com o teor das fôlhas superiores, fato correlacionado com o aparecimento de sintomas naquelas.

O teor de potássio nas fôlhas do tratamento com omissão deste elemento foi de 0,82%. APPLING & GIDDENS (1954) em condições de campo, encontraram para fôlhas inferiores deficientes em potássio um teor de 0,30%, SOWELL & ROUSE (1958) em solução nutritiva encontrou, em algodoeiros deficientes desse elemento um teor de 0,74% de K nas fôlhas inferiores. TICKENELL et al., (1960), encontraram, em condições de campo, teores de 0,90% de K, nas fôlhas deficientes. STROMBERG (1960) encontrou também em condições de campo, teores de 0,6% de K nas fôlhas deficientes desse elemento. PEREZ DREI - TEZ (1967) e Malavolta & Haag (1961) citado em MALAVOLTA et al., (1967), em solução nutritiva, encontraram em fôlhas deficientes de potássio teores de 0,20% e 0,81, respectivamente.

As carências de fósforo, cálcio, nitrogênio, magnésio e enxofre favoreceram a acumulação de potássio, sendo, que, o efeito dos três primeiros foram os mais acentuados, como ocorreu nas fôlhas superiores.

As carências de fósforo, cálcio, nitrogênio, magnésio e enxofre favoreceram a acumulação de potássio, sendo que, o efeito dos três primeiros foram os mais acentuados, como ocorreu nas folhas superiores.

A omissão de fósforo ou de nitrogênio, influenciando significativamente no teor de potássio, é concordante com LAWTON & COOK (1954), os quais informam, que há maior absorção de potássio pelas plantas, quando nitrogênio ou fósforo é fator limitante do crescimento.

A absorção de potássio pelas raízes é relacionada a absorção de outros íons. de acordo com HOAGLAND (1948), é comum encontrar-se que, o decréscimo na absorção de uma base, seja compensada por um aumento na absorção de outra base, de maneira que o total de equivalente de bases no tecido da planta seja aproximadamente constante, Isto talvez, possa explicar o aumento da concentração de potássio, nas folhas inferiores, dos tratamentos dos quais, se omitiu cálcio ou magnésio. THENABADU (1968) informa que algodoeiros deficientes de magnésio apresentam um aumento no teor de K nas folhas.

A omissão de enxofre da solução influenciou significativamente no aumento do teor de potássio nas folhas inferiores. PEREZ FREITEZ (1967), encontrou também um aumento no teor de potássio,

Os níveis de potássio, deficiente e normal, achados nas folhas inferiores foram os seguintes:

<u>Nível de potássio</u>	<u>K %</u>
Deficiente	0,82
Normal	2,39

#### 4.3.3.3. Caule

Os teores de potássio no caule, médias de quatro repetições, expressos em porcentagem, se encontram na Tabela 17.

TABELA 17. - Teor porcentual de K no caule.

Tratamentos	% de K
- Ca	2,36
- Mg	2,32
- N	2,21
- P	2,09
- S	1,80
Completo	1,76
- K	1,29
C.V. = 9,17%	dimens. ao nível de 5% = 0,40

Examinando os dados da Tabela 17., observa-se pelo teste de TUKEY, ao nível de 5% de probabilidade, que, os tratamentos -Ca e -Mg não diferem entre si, nem dos tratamentos -N e -P, sendo, porém, superiores aos demais. Os -N e -P, não diferem entre si, porém, somente o -N é significativamente superior aos demais. O -P não difere nem do completo, nem do -S. Os tratamentos -S e completo também não diferem entre si, sendo, porém, superior ao tratamento -K.

As plantas que cresceram em solução nutritiva deficiente de potássio, apresentaram o menor teor desse elemento no caule ( 1,29% ).

A semelhança do ocorrido nas folhas, os tratamentos com omissão de cálcio, magnésio ou nitrogênio apresentaram maiores concentrações de potássio no caule.

As plantas do tratamento completo, apresentaram um teor de potássio de 1,76% .

Os níveis de potássio, achados no caule, foram os seguintes:

<u>Nível de deficiência</u>	<u>K %</u>
Deficiente	1,29
Normal	1,76

#### 4.3.3.4. Raiz

Os teores de potássio na raiz, médias de quatro repetições, expressos em porcentagem, encontram-se na Tabela 18.

TABELA 18. - Teor porcentual de K na raiz

Tratamentos	% de K
- P	2,47
- N	1,99
- Mg	1,67
- Ca	1,54
Completo	1,51
- S	1,24
- K	0,82
C.V. = 15,43 %	
d.m.s. ao nível de 5% = 0,56	

A análise estatística dos dados da Tabela 18., pelo teste de TUKEY ao nível de 5% de probabilidade, indicou que o tratamento -P não difere do tratamento -N, porém, supera estatisticamente os demais. O tratamento -N não difere dos tratamentos -Mg, -Ca e completo, sendo, porém, superior aos demais. Os tratamentos -Mg, -Ca, completo e -S não diferem entre si. O tratamento -K difere do tratamento completo mas não do -S.

Com a omissão nas outras partes da planta, a omissão de potássio da solução, provocou o menor teor desse elemento na raiz ( 0,82% ).

A omissão de fósforo ou de nitrogênio, da solução causou um aumento significativo no teor de potássio na raiz. ITURRIETA ROJAS (1970) encontrou em mamoneira deficiente em nitrogênio um aumento no teor de potássio da raiz.

Os níveis de potássio, deficiente e normal, achados, na raiz foram os seguintes:

<u>Nível de potássio</u>	<u>K %</u>
Deficiente	0,82
Normal	1,51

#### 4.3.4. Efeitos dos tratamentos sobre o teor porcentual de cálcio

##### 4.3.4.1. Fôlhas superiores

Os teores de cálcio nas fôlhas superiores, médias de quatro repetições, expressos em porcentagem se encontram na Tabe

la 19.

TABELA 19. - Teor porcentual de Ca nas folhas superiores.

Tratamentos	% de Ca
- K	2,64
- P	2,57
- S	1,81
- Mg	1,56
Completo	1,46
- N	1,35
- Ca	0,25
C.V. = 16,85%	d.m.s. ao nível de 5% = 0,65

A análise estatística da Tabela 19., pelo teste de TUKEY, ao nível de 5% de probabilidade, indica que os tratamentos -K e -P não diferem entre si, porém, supera todos os demais. Os tratamentos -S, -Mg, completo e -N também não diferem entre si, mas são superiores ao tratamento -Ca.

Observa-se, portanto, que a omissão de cálcio da solução, apresentou o menor teor desse elemento nas folhas superiores ( 0,25% ).

Este teor encontrado é inferior ao encontrado por PEREZ FREITEZ (1967) que achou um teor de 2,0% de cálcio nas folhas deficientes e, também, inferior ao encontrado por Malavolta & Haag (1961), citado em MALAVOLTA et al., (1967), que acharam nas folhas deficientes um teor de 0,80% de cálcio.

MEHLICH & REED (1946) determinaram que os teores de cálcio, variando entre 0,80 a 1,20%, se situam na faixa de nível crítico de folhas deficientes.

O teor encontrado no tratamento completo ( 1,46% de Ca ) é inferior aos encontrados pelos dois primeiros autores acima citados, que são respectivamente 3,04% e 2,42% de Ca.

A omissão de potássio na solução, provocou um aumento, nas folhas superiores, no teor de cálcio. OVERSTREET et al., (1952) , informam que o potássio e o cálcio são absorvidos por um mecanismo semelhante, e, que, ambos, competem pelo mesmo sitio do carregador. Na ausência de um dos dois cátions, haveria maior absorção do

outro.

Ao contrário do observado por ERGLE & EATON (1957), a omissão de fósforo causou um aumento na concentração de cálcio nas folhas superiores.

As omissões de nitrogênio, magnésio ou enxofre não influenciaram significativamente na variação do teor de cálcio nas folhas superiores. Sendo que, para a omissão de magnésio ou enxofre, houve um ligeiro aumento na concentração do cálcio, e para a omissão do nitrogênio, uma diminuição no teor daquele elemento. CARVAJAL (1960) em café cultivado em solução nutritiva, observou que a omissão do nitrogênio da solução ocasionava um aumento na concentração de cálcio das folhas superiores.

Os níveis de cálcio, deficiente e normal, achados nas folhas superiores, foram os seguintes:

<u>Nível de cálcio</u>	<u>Ca %</u>
Deficiente	0,25
Normal	1,46

#### 4.3.4.2. Folhas inferiores

Os teores de cálcio, nas folhas inferiores, médias de quatro repetições, expressos em porcentagem, se encontram na Tabela 20.

TABELA 20. - Teor percentual de Ca nas folhas inferiores.

<u>Tratamentos</u>	<u>% de Ca</u>
- K	4,53
- S	4,23
completo	3,80
- P	2,71
- Mg	2,12
- N	1,77
- Ca	1,36
C.V. = 13,53%	d.m.s. ao nível de 5% = 0,91

A análise estatística dos dados da Tabela 20., indica pelo teste de TUKEY, ao nível de 5% de probabilidade que os tratamentos -K, -S e completo não diferem entre si, sendo, porém, superiores aos demais tratamentos. O tratamento -P não difere do tratamento

-Mg, sendo, no entanto superior aos tratamentos -Ca e -N.

Os tratamentos -Mg, -N e -Ca não diferem entre si.

Vê-se, portanto, que o tratamento com omissão de cálcio apresentou o menor teor desse elemento nas folhas inferiores ( 1,36% ). Este teor é superior ao encontrado por Malavolta & Haag (1961), citado em MALAVOLTA et al., (1967). Observa-se, também, uma acentuada diferença com o teor de cálcio encontrado nas folhas superiores ( 0,25% ). Tal fato, pode ser explicado, pela pequena mobilidade que tem este elemento dentro da planta.

Em relação ao teor normal, a literatura apresenta muita variação. Assim, PEREZ FREITEZ (1967) encontrou um teor de 4,64%, enquanto Malavolta & Haag (1961) citado em MALAVOLTA et al., (1967), encontraram 2,62% .

A omissão de potássio ou enxofre, não causou aumento na concentração de cálcio. A omissão de fósforo, magnésio ou nitrogênio da solução, causou uma diminuição significativa no teor de cálcio nas folhas inferiores. ERGLE & EATON (1957) em algodoeiros cultivados com solução nutritiva, observaram que plantas deficientes de fósforo, mostravam uma diminuição na concentração de cálcio.

Os níveis de cálcio, deficiente e normal, encontrados foram os seguintes.

<u>Nível de cálcio</u>	<u>Ca %</u>
Deficiente	1,36
Normal	3,80

#### 4.3.4.3. Caule.

Os teores de cálcio, médias de quatro repetições, expressos em porcentagem, se encontram na Tabela 21.

TABELA 21.- Teor porcentual de Ca no caule.

Tratamentos	% de Ca
- P	0,89
- K	0,71
- S	0,63
completo	0,61
- N	0,52
- Mg	0,51
- Ca	0,35
C.V. = 16,57%	d.m.s. ao nível de 5% = 0,23

A análise estatística dos dados da Tabela 21., indica, pelo tratamento de TUKEY ao nível de 5% de probabilidade que o tratamento -P não difere do tratamento -K, superando, porém, a todos os demais.

O tratamento -K não difere dos tratamentos - S, completo, -N e -Mg, sendo, no entanto, superior ao tratamento -Ca. O tratamento completo, não difere do -N e -Mg, mas, sim, do -Ca. Os -N, -Mg e -Ca não diferem entre si.

Observa-se que o teor de cálcio, no tratamento com omissão de cálcio, foi dos menores. A omissão de fósforo, por o - cou um aumento significativo no teor de cálcio no caule.

A omissão de nitrogênio ou magnésio da solução

não influenciaram significativamente na concentração do cálcio no caule, mas a do -Ca, influenciou.

Os níveis de cálcio, deficiente e normal, encontrados foram os seguintes:

<u>Nível de cálcio</u>	<u>Ca %</u>
Deficiente	0,35
Normal	0,61

#### 4.3.4.4. Raiz.

Os teores de cálcio na raiz, médias de quatro repetições, expressos em porcentagem, acham-se na Tabela 22.

TABELA 22. - Teor porcentual de Ca na raiz

Tratamentos	% de Ca
- S	0,56
completo	0,51
- P	0,43
- K	0,42
- Mg	0,41
- N	0,32
- Ca	0,20
C.V. = 16,78%	dim.s. ao nível de 5% = 0,16

A análise estatística dos dados da Tabela 22., pelo teste de TUKEY de 5% de probabilidade, indicou que o tratamento -S não difere dos tratamentos completo, -P, -K e -Mg, superiores, apenas os -N e -Ca. Os tratamentos completo, -P, -K e -Mg não diferem entre si. Os tratamentos -N e -Ca diferem significativamente do tratamento completo, mas não entre si.

Vê-se, portanto, que a omissão do cálcio ou nitrogênio, da solução, influenciaram significativamente na diminuição da concentração do cálcio na raiz. Sendo que, a omissão do primeiro elemento provocou as mais baixas concentrações ( 0,20% de Ca ).

Ao contrário do ocorrido nas demais partes da planta, a omissão de potássio da solução não provocou aumento na concentração do cálcio.

Os níveis de cálcio, deficiente e normal, achados na raiz foram os seguintes:

<u>Nível de cálcio</u>	<u>Ca %</u>
Deficiente	0,20
Normal	0,51

#### 4.3.5. Efeitos dos tratamentos sobre o teor porcentual de magnésio.

##### 4.3.5.1. Fôlhas superiores

Os teores de magnésio nas fôlhas superiores, médias de quatro repetições, expressos em porcentagem, acham-se na Tabela 23.

TABELA 23. - Teor porcentual de Mg nas fôlhas superiores.

<u>Tratamentos</u>	<u>% de Mg</u>
completo	1,77
- S	1,52
- Ca	0,71
- K	0,69
- P	0,57
- N	0,55
- Mg	0,46
C.V. = 13,11%	d.m.s. ao nível de 5% = 0,27

A análise estatística dos dados da Tabela 23., pelo teste de TUKEY ao nível de 5% de probabilidade, nos mostra que os tratamentos completo e -S não diferem entre si, sendo, no entanto, superiores aos demais tratamentos. Os tratamentos -Ca, -K, -P, -N e -Mg não diferem entre si, sendo, porém, significativamente, diferentes do tratamento completo.

A omissão de magnésio da solução causou, praticamente, o teor mais baixo desse elemento nas fôlhas superiores ( 0,46%). Este valor, é superior ao encontrado por PEREZ FREITEZ (1967), em algodoeiros deficientes em magnésio, o qual achou o teor de 0,22% e, é superior ao encontrado por Malavolta & Haag (1961) citado em MALAVOLTA et al., (1967), os quais encontraram o teor de 0,042%.

As folhas superiores do tratamento completo, apresentaram um teor de 1,77%. Os, acima, citados autores, encontraram os teores de 0,72% e 0,154%, respectivamente.

A omissão do cálcio da solução, causou uma diminuição no teor de magnésio. Tal fato, foi também observado por PEREZ FREITEZ (1967).

Ao contrário do relatado na literatura, a omissão de potássio da solução, provocou uma menor concentração no teor de magnésio. É possível, de se explicar, este efeito, pela presença de sódio na solução. WALLACE et al., (1948), observaram em plantas de alfafa, cultivadas em solos com baixo teor de potássio, que o sódio, diminuía a absorção de magnésio e, evitava até certo ponto, o aparecimento de sintomas de deficiências de potássio nas plantas.

As plantas deficientes em fósforo ou nitrogênio apresentaram uma diminuição no teor de magnésio. NICHOLAS (1956) informa que baixas concentrações de nitrogênio, acentua a carência de magnésio nas plantas. GILBERT (1950) relata que na falta de fósforo no meio, há uma menor concentração de magnésio nas células das folhas.

Os níveis de magnésio encontrados nas folhas superiores, foram:

<u>Nível de magnésio</u>	<u>Mg %</u>
Deficiente	0,46
Normal	1,77

#### 4.3.5.2. Folhas inferiores

Os teores de magnésio nas folhas inferiores, médias de quatro repetições, expressos em porcentagem encontram-se na Tabela 24.

TABELA 24. - Teor porcentual de Mg nas fôlhas inferiores.

Tratamentos	% de Mg
completo	2,33
- S	2,08
- K	1,00
- Ca	0,84
- P	0,59
- N	0,52
- Mg	0,15
C.V. = 12,01	d.m.s. ao nível de 5% = 0,30

A análise estatística dos dados da Tabela 24., indicou, pelo teste de TUKEY ao nível de 5% de probabilidade que os tratamentos completo e -S não diferem entre si, superando, porém, a todos os demais. O tratamento -K não difere do -Ca, porém, é superior aos demais. O tratamento -Ca, não difere do tratamento -P, sendo no entanto, superior aos -N e -Mg. Os tratamentos -N e -P não diferem entre si, superam, porém, ao tratamento -Mg.

Observa-se, portanto, que no tratamento com omissão de magnésio, verificou-se o mais baixo teor desse elemento (0,15%). Este teor, é muito próximo ao encontrado por HELMY et al., (1960), em fôlhas de algodoeiros, que encontraram, o teor de 0,158%. PEREZ FREITEZ (1967) e Malavolta & Haag (1961) citado em MALAVOLTA et al., (1967), encontraram em fôlhas de algodoeiros cultivados em solução nutritiva deficiente de magnésio, teores de 0,14% e 0,173%, respectivamente, o que, mostra a aproximação destes dados, com o encontrado no presente trabalho. GHEESLING & PERKINS (1970) observaram sintomas iniciais de magnésio em algodoeiros, quando a concentração desse elemento, no limbo foliar se encontrava abaixo de 2 000 ppm.

Da mesma maneira de como ocorreu nas fôlhas superiores, a omissão de potássio, de cálcio, de fósforo ou de nitrogênio da solução causou uma diminuição significativa no teor de magnésio nas fôlhas inferiores. NICHOLAS (1956) relata que, baixas concentrações de nitrogênio ou fósforo, provocam deficiência de magnésio nas plantas. GILBERT (1950) informa que a deficiência de fósforo no meio, causa uma diminuição na concentração de magnésio nas células da planta.

Os níveis de magnésio, deficiente e normal, achados nas folhas inferiores, foram os seguintes:

<u>Nível de magnésio</u>	<u>Mg %</u>
Deficiente	0,15
Normal	2,33

#### 4.3.5.3. Caule.

Os teores de magnésio no caule, médias de quatro repetições, expressos em porcentagem, se encontram na Tabela 25.

**TABELA 25.** - Teor porcentual de Mg no caule.

<u>Tratamentos</u>	<u>% de Mg</u>
- S	0,62
completo	0,61
- K	0,24
- Ca	0,22
- P	0,20
- N	0,18
- Mg	0,15
Ç.V. = 18,70%	d.m.s. ao nível de 5% = 0,14

A análise estatística dos dados da Tabela 25., indica, pelo teste de TUKEY ao nível de 5% de probabilidade que, os tratamentos -S e completo, não diferem entre si, mas são significativamente superior aos demais.

Os tratamentos -K, -Ca, -P, -N e -Mg não diferem entre si.

A omissão de enxôfre da solução causou um aumento não significativo no teor de magnésio no caule.

A omissão de magnésio da solução apresentou o teor mais baixo desse elemento ( 0,15% ). É interessante observar, que este valor é igual ao encontrado nas folhas superiores.

A deficiência de potássio, de cálcio, de fósforo, ou de nitrogênio nas plantas, provocou uma diminuição significativa no teor de magnésio do caule.

Cs níveis de magnésio no caule, deficiente e normal, foram os seguintes:

<u>Nível de magnésio</u>	<u>Mg %</u>
Deficiente	0,15
Normal	0,61

#### 4.3.5.4. Raíz

Cs teores de magnésio na raiz, médias de quatro repetições, expressos em porcentagem, se encontram na Tabela 26.

TABELA 26. - Teor porcentual de Mg na raiz.

<u>Tratamentos</u>	<u>% de Mg</u>
completo	0,94
- S	0,88
- P	0,23
- Ca	0,22
- K	0,21
- N	0,18
- Mg	0,17
<hr/>	
C.V. = 24,34%	d.m.s. ao nível de 5% = 0,23

A análise estatística dos dados da Tabela 26., indica, pelo teste de TUKEY, ao nível de 5% de probabilidade, que os tratamentos completo e -S não diferem entre si, sendo, no entanto, superiores aos demais tratamentos.

Cs tratamentos -P, -Ca, -K, -N e -Mg não diferem entre si.

Observa-se, que as raízes das plantas que cresceram em solução nutritiva deficiente de magnésio, apresentaram um menor teor desse elemento ( 0,17% ).

A omissão de fósforo, de cálcio, de potássio ou de nitrogênio, influenciou significativamente na diminuição do teor de magnésio de raiz, como foi observado nas demais partes da planta.

A omissão de enxofre não influenciou significativamente no teor de magnésio na raiz.

Os níveis deficiente e normal, de magnésio encontrado na raiz, foram os seguintes:

<u>Nível de magnésio</u>	<u>Mg %</u>
Deficiente	0,17
Normal	0,94

#### 4.3.6. Efeitos dos tratamentos sobre o teor porcentual de enxofre.

##### 4.3.6.1. Fôlhas superiores.

Os teores de enxofre nas fôlhas superiores, médias de quatro repetições, expressos em porcentagem, se acham na Tabela - 27.

TABELA 27. - Teor porcentual de S nas fôlhas superiores,

Tratamentos	% de S
- P	1,31
- K	1,13
- Ca	0,82
completo	0,66
- Mg	0,65
- N	0,58
- S	0,08
C.V. = 13,62	d.m.s. ao nível de 5% = 0,24

A análise estatística dos dados da Tabela 27., indica, pelo teste de TUKEY ao nível de 5% de probabilidade que os tratamentos -P e -K não diferem entre si, porém são significativamente superiores aos demais tratamentos. Os tratamentos -Ca, completo, -Mg, e -N não diferem entre si, sendo, no entanto, superiores ao tratamento -S.

Nota-se, portanto, que a omissão do enxofre da solução causou uma acentuada queda na porcentagem desse elemento nas fôlhas superiores. O teor encontrado ( 0,08% ) é aproximadamente oito vezes menor que o teor do tratamento completo. Esse teor é igual ao encontrado por VOLK et al., (1965), em fôlhas de algodoeiros cultivados em solos deficientes desse elemento. ERGLE (1953) encontrou em plantas

cultivados em solução nutritiva o teor de 0,17%. PEREZ FREITEZ (1967) e, Malavolta & Haag (1961), citados em MALAVOLTA et al., (1967), em algodoeiros também cultivados em solução, encontraram em folhas deficientes, os teores de 0,43% e 0,17 de S, respectivamente.

Comparando os valores registrados na literatura, com o achado no presente trabalho, observa-se, que existe uma grande variação na concentração de enxôfre nas folhas de algodoeiros, deficientes desse elemento.

Em relação ao teor de enxôfre das folhas do tratamento completo ( 0,66% ), vê-se que esta concentração se situa acima da encontrada por VOLK et al., (1945), 0,14% e abaixo da encontrada por PEREZ FREITEZ (1967) 1,04% e Malavolta & Haag (1961), citado em MALAVOLTA et al., (1967), 1,33% e, ainda abaixo da encontrada por ERGLE (1953) que achou um valor de 0,99%.

A omissão de fósforo, ou potássio da solução, causou um aumento significativo no teor de enxôfre das folhas superiores. HAAG (1965) observou em cana de açúcar, cultivada em solução nutritiva deficiente de potássio, que havia um aumento significativo de enxôfre em relação ao tratamento completo.

Não se encontrou na literatura, explicação para o aumento significativo no teor de enxôfre, quando se omitiu fósforo da solução nutritiva.

Os níveis de enxôfre, nas folhas superiores, deficientes e normal, foram os seguintes:

<u>Nível de enxôfre</u>	<u>S %</u>
Deficiente	0,08
Normal	0,66

#### 4.3.6.2. Folhas inferiores

Os teores de enxôfre, nas folhas inferiores, médias de quatro repetições, expressos em porcentagem, se encontram na Tabela 28.

TABELA 28. - Teor porcentual de S nas fôlhas inferiores.

Tratamento	% de S
- K	1,60
- P	1,42
- Ca	1,18
completo	1,13
- Mg	0,85
- N	0,69
- S	0,24
C.V. = 11,42%	d.m.s. ao nível de 5% = 0,27

A análise estatística dos dados da Tabela 28., indica, pelo teste de TUKEY ao nível de 5% de probabilidade, que o tratamento -K não difere do tratamento -P, superando, no entanto, todos os demais. O tratamento -P, não difere do tratamento -Ca, porém, é superior aos demais tratamentos. Os tratamentos -Ca e completo não diferem entre si, porém, são superiores, aos tratamentos -Mg e -N, que, não diferem entre si, porém, diferem significativamente do tratamento S.

Observa-se, portanto, que o tratamento com omissão de enxôfre da solução nutritiva, apresentou o menor teor desse elemento nas fôlhas inferiores ( 0,24% ). Comparando esse valor com os registros na literatura, PEREZ FREITEZ (1967) achou 0,52% , Malavolta & Haag (1961) citado em MALAVOLTA et al. , (1967), encontraram 0,36% , ambos cultivando algodoeiros em solução nutritiva, ANDERSON & WEBSTER (1959), que encontraram teores variando de 0,21 a 0,30% vê-se que, é muito variável a concentração de enxôfre nas fôlhas inferiores de algodoeiros deficientes nesse elemento.

Em relação ao teor encontrado no tratamento completo ( 1,13% ), pode-se observar, que está aproximadamente igual ao encontrado por PEREZ FREITEZ (1967), 1,26% e superior ao encontrado por Malavolta & Haag (1961), citado em MALAVOLTA et al., (1967), os quais encontraram um teor de 0,75%.

As plantas deficientes em potássio ou fósforo, à semelhança do ocorrido nas fôlhas superiores, apresentaram um aumento significativo no teor de enxôfre.

As plantas deficientes em nitrogênio ou magnésio ,

apresentaram uma diminuição significativa no teor de enxôfre nas folhas inferiores.

Os níveis de enxôfre nas fôlhas inferiores, achados no presente trabalho foram os seguintes:

<u>Nível de enxôfre</u>	<u>S %</u>
Deficiente	0,24
Normal	1,13

#### 4.3.6.3. Caule

Os teores de enxôfre no caule, médias de quatro repetições, expressos em porcentagem, se encontram na Tabela 29.

TABELA 29. - Teor porcentual de S no caule.

Tratamentos	% de S
- Ca	0,24
- K	0,18
completo	0,17
- Mg	0,16
- P	0,15
- N	0,10
- S	0,06
C.V. = 29,87%	d.m.s. ao nível de 5% = 0,10

Analisando pelo teste de TUKEY, ao nível de 5% de probabilidade, os dados da Tabela 29., observamos que, o tratamento -Ca, não difere dos tratamentos -K, completo, -Mg e -P, sendo, no entanto, maior que os tratamentos restantes. Os tratamentos -K, completo, -Mg, -P e -N, não diferem entre si, somente os dois primeiros, porém, superaram o -S. Os tratamentos completo, -K e -Mg, diferem do -S.

A omissão de enxôfre da solução, apresentou o menor conteúdo desse elemento no caule ( 0,06%). Este valor, é igual ao encontrado por ERGLE (1953) em caule de algodoeiro cultivado em solução nutritiva deficiente de enxôfre.

A omissão de cada elemento da solução, não influ-



<u>Nível de enxôfre</u>	<u>S %</u>
Deficiente	0,10
Normal	0,19

= :: =

## 5. Conclusões

5.1. Foram encontrados sintomas morfológicos característicos de deficiência de nitrogênio, potássio, magnésio e enxofre. Os sintomas morfológicos de deficiência de fósforo e cálcio observados, nas folhas não foram concordantes, com os relatados na literatura.

5.2. As principais alterações anatômicas das folhas foram: modificação no tamanho e forma dos cloroplastos, nos tratamentos -P, -K, -Ca, -Mg e -S; acumulação de amido nos tratamentos -N, -P, -K e -S.

5.3. A omissão de cada elemento da solução nutritiva influenciou na redução do crescimento em altura das plantas e, na produção de matéria seca produzida pelas folhas, caule e raiz, quando comparadas com as das plantas do tratamento completo.

5.4. A omissão dos elementos da solução, um por vez, provocou em todas as partes da planta, uma queda acentuada no teor de cada elemento, em relação ao teor do tratamento completo.

Os níveis obtidos foram os seguintes:

### 5.4.1. Folhas superiores.

<u>Elemento</u>	<u>Deficiente</u>	<u>Normal</u>
N%	1,75	3,27
P%	0,19	0,21
K%	1,57	2,69
Ca%	0,25	1,46
Mg%	0,46	1,77
S%	0,08	0,66

### 5.4.2. Folhas inferiores

<u>Elemento</u>	<u>Deficiente</u>	<u>Normal</u>
N%	1,54	2,60
P%	0,08	0,19
K%	0,82	2,39
Ca%	1,36	3,80
Mg%	0,15	2,33
S%	0,24	1,13

#### 5.4.3. Caule

<u>Elemento</u>	<u>Deficiente</u>	<u>Normal</u>
N%	0,64	0,83
P%	0,04	0,09
K%	1,29	1,38
Ca%	0,35	0,57
Mg%	0,15	0,61
S%	0,08	0,12

#### 5.4.4. Raiz

<u>Elemento</u>	<u>Deficiente</u>	<u>Normal</u>
N%	0,73	1,09
P%	0,05	0,11
K%	0,82	1,31
Ca%	0,20	0,51
Mg%	0,17	0,94
S%	0,12	0,19

5.5. Diversas interações entre os elementos foram verificadas.

5.5.1. O tratamento -N causou aumento na concentração de P nas folhas superiores, inferiores, caule e raiz, de K nas folhas inferiores e caule, causou diminuição do Mg nas folhas superiores, de Ca, Mg e S nas folhas inferiores, de Mg no caule e, de Ca e Mg na raiz.

5.5.2. O tratamento -P causou aumento na concentração de K, Ca e S nas folhas superiores, de K e S nas folhas inferiores, de Ca no caule, de K na raiz; causou diminuição de Mg nas folhas superiores, de Ca e Mg nas folhas inferiores, de Mg no caule e na raiz.

5.5.3. O tratamento -K causou aumento na concentração de Ca e S nas folhas superiores, de N, P e S nas folhas inferiores, de N e P no caule, e de P nas raízes.

5.5.4. O Tratamento -Ca causou aumento na concentração de K nas folhas superiores e inferiores, de N, P e K no caule, de P e S na raiz.

5.5.5. O tratamento -Mg causou aumento na concentração de K nas folhas inferiores, de P e K no caule, de P na raiz; causou diminuição na concentração de Ca e S nas folhas inferiores.

5.5.6. O tratamento -S causou aumento na concentração de potássio nas folhas inferiores.

="

## 6. R E S U M O

Plantas de algodoeiro mocó ( Gossypium hirsutum, L. var. Maria Galante Hucth. ) de 60 dias de idade, foram transplantadas para vasos de barro contendo areia de quartzo lavada, e irrigadas com solução nutritiva completa de HOAGLAND & ARNON (1950) modificada quanto ao fornecimento de Ferro, que foi aplicado na forma de FeNa-EDTA.

O delineamento foi o de blocos ao acaso, constando de 7 tratamentos e 4 repetições.

Sintomas característicos da deficiência de nitrogênio, potássio, magnésio e enxofre foram observados. Os sintomas morfológicos de deficiência de fósforo e cálcio observados, nas folhas não foram concordantes com os registrados na literatura.

As principais alterações anatômicas causadas pelas omissões dos elementos, foram verificadas no tamanho e forma dos cloroplastos e na acumulação de amido nas células.

As plantas foram colhidas e divididas em folhas superiores, folhas inferiores, caule e raiz.

As plantas deficientes em nitrogênio ou fósforo apresentaram menor altura e menor peso de matéria seca produzida pelas folhas superiores e caule.

As plantas deficientes em cálcio, apresentaram o menor peso de matéria seca produzida pela raiz e pelas folhas inferiores.

As folhas apresentaram os seguintes teores percentuais:

<u>Elemento</u>	<u>Folhas</u>	<u>Deficiente</u>	<u>Normal</u>
N %	Superiores	1,75	3,27
	Inferiores	1,54	2,60
P %	Superiores	0,12	0,30
	Inferiores	0,08	0,34
K %	Superiores	1,57	2,69
	Inferiores	0,82	2,39
Ca %	Superiores	0,25	1,46
	Inferiores	1,36	3,80
Mg %	Superiores	0,46	1,77
	Inferiores	0,15	2,33
S %	Superiores	0,08	0,66
	Inferiores	0,24	1,13

Effects of macronutrient deficiencies on the growth and mineral composition of Mocó (1) cotton plant ( Gossypium hirsutum L., var. Maria Galante, Hutch.).

### SUMMARY

Mocó cotton plants about 60 days old were transplanted from sand to pots containing quartz sand and irrigated with Hoahland & Arnon modified, in relation to Fe supply.

The experimental design consisted of randomized blocks with 7 treatments and 4 replications.

The treatments were:

1. Complete nutrient solution
2. Minus nitrogen
3. Minus phosphorus
4. Minus potassium
5. Minus calcium
6. Minus magnesium
7. Minus sulfur

Clear cut deficiencies symptoms of nitrogen, potassium, magnesium and sulfur were observed. The morphological deficiencies symptoms of phosphorus and calcium observed in the leaves were not in complete agreement with the symptoms of the literature reported.

The main effects of the different treatments on the anatomical structure were: variations on size and shape of chloroplasts and starch accumulation in the cells.

At harvest time the plants were separated in upper leaves, lower leaves, stem and roots.

Plants submitted to nitrogen and phosphorus deficiency remained stunted and presented the lowest dry weight upper leaves and

(1) Cotton plants cultivated in the northeast region of the Brazil.

stem. Plants submitted to calcium deficiency presented the lowest dry weight root and lower leaves.

The leaves presented the following mineral contents ( % dry matter weight ):

<u>Elements</u>	<u>Leaves</u>	<u>Deficient (%)</u>	<u>Adequate (%)</u>
N	upper	1.75	3.27
	lower	1.54	2.60
P	upper	0.12	0.30
	lower	0.08	0.34
K	upper	1.57	2.69
	lower	0.82	2.39
Ca	upper	0.25	1.46
	lower	1.36	3.80
Mg	upper	0.46	1.77
	lower	0.15	2.33
S	upper	0.08	0.66
	lower	0.24	1.13

8. LITERATURA CITADA.

1. ACCORSI, W.R., HAAG, H.P., MELLO, F.A.F. de, & BRASIL SOBR<sup>o</sup>, M.O.C.III. Sintomas externos (morfológicos) e internos (anatômicos) observados em folhas de goiabeira (Psidium guayaba L.) de plantas cultivadas em solução nutritiva com carência dos macronutrientes. Anais Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 17: 3 - 15, 1960.
2. ACCORSI, W.R. & HAAG, H.P. Alterações morfológicas do cafeeiro (Coffea arabica L., var. Bourbon (B.Rodr.) Choussy) cultivado em solução nutritiva decorrentes das deficiências e excessos de macronutrientes. Revta. Café Port., Lisboa, Separata 14: 5 - 19, 1960.
3. ANDERSON, O.E. & WEBSTER, R.H. The availability of sulfur in Norfolk loamy sand and Leadvale silt loam as measured by cotton growth. Agron. J., Washington, 51(11): 675-677, 1959.
4. APPLING, E.D. & GIDDENS, J. Differences in sodium and potassium of various parts of the cotton plant at four stages of growth. Soil Sci., 78(3):199-203, 1954.
5. ARMSTRONG, G.M. & ALBERT, W.B. A study of the cotton plant with special reference to its nitrogen content. J. agric. Res., Washington, 42(10):690-703, 1931.
6. BERGER, J. The world's major fibre crops: Their cultivation and manuring. Zurich, Centre D'étude de l'azote, 1969, pp. 46-53.
7. BLANK, L.M. Effect of nitrogen and phosphorus on the yield, and root rot responses of early and late varieties of cotton. J. Am. Soc. Agron., 36(11):875-888, 1944.
8. BONNET, J.A., RIERA, A.R., & RONDAN, J.III. Yield responses to different N-P-K levels, and correlations with foliar analysis in sand-culture studies with corn, sugar cane, and cotton. J. agric. Univ. P.R., Puerto Rico, 40:168-184, 1959.
9. BRASIL. Instituto Brasileiro de Estatística. Anuário estatístico do Brasil, 1970. Rio de Janeiro, 1970, 771 p.
10. CARVAJAL, C.J.F. Estudios de las deficiencias de nitrogeno, potasio, magnesio, boro y manganeso en plantas de café (Coffea arabica, L., var. typica). Revta. Biol. trop., San José, 8(2):165-179, 1960.
11. COOPER, H.C. Nutritional deficiency symptoms in cotton. Proc. Sci. Soc. Am., 4(4):322-324, 1939.
12. DASTUR, R.H. Studies in the periodic partial failures of Punjab-American cottons in the Punjab. IV. Relation between nitrogen deficiency and accumulation of tannins in the leaf -

- ves. Indian J. agric. Sci., New Delhi, 11(11):301-315, 1941.
13. DONALD, L. Nutrient deficiencies in cotton. In: SPRAGUE, H.B., ed. Hunger signs in crops. New York, David McKay, 1964, pp. 59-90
  14. ECKSTEIN, O.A. BRUNO, A., & GILBERT, S.G. III. Signes de manque de potassa. Potash deficiency symptoms. 2 ed., Berlin, verleg fur Acherbau, 1937, 235 p.
  15. ERGLE, D.R. & EATON, F.M. Aspects of phosphorus metabolism in the cotton plant. Pl. Physiol., 32(2):106-113, 1957.
  16. ERGLE, D.R. Effect of low nitrogen and sulfur supply on their accumulation in the cotton plant. Bot. Gaz., Chicago, 114(4):417-426, 1953.
  17. GHEESLING, R.H. & PERKINS, H.F. Critical levels of manganese and magnesium in cotton at different stages of growth. Agron. J., 62(1):29-32, 1970.
  18. GILBERT, F.A. Mineral nutrition of plant and animals. 4. ed., Oklahoma, Univ. of Oklahoma Press Norman, 1950, 180 p.
  19. HAAG, H.P. Estudos de nutrição mineral na cana de açúcar (Saccharum officinarum L., var. CB 41-46) cultivada em solução nutritiva. Tese, Piracicaba, ESALQ., 1965, 141 p. | mimeo. |.
  20. HELMY, H., JOHAM, H.C., & HALL, W.C. III. Magnesium nutrition of American Upland and Egyptian cottons. Bull. Tex. agric. Exp. Stn., College Station, (411):1-16, Feb., 1960.
  21. HOAGLAND, D.R. & ARNON, D.I. The water culture method for growing plants without soil. Bull. Calif. agric. Exp. Stn. (347):1-32, 1950.
  22. HOAGLAND, D.R. Lectures on the inorganic nutrition of plants. 2. ed., Waltham, Mass., Chronica Botanica, 1948. 266 p. (Harvard Univ. Prather lectures, 14).
  23. ITURRIETA ROJAS, A. Efeitos dos macronutrientes e do ferro no crescimento e composição química da mamoneira (Ricinus communis L.). Tese, Piracicaba, ESALQ., 1970, 86 p. | mimeo. |.
  24. LAWTON, K. & COOK, R.L. Potassium in plant nutrition. Adv. Agron., 6:254-298, 1954.
  25. LOTT, W.L., NERY, J.P., GALLO, J.R., & MEDCALF, J.C. III. A técnica de análise foliar aplicada ao cafeeiro. Bull. IBEC. Res. Inst., New York, (9): 21-22, 1956.
  26. MALAVOLTA, E., HAAG, H.P., MELLO, F.A.F. de, & BRASIL SOBRº, M.O.C. III. Nutrição mineral de algumas culturas tropicais. S.Paulo, Ed. da USP, 1967, cap. 8, pp. 193-207.

27. MALAVOLTA, E. & HAAG, H.P. Recent advances in the study of the mineral nutrition of cotton in Brazil. Anais, Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 25:219-229, 1968.
28. MALAVOLTA, E. Práticas de Química Orgânica e Biológica. Piracicaba, Centro Acadêmico "Luiz de Queiroz", 1967 | mimeo. |.
29. MALAVOLTA, E. Análise química de teores totais. In. CURSO INTERNACIONAL DE DIAGNOSE FOLIAR. Piracicaba, 1964. Curso Internacional de diagnose foliar. Piracicaba , ESALQ/IICA, 1964, 36 p.
30. MALAVOLTA, E. Deficiências minerais. II. Apuntes de classe. (13) Curso de fitopatologia para graduados, Castelar , 1965, pp. 10-13.
31. MALAVOLTA, E. Nutrição mineral de plantas. Piracicaba, ESALQ, 1970, 220 p. ( Curso pós graduado de solos e nutrição de plantas ). | mimeo. |.
32. MEHLICH, A. & REED, J.F. The influence of degree of saturation potassium levels, and calcium addition on removal of calcium, magnesium and potassium. Proc. Soil Sci. Am. 10(2):87-93, 1946
33. MENDES, H.C. Nutrição mineral do algodoeiro. I. Sintomas de deficiências minerais em plantas vegetando em solução nutritiva. Bragantia, 18:469-481, 1959.
34. MENDES, H.C. Nutrição mineral do algodoeiro. In: INSTITUTO BRASILEIRO DA POTASSA, ed. Cultura e adubação do algodoeiro. S.Paulo, 1965, cap. X, pp. 461-473.
35. MURPHY, H.F. The nitrogen, phosphorus and calcium content of the cotton plant at pre-blooming to early boll stages of growth. J. Am. Soc. Agron., 28(1):52-57, 1936.
36. NASCIMENTO, F.M. Algodoeiro arbóreo: realidade e perspectiva. FIR, 7:57-60, 1970.
37. NICHOLAS, D.J.D. An appraisal of the use of chemical tissue tests for determining the mineral status of crops plants. In: COLLOQUIUM ON PLANT ANALYSIS AND FERTILIZER PROBLEMS, 2. ed., Paris, 1956. Plant analysis and fertilizer problems, Washington, A.I.B.S., 1957.
38. NIGHTINGALE, G.T., ADDOMS, R.M, ROBBINS, W.R., & SCHERMERHORN, L.G. III. Effects of calcium deficiency on nitrate absorption and metabolism in tomato. Pl. Physiol., 6(4):605-630, 1931.
39. ORTOLANI, A.A. & DA SILVA, N.M. Climas das zonas algodoeiras do Brasil. In: INSTITUTO BRASILEIRO DA POTASSA, ed. Cultura e adubação do algodoeiro. S.Paulo, 1965, cap. VI , pp. 235-253.

40. ORRICO, J.R.A., SOUZA LIMA, J.I., GRADVOHL, R.G. & BERNARDES, M.W. III. Mercado e comercialização do algodão do nordeste. Fortaleza, BNB/SUDENE, 1964, 285 p.
41. OVERSTREET, R., JACBSON, L., & HANDLEY, R. III. The effect of calcium on the absorption of potassium by barley. Pl. Physiol., 27(4):583-590, 1952.
42. PEREZ FREITEZ, F. Carências combinadas de macronutrientes em algodoeiros (Gossyium hirsutum L., var. IAC-RM3 ), Tese, Piracicaba, ESALQ., 1967, 43 p. mimeo.l.
43. PERKIN ELMER. Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry. Norwalk, Perkin-Elmer Corp., 1966.
44. PHILLIS, E. & MASON, T.G. Studies on the partition of the mineral elements in the cotton plant. I. Preliminary observations on nitrogen and phosphorus. Ann. Bot. ( n.s. ), London, 3 (11):570-585, 1939;
45. PIMENTEL GOMES, F. Curso de estatística experimental. 3. ed., Piracicaba, Ed. da USP, 1966, 403 p.
46. PIRSON, A. Functional aspects in mineral nutrition of green plants. A. Rev. Pl. Physiol., 6:71-114, 1955.
47. PRESLEY, J.T. & LEONARD, A.O. The effect of calcium and the other ions on the early development of the radicle of cotton seedlings. Pl. Physiol., 23(4)516-525, 1948.
48. SOWELL, W.F. & ROUSE, R.D. The effect of sodium on the cation content of leaves and bolls production of cotton plants grown in solution in a growth chamber. Soil Sci., 86 (2):70-74, 1958.
49. STROMBERG, L.K. Potassium fertilizer on cotton. Bull. Calif. agric. Exp. Stn., (161):4, Apr., 1960.
50. THENABADU, M.W. Magnesium-sodium interaction of potassium and calcium by cotton. Pl. Physiol., 29(1):132-143, 1968.
51. TINCKNELL, R.G., LOPEZ, J., & AYALA, H. III. La posibilidad de diagnosticar deficiencias de nitrogeno y potasio en cultivos de algodón, mediante el analisis foliar. Agon. trop., Maracay, 9(4):121-126, 1960.
52. TOTH, S.J., PRINCE, A.L., WALLACE, A., & NIKKELVEN, D.S. III. Rapid quantitative determination of eight elements in plant tissue by a systematic procedure involving of a flame photometer. Soil. Sci., 66(6):459-466, 1948.
53. VILLALOBOS-DOMINGUES, C. & VILLALOBOS, J. Atlas de los colores. Bueno Ayres, Libreria El Ateneo, 1947.
54. VOLK, N.J., TIDMORE, J.W., & MEADOWS, D.T. III. Supplements to high - analysis fertilizer, with special reference to sulfur, calcium, magnesium and limestone. Soil. Sci., 60 (6):427-435, 1945.

55. VOLK, N.J. Nutritional factors affecting cotton rust. J. Am. Soc. Agron., 32: 6-12, 1946
56. WALLACE, A., TOTH, S.J., & BEAR, F.E. III. Influence of sodium on growth and composition of Ranger alfafa. Soil. Sci., 65(3):249-258, 1948.
57. WILES, A.B. Calcium deficiency in cotton seedlings. Pl. Dis. Repr., Washington, 43(3): 365-367, 1959.

= :: =

---

NOTA: As abreviaturas usadas, neste ítem, das publicações periódicas foram extraídas do World list of Scientific periodicals, 4th ed., 1965.

= :: =