

BRAGANTIA

Boletim Técnico do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo

Vol. 18

Dezembro de 1959

N.º 30

NUTRIÇÃO DO ALGODOEIRO

I - SINTOMAS DE DEFICIÊNCIAS MINERAIS EM PLANTAS VEGETANDO EM SOLUÇÕES NUTRITIVAS(*)

HELI CAMARGO MENDES

Engenheiro-agrônomo, Seção de Fisiologia, Instituto Agrônomo

RESUMO

Neste artigo são descritos e ilustrados os principais sintomas das deficiências de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre e ferro, induzidas em algodoeiros que vegetaram em soluções nutritivas.

1 — INTRODUÇÃO

Um avermelhamento anormal e prematuro das folhas do algodoeiro tem ocorrido nos últimos anos, em numerosas culturas localizadas em diversos pontos do Estado de São Paulo.

As opiniões sobre as causas dessa anomalia têm sido as mais variadas, sobressaindo-se aquelas que atribuem o mal a deficiências de nutrição.

Visando determinar os sintomas foliares das deficiências dos principais elementos minerais nesta planta, matéria nem sempre uniformemente descrita na literatura que se refere aos sintomas de carência mineral em plantas vegetando no campo, realizou-se um ensaio em soluções nutritivas, comparando-se plantas que vegetaram sempre em solução completa com outras que vegetaram em séries sem nitrogênio, sem fósforo, sem potássio, sem cálcio, sem magnésio, sem enxofre, e sem ferro.

Os resultados de tal ensaio são apresentados neste trabalho.

(*) Recebido para publicação em 29 de abril de 1959.

2 — MATERIAIS E MÉTODOS

Sementes de algodoeiro da variedade Stoneville 43/981 (*Gossypium hirsutum* L.), colhidas de uma única planta e cedidas pela Seção de Algodão do Instituto Agronômico, foram deslintadas em ácido sulfúrico comercial, lavadas, ligeiramente secas ao ar e semeadas em areia lavada de rio. As plantinhas oriundas, com apenas as folhas cotiledonares presentes, foram transferidas para solução completa de Hoagland e Arnon (4), em vasos de um litro de capacidade, em vagonetas da estufa central do Instituto Agronômico, onde vegetaram em solução da seguinte composição:

	g/litro
KNO ₃	0,506
Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O	0,590
MgSO ₄ .7H ₂ O	0,250
KH ₂ PO ₄	0,068
H ₃ BO ₃	0,001
MnCl ₂ .4H ₂ O	0,0005
ZnSO ₄ .7H ₂ O	0,00022
CuSO ₄ .5H ₂ O	0,00008
H ₂ MoO ₄ .H ₂ O	0,00009
FeCl ₂ .4H ₂ O	0,017

Inicialmente foram colocadas duas plantinhas em cada vaso, reduzindo-se para uma apenas, ao cabo de 15 dias.

A técnica geral adotada na realização do presente ensaio foi a mesma utilizada na determinação dos sintomas de deficiências minerais no cafeeiro (3), isto é, empregamos vasos de vidro neutro pintados externamente com uma demão de tinta preta e duas de tinta branca; soluções no interior dos vasos arejadas continuamente durante o dia, desde a instalação do ensaio; preparo de soluções nutritivas a partir de "soluções-estoque"; emprêgo de sais p. a. e água destilada no preparo das soluções etc. O ferro foi utilizado sob a forma de FeCl₂.4H₂O, tendo-se a precaução de administrar o fosfato às soluções contendo ferro, sempre 3-4 dias após a administração dêste último elemento, para evitar sua precipitação (2).

Depois de vegetarem cerca de 50 dias em solução completa da composição indicada, fizemos algumas translocações entre as 32 plantas que compunham o ensaio, a fim de obter oito séries de quatro plantas cada uma, uniformizados tanto quanto possível os lotes entre si e, de preferência, as plantas dentro de cada lote.

Em seguida a essa homogenização foram distribuídos ao acaso, pelas oito séries, os seguintes tratamentos:

<i>Série</i>	<i>Solução nutritiva</i>
1. ^a	sem nitrogênio
2. ^a	completa
3. ^a	sem potássio
4. ^a	sem enxôfre
5. ^a	sem fósforo
6. ^a	sem ferro
7. ^a	sem magnésio
8. ^a	sem cálcio.

No quadro 1 damos as composições das diferentes soluções nutritivas então utilizadas.

QUADRO 1. — Composição química das diferentes soluções nutritivas empregadas para a obtenção dos sintomas de deficiências minerais no algodoeiro

SOLUÇÕES-ESTOQUE	Composição, por litro, das soluções nutritivas(*)							
	Compl.	Sem N	Sem P	Sem K	Sem Ca	Sem Mg	Sem S	Sem Fe
	<i>ml</i>	<i>ml</i>	<i>ml</i>	<i>ml</i>	<i>ml</i>	<i>ml</i>	<i>ml</i>	<i>ml</i>
0.5 M K ₂ SO ₄ ----	-----	5	-----	-----	-----	3	-----	-----
M MgSO ₄ ----	2	2	2	2	2	-----	-----	2
0.05 M Ca(H ₂ PO ₄) ₂ ----	-----	10	-----	10	-----	-----	-----	-----
0.01 M CaSO ₄ ----	-----	200	-----	-----	-----	-----	-----	-----
M Ca(NO ₃) ₂ ----	5	-----	4	5	-----	4	4	5
M KNO ₃ ----	5	-----	6	-----	5	6	6	5
M KH ₂ PO ₄ ----	1	-----	-----	-----	1	1	2	1
M Mg(NO ₃) ₂ ----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	1	-----

(*) B, Mn, Zn, Cu, Mo e Fe, nas mesmas proporções que nas soluções completas da fórmula da pág. 470.

O ensaio teve a duração total de cinco meses, sendo as soluções nutritivas semanalmente substituídas por novas.

Não houve controle artificial para a estabilização do pH das soluções durante a realização do ensaio. Todavia, foi sempre anotado o pH das soluções recém-preparadas e das descartadas após utilização.

Durante o ensaio foram também anotados o desenvolvimento das plantas, o florescimento, a frutificação e a produção de algodão em caroço. No final utilizou-se material para análise química comparativa entre as plantas das diferentes séries.

Os principais aspectos sintomatológicos decorrentes das deficiências induzidas às plantas com o emprêgo das soluções constantes no quadro 1 foram registrados em aquarelas⁽¹⁾ ou fotografias coloridas.

3 — RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 — INFORMAÇÕES GERAIS

3.1.1 — pH DAS SOLUÇÕES NUTRITIVAS

No quadro 2 resumimos os dados das determinações do pH das soluções administradas às plantas, no período posterior à supressão dos elementos.

QUADRO 2. — Variações médias do pH das soluções nutritivas empregadas na determinação dos sintomas de deficiências minerais no algodoeiro, quando utilizadas num período médio de 180 horas

SOLUÇÃO NUTRITIVA	pH		
	INICIAL	FINAL	AMPLITUDES DE VAR.
Completa -----	4,7	6,5	+ 1,8
Sem N -----	4,6	5,3	+ 0,7
Sem P -----	4,9	6,6	+ 1,7
Sem K -----	4,0	6,8	+ 2,7
Sem Ca -----	4,7	6,6	+ 1,9
Sem Mg -----	4,5	6,9	+ 2,4
Sem S -----	4,5	6,6	+ 2,2
Sem Fe -----	5,0	7,0	+ 2,0

Verificou-se que, de um modo geral, o pH das soluções nas cito séries manteve-se, em média aritmética, entre os limites 4,6 — para as soluções recém-preparadas, e 6,5 — para as mesmas soluções após 180 horas de uso, o que dá, também em média, nesse período de tempo, uma elevação de pH de 1,9.

Infelizmente, por dificuldades técnicas não pôde ser feita a determinação diária do pH das soluções, a fim de que se conhecesse exatamente a curva de variação desse valor. Contudo, nas primeiras semanas do ensaio, aumentando sensivelmente a absorção das plantas em consequência do seu rápido crescimento, certamente ocorreu rápida elevação do pH das soluções logo nos primeiros dias de uso de cada muda, o que quer dizer que as plantas, nestes primeiros estágios, vegetaram a maior parte do tempo

(1) As aquarelas que ilustram o presente trabalho são de autoria do Sr. J. C. Mendes e os gráficos da figura 1, do Sr. W. Fera, desenhistas do Instituto Agronômico e aos quais agradecemos a colaboração.

em soluções de pH aproximadamente neutro. Com efeito, com exceção da série sem nitrogênio, em tôdas as demais as amplitudes de variação do pH das soluções decresceram do início para o final do ensaio. Nas últimas semanas, estando as plantas já com o crescimento paralizado, reduziu-se a absorção de sais, o que fez com que diminuíssem as amplitudes de variação de pH das soluções.

Por outro lado, amostras de soluções das mesmas composições das do quadro 1, conservadas no laboratório (sem uso) durante 7, 11 e 26 dias, apresentaram variação insignificante do valor pH, sendo em média para os três casos da ordem de $-0,2$.

3.1.2 — DESENVOLVIMENTO DAS PLANTAS EM ALTURA

No quadro 3 damos as alturas médias das quatro plantas de cada série, quando foram retirados os elementos minerais das respectivas soluções nutritivas e 90 dias depois, isto é, no final do ensaio.

QUADRO 3. — Alturas médias das plantas de cada tratamento, na data da supressão dos elementos nutritivos das soluções e 90 dias mais tarde

SÉRIE	INÍCIO	FINAL	DIFERENÇA
	<i>cm</i>	<i>cm</i>	<i>cm</i>
Completa -----	26,1	41,2	15,1
Sem N -----	26,1	29,2	3,1
Sem P -----	21,4	43,4	22,0
Sem K -----	27,9	41,9	14,0
Sem Ca -----	23,7	27,0	3,3
Sem Mg -----	25,1	42,5	17,4
Sem S -----	25,5	35,5	10,0
Sem Fe -----	28,5	41,0	12,5
Média -----	25,5		

As plantas testemunhas tiveram desenvolvimento que se pôde considerar normal, nas condições em que vegetaram os algodoeiros. Nas séries sem nitrogênio e sem cálcio paralizou-se imediatamente o crescimento das plantas; na série sem fósforo, entretanto, houve crescimento exagerado em altura. As diferenças finais de crescimento constam da última coluna do quadro 3, sendo a d.m.s. = 7,5cm ($P = 5\%$, teste de Tukey) (2).

3.1.3 — FLORESCIMENTO DAS PLANTAS

A supressão dos elementos minerais nas diversas séries de que se compunha o ensaio se fez quando os primeiros botões florais já estavam pre-

(2) Agradecemos ao Eng. Agr. A. Conagin, da Seção de Técnica Experimental, as análises estatísticas efetuadas.

sentes em tôdas as 32 plantas. Cêrca de 20 dias após a supressão, abriam-se as primeiras flôres.

Anotou-se, então, o florescimento diário dos algodoeiros e no quadro 4 foram reunidos, por quinqüídios, os totais de flôres abertas anotados em cada série.

QUADRO 4. — Totais de flôres abertas nos algodoeiros de cada série

SÉRIE	Flôres abertas nos quinqüídios				TOTAIS
	1.º	2.º	3.º	4.º	
	n.º	n.º	n.º	n.º	n.º
Completa -----	4	5	6	2	17
Sem N -----	6	2	2	2	11
Sem P -----	4	3	2	0	9
Sem K -----	8	4	7	2	21
Sem Ca -----	5	5	0	0	10
Sem Mg -----	7	4	2	4	17
Sem S -----	5	3	2	0	10
Sem Fe -----	5	5	6	2	18

De um modo geral o florescimento decresceu do primeiro para o último quinqüídio, sendo, porém, mais ou menos estável nos três primeiros, para as séries completa e sem ferro.

Verificou-se que as carências de N, P, Ca e S reduziram o número total final de flôres, nas respectivas séries.

3.1.4 — FRUTIFICAÇÃO

No quadro 5 estão reunidos, por tratamento, os números totais de maçãs formadas e de maçãs abertas; constam também as porcentagens de flôres não fertilizadas e de queda das maçãs.

QUADRO 5. — Totais de maçãs formadas e de maçãs abertas, e dados sôbre a fertilização das flôres e queda das maçãs nos algodoeiros das diferentes séries

SÉRIE	MAÇÃS FORMADAS	MAÇÃS ABERTAS	FLÔRES NÃO FERTILIZADAS	QUEDA DE MAÇÃS
	n.º	n.º	%	%
Completa -----	14	13	17,6	7,1
Sem N -----	7	1	36,3	85,7
Sem P -----	5	0	44,4	100,0
Sem K -----	11	10	47,6	9,0
Sem Ca -----	5	0	50,0	100,0
Sem Mg -----	10	8	70,0	20,0
Sem S -----	4	2	60,0	50,0
Sem Fe -----	14	6	22,2	37,1

A porcentagem de flôres não fertilizadas foi calculada a partir dos dados totais de flôres abertas e de maçãs formadas; a porcentagem de queda de maçãs, dos dados totais de maçãs formadas e de maçãs abertas.

Verifica-se, pelo exame dos resultados: a) que em geral foi bastante elevada a taxa de não pegamento das flôres, devido às deficiências; apenas no caso da deficiência de ferro a taxa em aprêço se aproximou da das testemunhas (solução completa); b) na queda ("shedding") das maçãs "pegadas" foi visível a influência da deficiência dos elementos, reduzindo-se sensivelmente essa influência, entretanto, nos casos das deficiências de potássio e de magnésio.

3.1.5 — PRODUÇÃO DE ALGODÃO EM CAROÇO

No quadro 6 damos as produções de algodão em caroço retirado dos capulhos produzidos pelas plantas do ensaio.

QUADRO 6. — Produções de algodão em caroço nas quatro plantas de cada série

SÉRIE	Algodão em caroço	
	Total	Média por planta
Completa -----	0 16,98	0 4,24
Sem N -----	0,80	0,20
Sem P -----	0	0
Sem K -----	12,40	3,10
Sem Ca -----	0	0
Sem Mg -----	8,51	2,12
Sem S -----	1,10	0,27
Sem Fe -----	13,88	3,47

Como se verifica, as deficiências de potássio e de ferro foram as que menos prejudicaram a produção de algodão em caroço; a deficiência de magnésio reduziu-a a cerca de 50% da das testemunhas; as demais deficiências reduziram a produção a zero.

3.1.6 — ANÁLISE QUÍMICA DAS PLANTAS

A nosso pedido a Seção de Agrogeologia analisou ⁽³⁾ folhas, hastes e brácteas das plantas, no final do ensaio. Devido à escassez de material para análise, somente foram dosados P₂O₅ e K₂O.

Os resultados são apresentados nos gráficos da figura 1.

⁽³⁾ Agradecemos ao Dr. R. A. Catani, pelas referidas análises.

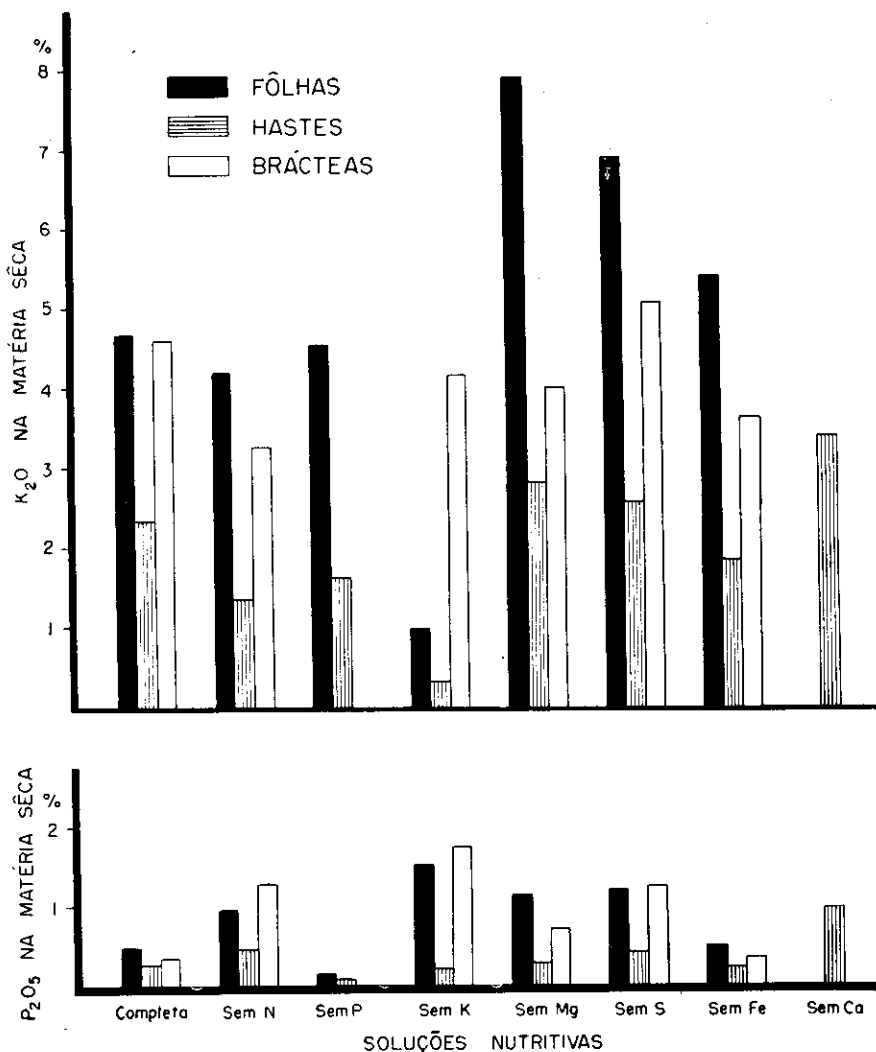


FIGURA 1. — Composição química (P_2O_5 e K_2O) de fôlhas, hastes e bráctas de algodoeiros que vegetaram em soluções nutritivas de diferentes composições.

Examinando os gráficos citados, verifica-se o que é mencionado a seguir.

a) **Fôlhas:** a porcentagem de P_2O_5 aumentou nos casos de deficiência de nitrogênio, potássio, magnésio e enxôfre; a de K_2O aumentou nos casos de deficiência de magnésio, enxôfre e ferro.

b) **Hastes:** a porcentagem de P_2O_5 aumentou nos casos de deficiência de nitrogênio, enxôfre e enxôfre, e diminuiu nos casos de deficiência de potássio e de ferro; a porcentagem de K_2O aumentou nos casos de deficiência de magnésio, enxôfre e cálcio, e diminuiu nos de nitrogênio, fósforo e ferro.

c) **Brácteas:** a porcentagem de P_2O_5 aumentou nas deficiências de nitrogênio, potássio, magnésio e enxôfre, e diminuiu na deficiência de ferro; a de K_2O aumentou na deficiência de enxôfre, e diminuiu em todos os demais casos de deficiência. É interessante observar que a porcentagem de K_2O nas brácteas de plantas da série deficiente em potássio foi ainda mais elevada do que nas das séries sem nitrogênio, sem magnésio ou sem ferro.

As determinações de cinza bruta constam no quadro 7.

QUADRO 7. — Cinza bruta determinada em diferentes partes das plantas provenientes do ensaio de deficiências minerais no algodoeiro

SÉRIE	FÓLHAS	HASTES	BRÁCTEAS
	%	%	%
Completa -----	12,7	6,9	10,4
Sem N -----	11,3	3,8	10,0
Sem P -----	11,4	4,6	-----
Sem K -----	13,2	3,3	12,7
Sem Ca -----	-----	8,2	-----
Sem Mg -----	17,6	8,0	9,0
Sem S -----	17,1	7,2	13,0
Sem Fe -----	13,4	5,1	9,6

3 2 — SINTOMAS DE DEFICIÊNCIAS MINERAIS

Neste capítulo passaremos a descrever os principais sintomas observados nas plantas, e decorrentes das diferentes fórmulas de soluções nutritivas empregadas (quadro 1).

3.2.1 — PLANTAS DA SÉRIE COMPLETA (TESTEMUNHAS)

Como dissemos, empregamos vasos de um litro de capacidade para o cultivo do algodoeiro na experiência descrita neste trabalho. Em tais recipientes as plantas não tem possibilidade de atingir desenvolvimento muito exuberante.

Não obstante a reduzida capacidade dos vasos utilizados, os algodoeiros da série completa, resguardadas as respectivas proporções com plantas que vegetam em solo, apresentaram desenvolvimento normal quanto ao crescimento, vigor vegetativo, florescimento, frutificação etc.

A coloração das fôlhas foi sempre verde normal (estampa 1-A).

Raízes brancas, normais.

3.2.2 — DEFICIÊNCIA DE NITROGÊNIO

Já na primeira semana de supressão do nitrogênio da solução nutritiva as plantas correspondentes começaram a apresentar uma tonalidade mais clara na coloração das fôlhas. A clorose foliar inicial, uniforme na planta tôda, se acentuou gradativamente nas fôlhas mais velhas as quais, ao mesmo tempo que amareleciam entraram de apresentar manchas inicialmente avermelhadas (estampa 5-A) e a seguir pardacentas, secaram e finalmente caíram, 18-20 dias depois da supressão do nitrogênio.

Desenvolvimento diminuto do caule, internódios curtos, resultando em plantas de porte baixo, murchas, pouco enfolhadas, com escassez ou ausência de ramos vegetativos. Poucos ramos frutíferos, com regular queda das "orelhas"; poucas flôres e acentuada queda das maçãs eventualmente formadas. Produção de algodão em caroço, escassa ou nula.

Sistema radicular com desenvolvimento paralizado, raízes escuras, apresentando as extremidades mortas já aos 15 dias após a omissão do nitrogênio da solução nutritiva.

3.2.3 — DEFICIÊNCIA DE FÓSFORO

Nas cinco primeiras semanas de omissão do fósforo da solução nutritiva as plantas da série correspondente tiveram crescimento sensivelmente prejudicado, em relação às plantas testemunhas; da 6.^a semana em diante, entretanto, a situação se inverteu: paralizou-se o crescimento das testemunhas ao passo que as plantas da série sem fósforo continuaram se desenvolvendo em altura, para no final do ensaio apresentarem-se mesmo mais altas do que as da série completa (quadro 3), porém com ausência de ramos laterais.

Pode-se pois dizer que a omissão do fósforo retardou o crescimento das plantas, as quais, todavia, não apresentaram vigor vegetativo (4).

(4) É sabido que, no campo, algodoeiros desenvolvidos em carência de fósforo são plantas anãs. O fato de as plantas em solução nutritiva sem fósforo, desta experiência, terem se desenvolvido em altura,

Concomitantemente com a paralização do crescimento as plantas apresentaram uma intensificação na coloração das fôlhas, que passaram a verde-escuro. Seguiu-se uma tonalidade pardacenta, como se as fôlhas estivessem empoeiradas, as quais, ao depois, apresentaram-se com uma tonalidade amarelo-bronzeada. A êste tempo apareceram manchas ferruginosas nas extremidades do limbo (estampa 1-B), que se desenvolveram progressivamente para o interior, dando às fôlhas o aspecto de queimadas. Com o progresso da necrose as fôlhas caíam da planta.

Poucas flôres, baixa fertilização, queda total das maçãs eventualmente formadas.

Raízes regularmente desenvolvidas, porém de coloração ferruginosa.

3.2.4 — DEFICIÊNCIA DE POTÁSSIO

Cêrca de 40 dias após a omissão do potássio notavam-se os sintomas iniciais característicos da deficiência dêste elemento: as fôlhas, de coloração antes verde-normal, passaram a apresentar uma variegação verde-claro amarelada, com leve proeminência das nervuras; seca das margens e das extremidades das fôlhas; no interior do limbo, manchas esparsas pardo-avermelhadas, de contôrno irregular e localizadas entre as nervuras (estampa 4-A); queda prematura das fôlhas inferiores, mais velhas.

Com o progresso da deficiência as manchas se reúnem, as extremidades e as margens do limbo foliar morrem, retorcendo-se para baixo; finalmente todo o limbo morre, apresentando uma coloração típica pardo-chocolate (estampa 4-B).

Desenvolvimento vegetativo subnormal, paralizado após a 5.^a semana da supressão do potássio da solução nutritiva, resultando em plantas desfolhadas. Ramos produtivos em número normal, grande número de flôres, fertilização regular, baixo índice de queda das maçãs. As maçãs abriram-se normalmente, com médias de algodão em caroço por planta e por maçã próximas das obtidas para as plantas testemunhas ⁽⁵⁾.

Raízes com desenvolvimento quase normal.

3.2.5 — DEFICIÊNCIA DE CÁLCIO

A omissão do cálcio da solução nutritiva traduziu-se pela paralização imediata do desenvolvimento das plantas, as quais, concomitantemente,

após um período de paralização no crescimento, talvez se explique pela ocorrência de um acúmulo do fósforo pelas plantas, quando vegetaram inicialmente, durante um período de 50 dias, em solução completa.

⁽⁵⁾ No campo, a deficiência de potássio é sensivelmente prejudicial à produção do algodoeiro, que apresenta maçãs enfezadas, mal abertas e fibras de qualidade inferior (1). É possível que, em nossa experiência, o acúmulo de potássio pelas plantas, na fase em que vegetaram em solução completa, tenha contribuído para alterar os resultados da deficiência do elemento em aprêço. Aliás, foi dos melhores o teor de K_2O encontrado nas brácteas das plantas da série sem potássio (figura 1).

passaram a se apresentar murchas, soltando as folhas mais velhas, a um leve tato. Em poucas semanas estavam mortas, reduzindo-se praticamente ao caule apenas (estampa 6). As folhas que persistiram por maior tempo terminaram por apresentar coloração vermelho-sangue (estampa 2-A). Praticamente não houve, pois, diferenciação de ramos vegetativos, e alguns ramos frutíferos formados apresentaram poucas flores, ocorrendo a queda total das maçãs.

Simultaneamente à paralização do desenvolvimento da parte aérea ocorreu a morte das extremidades das raízes, que em pouco tempo estavam inteiramente negras, podres.

3.2.6 — DEFICIÊNCIA DE MAGNÉSIO

Quanto ao desenvolvimento em altura, as plantas da série sem magnésio não mostraram diferença das da série completa. Entretanto, elas eram menos vigorosas, com queda prematura das folhas inferiores, mais velhas. No final do ensaio, poucas folhas no caule das plantas.

Os sintomas foliares típicos se iniciaram pela descoloração do limbo nos espaços entre as nervuras; margeando estas permanecem faixas verde-normal (estampa 3-A). Posteriormente, toda a parte antes descolorida passa a apresentar coloração vermelho-púrpura, as nervuras permanecendo sempre verdes (estampa 3-B). Em solução nutritiva tal característico predominou nas folhas do terço médio do caule (estampa 6).

Florescimento normal, porém baixa fertilização das flores; pequena queda de maçãs. Maçãs mal desenvolvidas e mal abertas; produção reduzida de algodão em caroço.

Raízes em estado satisfatório durante boa parte do período em que as plantas vegetaram em soluções sem magnésio; no final do ensaio, porém, estavam mortas.

3.2.7 — DEFICIÊNCIA DE ENXÓFRE

As plantas da série sem enxofre tiveram desenvolvimento regular.

Uma semana após a omissão deste elemento da solução nutritiva já apareciam os primeiros sintomas: descoloração das folhas do brôto terminal. A clorose progride rapidamente das folhas mais novas para as mais velhas, inferiores, caracterizando-a uma coloração típica verde-limão e apresentando-se brilhante o limbo foliar (estampa 5-B). Crestamento do bordo foliar, nos estágios mais avançados da carência do elemento. Na região abrangida pela clorose até as sépalas das flores perdem a coloração verde-normal e passam a apresentar-se verde-limão.

Florescimento reduzido, pequena frutificação, regular queda das maçãs; maçãs mal abertas, produção insignificante de algodão em caroço.

Rebrotação das gemas vegetativas da metade inferior do caule.

Raízes em estado satisfatório durante todo o tempo de duração do ensaio.

3.2.3 — DEFICIÊNCIA DE FERRO

As plantas da série sem ferro apresentaram desenvolvimento regular.

O sintoma foliar inicial, notado cêrca de uma semana após a omissão do elemento da solução nutritiva, foi uma ligeira clorose das fôlhas do tópo das plantas. A clorose persiste, em poucas semanas abrangendo tóda a metade superior da planta, cujas fôlhas passam então a apresentar coloração verde-cana, com leve pronunciamento das nervuras. Em estágios avançados da deficiência, entretanto, as nervuras apresentam-se bem verdes, contrastando vivamente com o resto do limbo foliar, que se apresenta amarelo pálido (estampa 2-B). As fôlhas baixeras amarelecem e caem prematuramente.

Florescimento normal, boa frutificação, regular queda de maçãs. Regular produção de algodão em caroço.

Raízes em estado quase bom, até o final do ensaio.

VISUAL SYMPTOMS OF COTTON MALNUTRITION

SUMMARY

This paper describes and illustrates the main visual symptoms of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, sulphur, and iron deficiencies, induced in cotton plants (var. Stoneville) (*Gossypium hirsutum* L.) growing in Hoagland's nutrient solutions.

LITERATURA CITADA

1. COOPER, H. P. & DONALD, L. Plant-nutrient deficiency symptoms in cotton. In Bear, F. E. & Coleman, R., ed. Hunger signs in plants. Washington, D. C., The Amer. Soc. Agron. and The nat. Fertil. Assoc., 1951. p. 135-170.
2. FRANCO, C. M. & LOOMIS, W. E. The absorption of phosphorus and iron from nutrient solutions. *Plant Physiol.* 22:627-634, 1947.
3. ————— & MENDES, H. C. Sintomas de deficiências minerais no cafeeiro. *Bragantia* 9:[165]-173. 1949.
4. HOAGLAND, D. R. & ARNON, D. I. The water-culture method for growing plants without soil. Berkeley, Univ. of California agric. Exp. Sta., 1938. 39p. (Circular N.º 347)



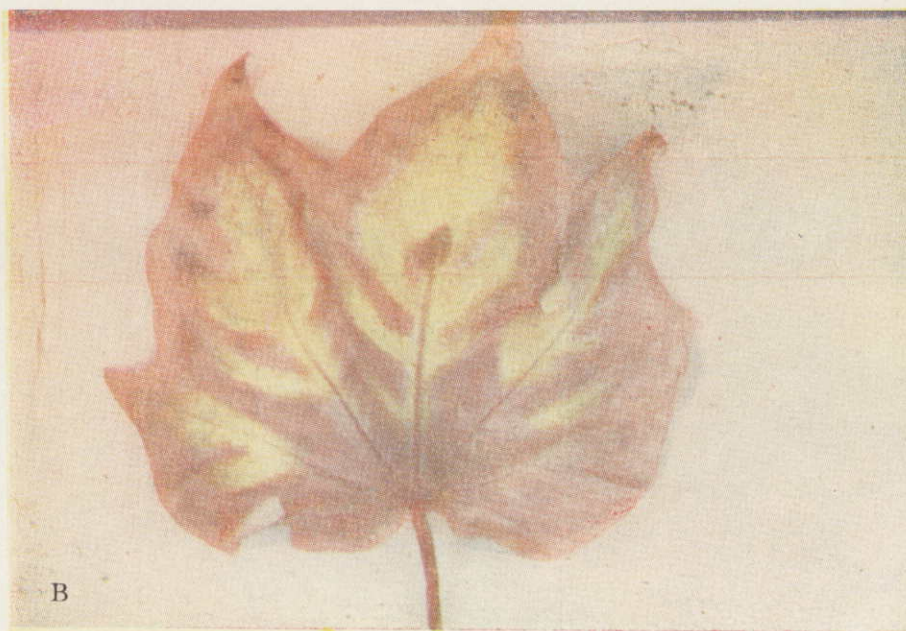
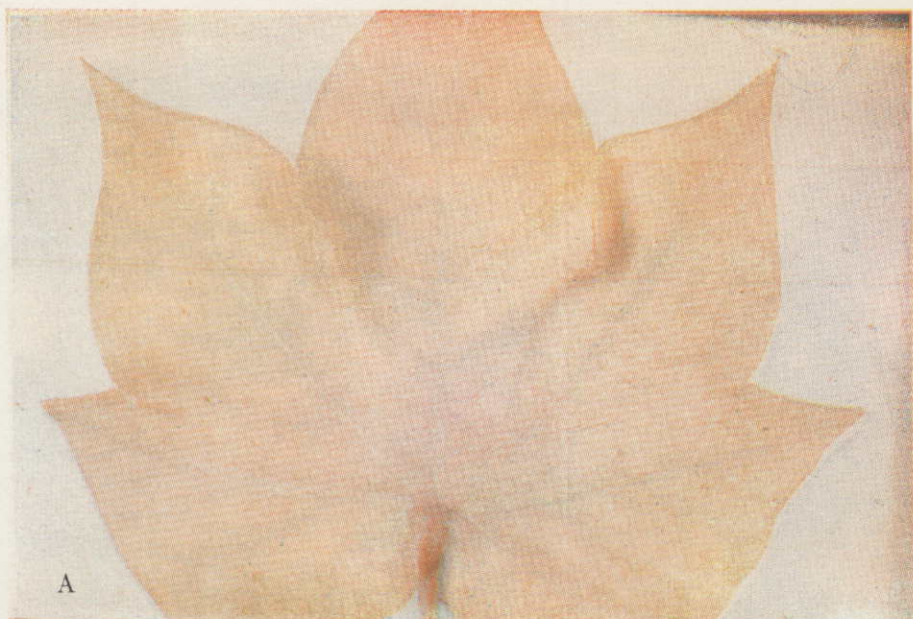
A — Fólha normal, de uma planta que vegetou em solução nutritiva completa; B — fólha exibindo os sintomas iniciais da deficiência de fósforo.



Folhas mostrando sintomas avançados das deficiências de: A — cálcio B — ferro.



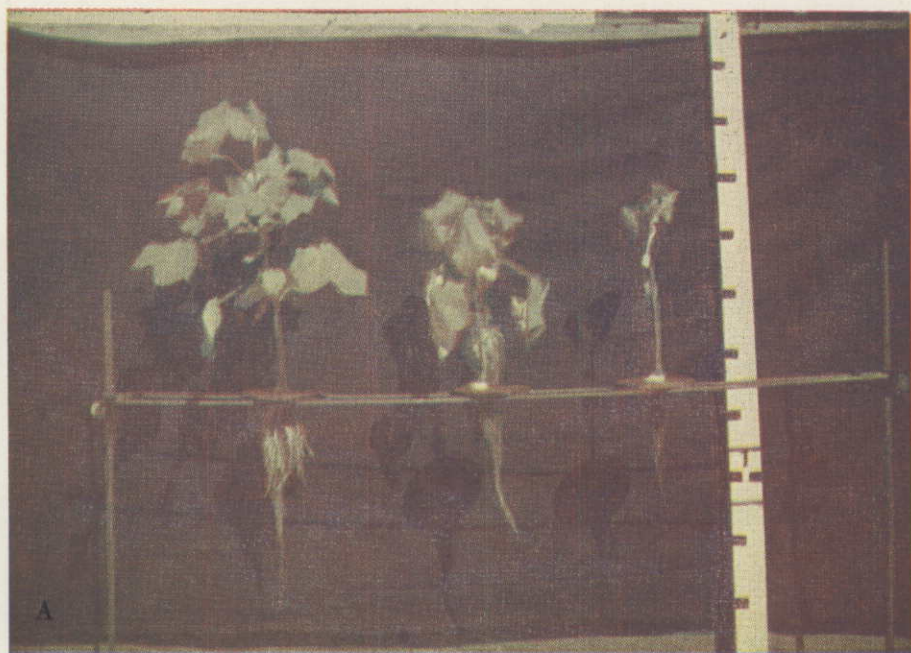
A e *B* — respectivamente, sintomas iniciais e finais da deficiência de magnésio.



A e B — respectivamente, sintomas iniciais e finais da deficiência de potássio.



A — sintomas iniciais da deficiência de nitrogênio; B — à direita, planta mostrando sintomas de deficiência de enxôfre.



Em cima: plantas da série sem cálcio, ao lado de planta da série completa; *em baixo:* plantas da série sem magnésio. Em ambos os casos, fotografias tomadas 40 dias após a omissão dos elementos das soluções nutritivas.