

NUTRIÇÃO DO ALGODOEIRO

II — ABSORÇÃO MINERAL POR PLANTAS CULTIVADAS EM SOLUÇÕES NUTRITIVAS (*)

HELI CAMARGO MENDES

Engenheiro-agrônomo, Seção de Fisiologia, Instituto Agrônomo

RESUMO

Foram cultivados algodoeiros das variedades I. A. Campinas 817 e I. A. 7387-24940 durante 150 dias em soluções nutritivas, e mediante a análise periódica das soluções calculou-se a absorção dos elementos N, P, K, Ca, Mg, S e Fe, com o fim de se estabelecerem as épocas de maiores exigências em cada um, no ciclo vegetativo da planta.

Os resultados mostram que o algodoeiro foi exigente em Mg, S e Fe logo nos primeiros 30 dias de vida. A absorção de N, P, K e Ca foi máxima na época do florescimento, isto é, entre o aparecimento das primeiras "orelhas" e a individualização das "maçãs", ou seja, dos 30 aos 60 dias do ciclo. Ao cabo deste período tinham as plantas absorvido cêrca da metade do total de N, K, Ca e S retirados durante todo o tempo de duração do ensaio.

Os resultados mostram, também, que ao se abrirem os primeiros frutos (120 dias) as plantas praticamente já haviam absorvido 90% do total de cada elemento estudado.

1 — INTRODUÇÃO

Diversos autores tem estimado quantitativamente a absorção mineral do algodoeiro nas diferentes fases do desenvolvimento, baseados em resultados de análises de tecidos coletados durante o ciclo da planta vegetando em solo (2, 3, 9, 10, 11, 12, 13). Todavia, dentre as restrições que se opõem ao método sobressaem as relativas à escolha da parte da planta a ser analisada, e a determinação da relação entre a disponibilidade dos nutrientes no solo e o seu acúmulo no tecido analisado. A composição e outras propriedades do solo tem efeitos na proporção de cada um dos elementos absorvidos pela planta.

(*) O A. agradece ao Dr. W. L. Lott e ao Eng. Agr. J. R. Gallo, pelas análises de soluções nutritivas e material vegetal utilizadas neste trabalho.

Recebido para publicação em 28 de outubro de 1959.

Esta, por seu turno, muitas vêzes retira do solo os sais minerais em quantidades excessivas, relativamente às reais necessidades metabólicas (8).

Nos estudos de nutrição de plantas tem sido largamente utilizadas as soluções nutritivas, as quais oferecem possibilidades de manutenção, durante todo o ciclo vegetativo, com precisão bastante razoável, das quantidades e proporções de cada elemento disponível e sua forma química, das reações do substrato, das condições ambientes etc., pondo em evidência, de modo seguro, fenômenos básicos do processo.

No presente estudo, mediante análises periódicas da composição química de soluções nutritivas em que vegetaram algodoeiros, procurou-se estabelecer as curvas de absorção dos nutrientes essenciais, durante o ciclo vegetativo da planta.

Dados teóricos como os apresentados neste trabalho sempre poderão ter aplicação prática, principalmente com relação à questão da determinação das melhores épocas de administração dos adubos, propiciando um programa cultural mais favorável. No caso particular do algodoeiro, entre nós ainda ofereceriam base para estudos detalhados do "vermelhão", distúrbio fisiológico de causa discutida, comum nos últimos anos em numerosas plantações espalhadas pela área algodoeira do Estado de São Paulo.

2 — MATERIAIS E MÉTODOS

Sementes de algodoeiros autofecundados (*G. hirsutum* L.) das variedades I.A. 7387-24940 e I.A. Campinas 817, da colheita de 1955 e cedidas pela Seção de Algodão do Instituto Agrônômico, foram deslintadas em ácido sulfúrico comercial, lavadas, sêcas ligeiramente ao ar e semeadas em areia lavado de rio. As plantinhas nascidas, respectivamente com cinco e quatro dias depois de germinadas e apresentando apenas o par de fôlhas cotiledonares, após serem uniformizadas quanto ao desenvolvimento e estado sanitário foram, em 31-1-56, transferidas para solução nutritiva completa de Hoagland e Arnon (4), em vasos de vidro neutro pintados externamente com tinta preta recoberta por duas camadas de esmalte branco e dispostos sobre vagonetas da estufa de vidros da Seção de Fisiologia. Para cada variedade utilizaram-se 64 vasos, tendo êstes a capacidade de dois litros e recebendo cada um uma única planta. As soluções nutritivas

foram arejadas continuamente (dia e noite), tendo-se utilizado pedras porosas (1) para a melhor subdivisão do ar nelas borbulhado.

A solução nutritiva, preparada sempre com água destilada, teve a seguinte composição básica:

<i>Elemento</i>	<i>p.p.m.</i>
N	141,0
P	15,5
K	215,0
Ca	100,0
Mg	25,0
S	35,06
Fe	5,0
B	0,5
Mn	0,5
Zn	0,09
Cu	0,02
Mo	0,01

No seu preparo empregamos sais p.a.: KNO_3 , KH_2PO_4 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, H_3BO_3 , $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, ZnSO_4 , H_2MoO_4 e $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. O ferro foi administrado sob a forma de seqüestrador (Perma Kleer Iron (10,5% Fe), da Refined Products Corp. U.S.A.).

O ensaio foi disposto de modo a têrmos, para cada variedade estudada, 16 séries de quatro repetições cada uma.

A avaliação da absorção mineral das plantas foi feita por períodos de 10 dias, procedendo-se do seguinte modo: no final da década considerada, de cada variedade coletavam-se as quatro plantas da série correspondente. Com água destilada completava-se o volume de solução exatamente a 2 000 cc, em proveta graduada, e retirava-se uma alíquota, que era analisada. Na ocasião de retirar as plantas, as suas raízes e as paredes dos vasos foram sempre cuidadosamente lavadas com água destilada, aproveitando-se também as águas de lavagem na recomposição do volume inicial da solução cuja alíquota seria analisada.

As diferenças entre os teores iniciais de cada elemento na solução nutritiva (determinados analiticamente) e os encontrados nos finais das décadas foram consideradas as quantidades absorvidas pela planta, na década correspondente. Nos gráficos que ilustram os resultados neste trabalho, essas quantidades absorvidas foram transforma-

(1) Em cada vaso empregamos uma pedra porosa cilíndrica, com $\frac{7}{8}'' \times 1''$, grau de finura n.º 2, de fabricação de W. H. Curtin & Co., U. S. A.

das em porcentagem da quantidade inicialmente posta à disposição das plantas, nas soluções nutritivas (2).

Durante o ensaio não houve preocupação de manter a estabilidade do pH das soluções, apenas anotando-se os valores iniciais e finais em cada década. Foram também anotados os dados referentes ao desenvolvimento das plantas (altura, pêso fresco (3) e pêso sêco a 65-70° C), porcentagem de umidade, aparecimento dos botões floríferos ("orelhas"), florescimento, frutificação e deiscência.

Diariamente se completava com água destilada o volume de solução em cada vaso do ensaio.

Simultaneamente com as soluções coletadas nos finais das décadas foram também analisadas as plantas das repetições correspondentes (fustes (fôlhas e hastes) e raízes separadamente).

Para a 1.ª década foram utilizadas oito plantas de cada variedade, devido ao porte reduzido das mesmas; da 2.ª em diante trabalhamos com quatro repetições de cada variedade, por década. Nas datas de coleta do material de uma década, a solução nutritiva dos vasos de tôdas as demais séries remanescentes era substituída por nova, recém-preparada. Quando o desenvolvimento vegetativo dos algodoeiros o exigiu, essas trocas de solução foram feitas no final de cada quinqüídio, bem como completado mais de uma vez diariamente, o volume de solução nos vasos.

Tendo trabalhado com materiais considerados geneticamente uniformes, a técnica descrita deu ensejo a que se pudesse estudar a absorção da planta num ciclo de 150 dias (15 décadas) teoricamente como se se medisse, durante todo êsse período, a absorção de apenas quatro indivíduos, para cada variedade. O interêsse em analisar simultaneamente as soluções e o material vegetal é que nos conduziu a tal procedimento.

A matéria sêca vegetal foi determinada a pêso constante, mediante secagem a 65-70° C em estufa elétrica, sem corrente forçada de ar. As porcentagens de matéria sêca e de umidade foram calculadas com base no pêso fresco dos materiais (7).

As análises químicas foram efetuadas pelo Laboratório de Química Vegetal (I.A.-I.R.I.).

(2) Agradecemos aos Srs. F. Domingos e R. Pompeu de Camargo, desenhistas da Seção de Agrogeologia, a confecção dos gráficos.

(3) Tomado sempre imediatamente após a retirada das plantas dos vasos.

Tôdas as análises e demais determinações foram feitas individualmente para cada repetição, porém os resultados aqui apresentados correspondem às médias das quatro repetições de cada série. Os dados não foram analisados estatisticamente, porém as variações entre repetições em geral foram pequenas, indicando ser suficientemente satisfatório o método adotado.

3 — RESULTADOS

3. 1 — pH DAS SOLUÇÕES NUTRITIVAS

No quadro 1 estão resumidos os dados das determinações do pH das soluções nutritivas recém-preparadas e no final das décadas.

QUADRO 1. — pH de soluções nutritivas recém-preparadas e após 10 dias de uso por algodoeiros de duas variedades, em diferentes idades

Década	pH		
	Inicial	Final	
		I.A.C. 817	I.A. 7387
1. ^a -----	5,38		
2. ^a -----			
3. ^a -----	5,26	5,34	5,14
4. ^a -----	5,11	6,60	5,77
5. ^a -----	5,17	5,89	5,94
6. ^a -----	5,59	7,28	7,34
7. ^a -----	5,67	6,86	7,17
8. ^a -----	5,82	6,69	7,03
9. ^a -----	5,75	7,26	7,37
10. ^a -----	5,66	6,90	6,83
11. ^a -----	5,73	6,59	6,09
12. ^a -----	5,50	6,40	6,59
13. ^a -----	5,51	6,42	6,50
14. ^a -----	5,70	6,50	6,28
15. ^a -----	5,66	6,24	6,43
Média -----	5,53	6,53	6,49

Verifica-se que, em média, foi pequena a variação da reação das soluções, para ambas as variedades tendo-se encontrado maiores oscilações do pH no período compreendido entre a 4.^a e a 10.^a décadas.

3. 2 — DESENVOLVIMENTO DAS PLANTAS

No quadro 2 foram reunidos os resultados das determinações do peso seco e do teor de umidade das partes das plantas, e nas figuras 1 e 2 estão representados, respectivamente, as porcentagens de matéria seca e os aumentos percentuais da matéria seca nas diferentes idades das plantas, dando-nos idéia do desenvolvimento dos algodoeiros nos diversos estágios do ciclo vegetativo considerados neste trabalho.

QUADRO 2. — Pêso seco e teor de umidade, em diferentes idades, de algodoeiros de duas variedades cultivadas em solução nutritiva

Década	FUSTE (*)				RAIZ			
	I.A.C. 817		I.A. 7387		I.A.C. 817		I.A. 7387	
	Pêso seco	Umi- dade	Pêso seco	Umi- dade	Pêso seco	Umi- dade	Pêso seco	Umi- dade
	g.	%	g	%	g	%	g	%
1.ª -----	0,52	84,2	0,39	85,0	0,22	89,1	0,16	90,0
2.ª -----	0,99	88,2	1,14	87,6	0,24	93,9	0,41	89,5
3.ª -----	6,67	83,3	4,77	85,2	1,42	91,3	0,82	91,6
4.ª -----	18,71	79,8	18,50	79,9	3,85	88,8	2,37	93,2
5.ª -----	28,55	77,7	35,70	73,8	4,29	91,7	4,07	91,0
6.ª -----	48,30	75,6	38,74	76,0	3,76	91,9	4,52	90,4
7.ª -----	46,56	78,6	34,62	77,3	3,66	90,8	4,32	89,3
8.ª -----	65,70	74,0	79,04	67,3	3,19	92,3	4,96	91,9
9.ª -----	66,50	77,6	57,84	79,8	4,56	92,2	4,61	93,3
10.ª -----	61,80	78,6	57,55	76,4	3,54	92,2	3,54	91,2
11.ª -----	54,71	78,3	35,51	79,3	4,01	91,6	3,60	92,7
12.ª -----	50,07	75,6	31,72	76,0	2,80	92,0	2,52	90,8
13.ª -----	26,26	71,4	33,45	73,2	2,39	90,1	1,99	91,2
14.ª -----	35,24	58,5	24,97	66,2	2,01	90,8	1,92	90,8
15.ª -----	36,41	48,9	24,61	54,6	1,77	91,7	2,37	86,2

(*) Tôda a parte acima do colo das plantas.

Pelo exame dos referidos dados verificamos que houve três períodos de incremento máximo da matéria seca: 20-50, 70-80 e aos 115-140 dias.

Na figura 2 consta também a curva da temperatura média (°C), registrada em termógrafo, no local do ensaio.

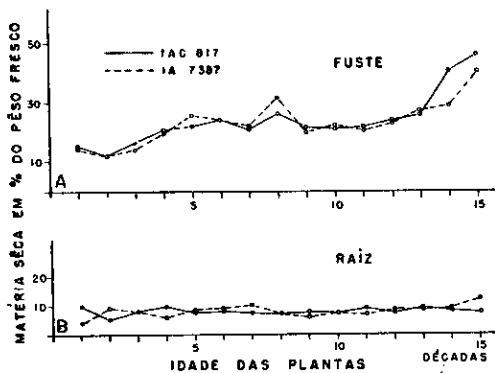
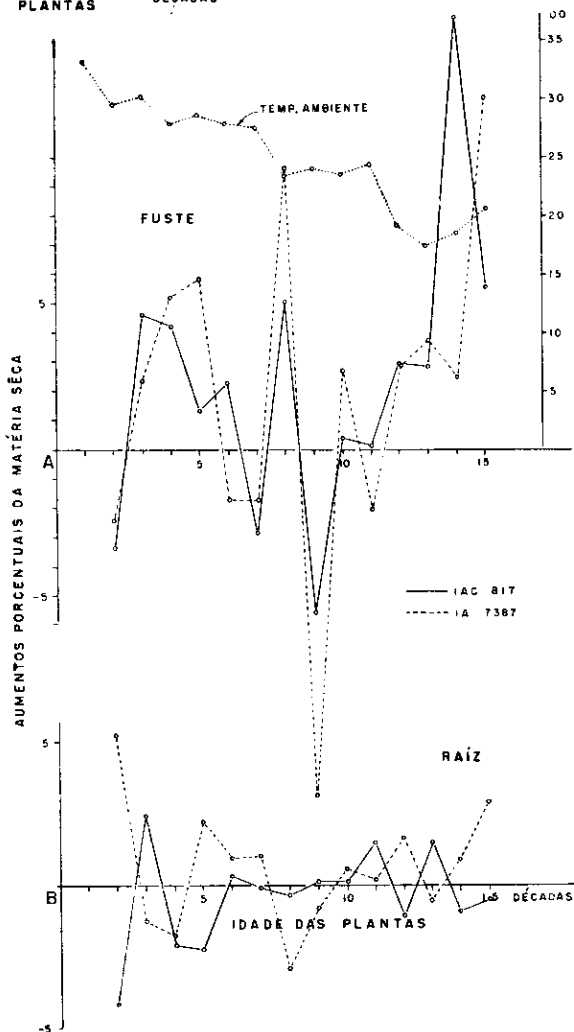


FIGURA 1. — Porcentagens de matéria sêca em diferentes partes de algodoeiros cultivados em soluções nutritivas: A — fustes; B — raízes.

FIGURA 2. — Aumentos percentuais de matéria sêca em diferentes partes de algodoeiros cultivados em soluções nutritivas: A — fustes; B — raízes.



3. 3 — APARECIMENTO DOS BOTÕES FLORAIS

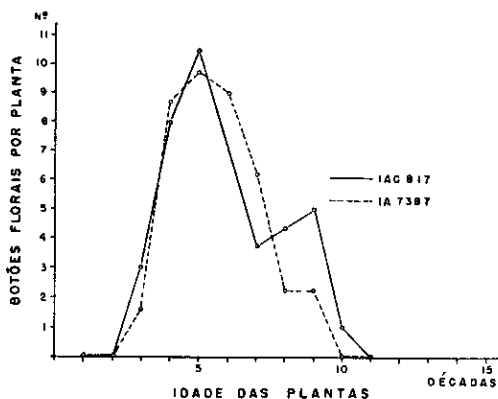


FIGURA 3. — Marcha do aparecimento dos botões florais ("orelhas") em algodoeiros cultivados em soluções nutritivas.

3. 4 — FLORESCIMENTO

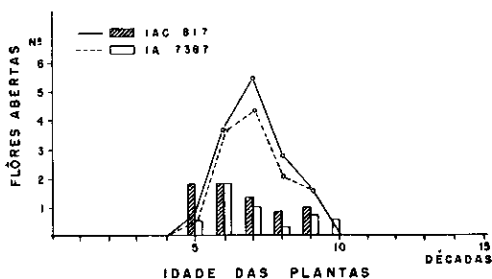


FIGURA 4. — Marcha do florescimento em algodoeiros cultivados em soluções nutritivas. (Linhas = n.º médio de flôres por planta, no conjunto da experiência; barras = n.º médio de flôres por planta da década considerada).

Na figura 3 estão representadas as curvas relativas ao número de botões florais por planta, anotados para cada uma das variedades, durante o ciclo vegetativo.

As primeiras "orelhas" surgiram durante a 3.ª década, isto é, quando as plantas tinham entre 20 e 30 dias após a germinação. A maior intensidade ocorreu na 5.ª década, caindo para zero após a 10.ª.

No gráfico da figura 4 está representada a marcha do florescimento das plantas do ensaio: as linhas, ligando os pontos médios determinados para tôdas as plantas de cada variedade; as barras, em cada grupo representando o número médio de flôres observadas nas plantas da década considerada.

Como se verifica, no primeiro caso ocorreu maior número de flôres entre a 6.ª e a 8.ª décadas; no segundo, as plantas trabalhadas entre a 5.ª e a 7.ª décadas apresentaram maior florescimento, com um ligeiro aumento novamente nas plantas da 9.ª década.

3. 5 — FRUTIFICAÇÃO E DEISCÊNCIA

Na figura 5 estão representadas grãficamente a marcha da frutificação e a da deiscência, nas duas variedades.

Relativamente à frutificação verificou-se que o maior número de "maçãs" por planta ocorreu entre a 6.^a e a 10.^a décadas, na 11.^a ocorrendo, entretanto, uma ligeira elevação para a variedade I.A.C. 817. Com referência à deiscência dos frutos, teve ela início a partir da 12.^a década, estando ainda em ascensão na 15.^a, quando terminou o ensaio.

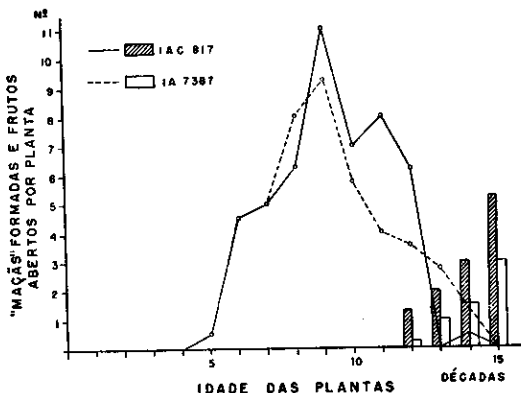


FIGURA 5. — Marcha do aparecimento das "maçãs" e da deiscência dos frutos em algodoeiros cultivados em soluções nutritivas.

3. 6 — ABSORÇÃO MINERAL E ANÁLISE DE TECIDOS

No quadro 3 consta a absorção quantitativa (média por planta) das variedades estudadas, durante as 15 décadas.

Nas figuras 6 a 12 estão representadas grãficamente as curvas de absorção obtidas para cada variedade e construídas a partir dos dados do quadro 3, bem assim os resultados das análises químicas dos fustes e das raízes das plantas correspondentes.

3. 6. 1 — NITROGÊNIO

Verificou-se que a absorção máxima deste nutriente ocorreu a partir da 3.^a até a 6.^a décadas; caiu ligeiramente na 7.^a e 8.^a, para de novo se elevar na 9.^a década, daí para diante praticamente decrescendo definitivamente. As curvas de absorção obtidas para am-

QUADRO 3. — Absorção quantitativa, por década, por algódeiros de duas variedades cultivadas em soluções nutritivas

Década	Elemento absorvido													
	N		P		K		Ca		Mg		S		Fe	
	I.A.C. 817	I.A. 7387	I.A.C. 817	I.A. 7387	I.A.C. 817	I.A. 7387	I.A.C. 817	I.A. 7387	I.A.C. 817	I.A. 7387	I.A.C. 817	I.A. 7387	I.A.C. 817	I.A. 7387
	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg
1.ª	12,40	10,70	1,92	1,01	12,00	2,70	11,40	9,40	13,62	12,87			0,87	0,61
2.ª	26,70	31,00	4,20	4,80	28,20	11,20	16,70	16,70	14,50	14,25	9,63	10,00	2,07	1,72
3.ª	118,70	111,00	11,27	12,05	120,00	85,20	59,50	54,00	23,25	21,25	22,55	20,60	0,49	0,44
4.ª	131,00	131,00	14,12	15,53	174,50	199,00	81,00	90,20	16,25	18,50	13,10	14,77	0,77	0,62
5.ª	134,00	133,70	13,67	11,75	199,70	141,20	109,00	94,00	20,00	16,50	32,25	25,45	1,45	1,37
6.ª	126,00	134,40	8,97	8,17	79,20	68,90	36,50	19,20	10,12	8,62	9,70	4,18	1,57	1,56
7.ª	85,60	91,10	10,82	8,00	120,40	75,70	68,70	48,60	9,12	7,73	12,26	5,25	1,00	1,50
8.ª	75,40	79,10	10,84	10,44	59,00	66,00	49,40	49,00	11,50	11,25	12,07	13,29	1,06	1,06
9.ª	104,70	98,20	12,06	12,20	119,00	101,90	60,00	54,20	19,12	15,50	12,30	11,36	0,72	1,12
10.ª	52,00	58,40	7,37	8,02	49,50	56,90	24,90	22,20	10,62	11,37	5,84	7,02	1,45	1,57
11.ª	66,50	94,00	9,10	12,37	79,50	108,70	34,20	44,70	14,00	19,00	7,27	10,30	1,35	1,62
12.ª	23,50	27,00	7,50	10,67	32,00	35,70	9,20	8,00	29,00	24,75	3,22	7,55	1,02	0,42
13.ª	24,70	33,00	5,32	6,15	40,70	37,70	4,00	10,20	6,75	8,75	3,30	3,77	0,57	0,15
14.ª	38,70	38,70	8,41	6,10	29,50	27,20	47,20	46,70	5,00	4,50	5,87	6,30	1,57	1,57
15.ª	68,50	58,50	7,05	6,27	61,00	45,20	29,20	23,00	8,75	9,50	8,27	6,72	1,52	1,42
Total	1 088,40	1 129,80	132,62	133,53	1 204,20	1 063,20	635,90	590,10	211,60	204,34	157,63	146,56	17,48	16,75

bas as variedades (figura 6-A) mostram, pois, dois picos principais: entre os 40-60 e aos 80-90 dias. Tais picos correspondem aos da figura 3, isto é, às épocas em que ocorreram os maiores estandes de botões florais ("orelhas") nos algodoeiros da experiência.

As análises de tecido revelaram o seguinte: **fustes** — a porcentagem de nitrogênio, mais ou menos estável nas duas primeiras décadas, decresceu na 4.^a, mantendo-se praticamente constante daí em diante (figura 6-B); **raízes** — acompanhou a tendência geral da parte aérea, com a diferença que o decréscimo inicial foi menos acentuado (figura 6-C).

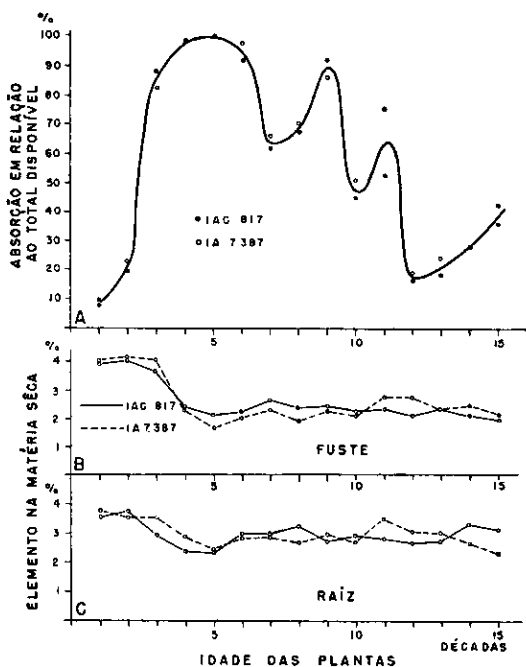


FIGURA 6. — Algodoeiros cultivados em soluções nutritivas: A — curva da absorção de nitrogênio pelas plantas em diferentes idades; B e C — concentrações de nitrogênio em fustes e raízes, respectivamente.

3. 6. 2 — FÓSFORO

A absorção máxima ocorreu entre as 3.^a e 5.^a décadas, com pique na 4.^a; entre a 5.^a e a 11.^a manteve-se praticamente elevada, acima de 60% do total do elemento disponível às plantas, caindo dali em diante (figura 7-A). Comparando as curvas de absorção do fósforo com as das figuras 1 a 3 não encontramos relação muito definida. O fósforo é requerido em maiores proporções nos estágios ini-

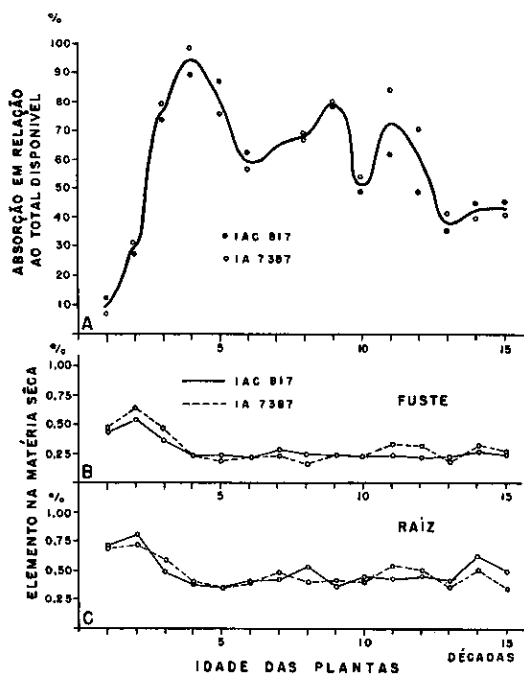


FIGURA 7. — Algodoeiros cultivados em soluções nutritivas: A — curva da absorção de fósforo pelas plantas em diferentes idades; B e C — concentrações de fósforo em fustes e raízes, respectivamente.

ciais (primeiros 50 dias), dali até 110-120 dias em proporções moderadas, reduzindo-se as exigências do algodoeiro neste elemento somente depois dos 120-130 dias de ciclo vegetativo.

As análises de tecido revelaram: **fustes** — a porcentagem em fósforo aumentou da 1.ª para a 2.ª década; daí em diante decresceu, estabilizando-se praticamente depois da 4.ª (figura 7-B); **raízes** — mesma tendência geral observada para o fuste (figura 7-C).

3. 6. 3 — POTÁSSIO

Houve duas épocas distintas de absorção máxima deste nutriente: a primeira, entre as 3.ª e 5.ª décadas e a segunda durante a 9.ª década (figura 8-A). Fora desses períodos foi reduzida a absorção do potássio. Os piques das respectivas curvas correspondem, como os das curvas da absorção de nitrogênio, às épocas em que se anotaram os maiores números de botões florais nas plantas da experiência (figura 3).

Com referência às análises de tecidos, revelaram o seguinte: **fustes** — a porcentagem de potássio decresceu da 1.ª até a 4.ª dé-

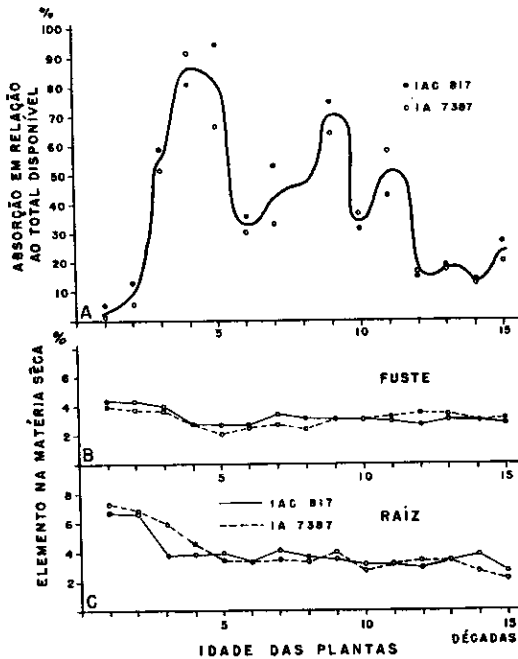


FIGURA 8. — Algodoeiros cultivados em soluções nutritivas: *A* — curva da absorção de potássio pelas plantas em diferentes idades; *B* e *C* — concentrações de potássio em fustes e raízes, respectivamente.

cada, estabilizou-se na 5.^a e 6.^a e se elevou ligeiramente na 7.^a; daí por diante manteve-se mais ou menos estável até o final do ensaio (figura 8-B); **raízes** — a porcentagem de potássio decresceu sensivelmente da 1.^a até a 4.^a década; daí em diante continuou decrescendo, porém lentamente (figura 8-C).

3. 6. 4 — CÁLCIO

A absorção de cálcio atingiu o máximo na 5.^a década; reduziu-se bastante na 6.^a, daí por diante sendo moderada (figura 9-A). Os piques principais das curvas obtidas correspondem aos das épocas de maior abotoação das plantas (figura 3).

FIGURA 9. — Algodoeiros cultivados em soluções nutritivas: *A* — curva da absorção de cálcio pelas plantas em diferentes idades; *B* e *C* — concentrações de cálcio em fustes e raízes, respectivamente.

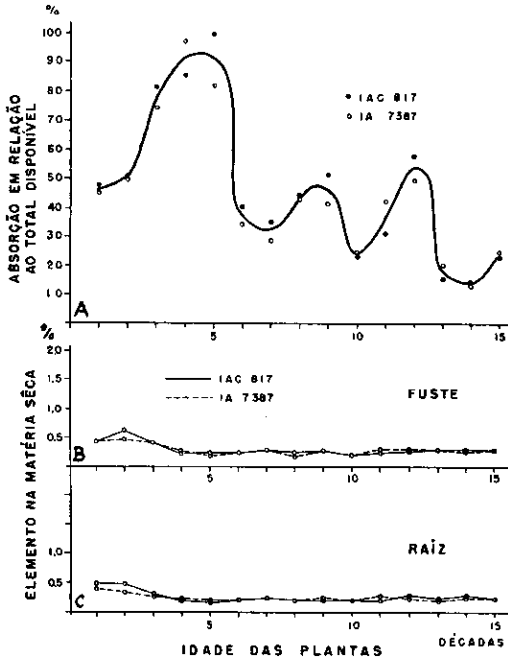
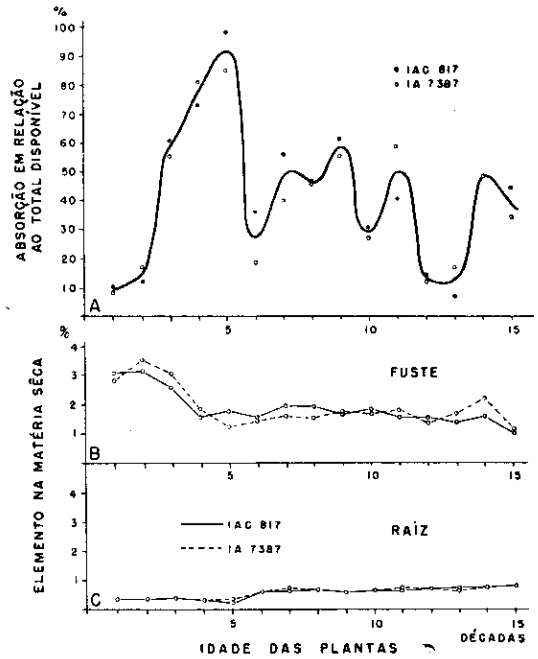


FIGURA 10. — Algodoeiros cultivados em soluções nutritivas: *A* — curva da absorção de magnésio pelas plantas em diferentes idades; *B* e *C* — concentrações de magnésio em fustes e raízes, respectivamente.

As análises de tecidos revelaram o seguinte: **fustes** — a porcentagem de cálcio decresceu entre a 1.^a e a 4.^a décadas, daí por diante se apresentando mais ou menos estável (figura 9-A); **raízes** — inicialmente, baixa porcentagem, reduzindo-se ainda mais na 5.^a década; da 6.^a década em diante, estável e ligeiramente mais elevada do que nos estágios iniciais (figura 9-C).

3. 6. 5 — MAGNÉSIO

A absorção de magnésio, que já na 1.^a década se revelou sensivelmente elevada relativamente à dos demais elementos estudados neste trabalho, continuou aumentando até a 5.^a década, quando foi máxima; diminuiu nas décadas seguintes, para de novo se elevar na 9.^a e na 12.^a (figura 10-A).

A análise de tecidos revelou, tanto para os fustes como para as raízes, um ligeiro declínio na porcentagem de magnésio da 1.^a até a 4.^a década, permanecendo mais ou menos estável daí em diante (figura 10-B, C).

3. 6. 6 — ENXÔFRE

Não pôde ser medida a absorção deste nutriente na 1.^a década. Da 2.^a em diante, porém, verificou-se que ela cresceu, atingindo o máximo na 5.^a década; decresceu na 6.^a, aumentou ligeiramente na 8.^a e daí por diante decresceu até a 13.^a, para de novo se elevar ligeiramente nas duas últimas. Os piques principais das curvas ocorreram na 5.^a década (figura 11), correspondendo, também para este elemento, à época de maior obotoação dos algodoeiros (figura 3).

Devido à insuficiência de material não se conseguiu realizar as análises do enxôfre nos tecidos, como foi feito para os demais elementos.

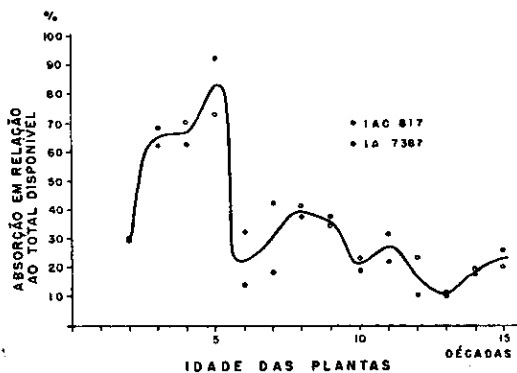


FIGURA 11. — Algodoeiros cultivados em soluções nutritivas. Curva da absorção de enxôfre pelas plantas em diferentes idades.

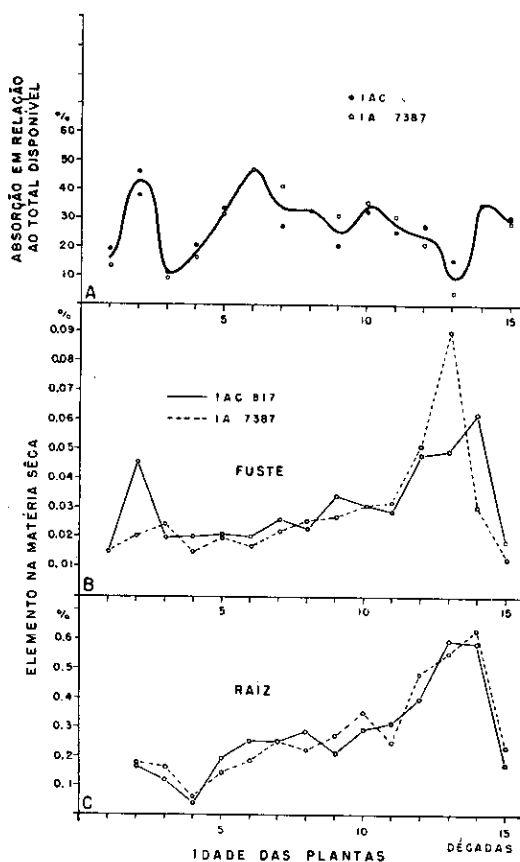


FIGURA 12. — Algodoeiros cultivados em soluções nutritivas: A — curva da absorção de ferro pelas plantas em diferentes idades; B e C — concentrações de ferro em fustes e raízes, respectivamente.

3. 6. 7 — FERRO

A absorção do ferro cresceu da 1.^ª para a 2.^ª década, diminuiu na 3.^ª, para de novo aumentar daí por diante, atingindo o máximo na 6.^ª década; desta até a 11.^ª decresceu, elevando-se ligeiramente nas etapas finais do experimento (figura 12-A).

As análises de tecidos, de modo geral revelaram porcentagens crescentes de ferro do início para o final do ensaio, com queda brusca na última década, tanto para os fustes como para as raízes (figura 12-B, C).

4 — DISCUSSÃO

White (13), entre 1910 e 1913, fez determinações do conteúdo de nitrogênio, potássio, fósforo, cálcio, magnésio, enxofre, cinza e matéria seca em algodoeiros, em quatro estágios do ciclo vegetativo: por ocasião do aparecimento de 1.^ª "orelha", da 1.^ª flor, da 1.^ª "maçã" aberta e na planta já em completa maturidade, estabelecendo grosseiramente que 1/3 do total dos nutrientes é absorvido pela

planta nos seus primeiros 30 dias de ciclo vegetativo, isto é, da germinação até o aparecimento das primeiras "orelhas"; outro 1/3 é absorvido durante o segundo período de 30 dias, isto é, entre o aparecimento das primeiras "orelhas" e a formação da 1.º flor; ao término de um terceiro período, de 60 dias, com a abertura das primeiras "maçãs" a planta já deverá ter absorvido de 85 a 90% dos nutrientes, restando apenas 10 a 15% para serem absorvidos durante o período de maturação, de 90 a 100 dias. Da matéria seca total da planta, contudo, aproximadamente 1/8 é produzido durante o 1.º período; outro 1/8, durante o 2.º período, 1/4 no terceiro período e a 1/2 final, durante a maturação.

Kudrin (6) estudou o desenvolvimento e a composição mineral do algodoeiro em cinco fases do ciclo da planta e concluiu que no estágio das "orelhas", isto é, por ocasião da formação das flôres (43 dias de idade) o algodoeiro retira as maiores porções de elementos nutritivos do solo, notando-se uma acentuada absorção de cálcio e azoto, em comparação a P_2O_5 e magnésio.

Pecora e Abitbol (12), baseados em análises de tecidos que realizaram em quatro diferentes subperíodos do desenvolvimento do algodoeiro, concluíram que essa planta é exigente em N, K_2O e CaO, sendo maior a proporção de N e K_2O no primeiro subperíodo, isto é, entre a sementeira e a plena individualização das plantinhas; para o Ca e o Mg a proporção é quase a mesma em tôdas as fases estudadas; quanto ao fósforo, diminui a proporção em mais de uma terça parte nos dois últimos subperíodos (depois do florescimento das plantas), em relação aos dois primeiros.

Dastur e Ahad (2), na Índia, determinaram comparativamente a composição mineral de algodoeiros de procedência americana e indígena, com o fim de esclarecer a causa de um distúrbio fisiológico que ocorre em plantas da primeira variedade, quando atacadas pela moléstia "tirak". Estudando a absorção mineral das plantas concluíram que em ambas as variedades a retirada máxima de todos os minerais estudados ocorre na época do florescimento, situando-se próximos aos 120 e 140 dias do ciclo vegetativo (a contar do plantio) os piques máximos das curvas correspondentes, respectivamente para as variedades americana e indígena. Este é o período quando tam-

bém ocorrem, em ambas as variedades, os aumentos máximos de pêso sêco das plantas.

Olson e Bledsoe (11) estudaram a absorção dos nutrientes pelo algodoeiro em quatro estágios do crescimento e quando vegetando em três tipo de solos. De um modo geral, concluíram que em dois dos três casos estudados a maior absorção de nutrientes ocorreu durante o período que vai do início da formação das "maçãs" (110 dias) até a maturidade (130-150 dias), enquanto no terceiro caso uma quantidade ligeiramente maior de nutrientes foi absorvida durante a fase início das "orelhas" — início das "maçãs" (75-110 dias). Considerando o caso isolado do N, concluíram que a maior porcentagem foi absorvida no período início das "orelhas" — início das "maçãs" (75-110 dias). Quanto ao fosfato, uma porcentagem decididamente maior foi absorvida durante o último período (130-150 dias). Concluíram, ainda, que a porcentagem de potássio, cálcio e magnésio absorvida nos dois últimos períodos (110-150 dias) parece variar mais do que a porcentagem de nitrogênio e fósforo.

Eaton e Ergle mediram o acúmulo e a distribuição dos elementos minerais e matéria sêca no algodoeiro: a) durante os primeiros 30 dias, quando vegetando em solução nutritiva de Hoagland, e b) depois do 30.º dia e até a maturidade (150.º dia), recalculando dados de Olson e Bledsoe (11) obtidos de plantas que vegetaram em solo sílico-argiloso, na Georgia, USA.

Do ensaio com plantas em soluções nutritivas os AA. concluíram que desde o estágio de semente até o de plantinhas no 5.º dia (emergência no 4.º dia) não houve modificação no pêso sêco nem no pêso de Mg por planta, mas houve grande acúmulo de N, K, Ca e Na e perda de P. Em nenhum estágio do ciclo da planta, posterior àquele, ocorreram modificações tão rápidas ou pronunciadas na composição mineral. A concentração de P (não o pêso por planta) decresceu até o 15.º dia, e daí por diante começou a crescer. As variações de concentração dos elementos na maioria dos casos foram menores entre o 15.º e o 30.º dia. Entre o 10.º e o 30.º dia o pêso por planta e os pesos dos diversos elementos mostraram forte tendência para duplicar em cada quinqüídio.

Do re-estudo dos dados de Olson e Bledsoe, concluíram Eaton e Egle que durante o período de 150 dias os algodoeiros (plantas inteiras) mostraram aumento no peso seco e acúmulo de minerais segundo uma curva sigmóide; a época de aumentos mais rápidos centralizou-se nos 105 dias ou pouco antes. N e Ca aumentaram até o 150.º dia e o peso de K por planta decresceu sensivelmente após o 120.º dia.

Durante a época de desenvolvimento das "maçãs" houve grande incremento de matéria seca e no peso, por planta, de N, P, K, Ca e Mg. Salvo no caso de uma retenção extra de Ca, estes incrementos passaram através dos tecidos vegetativos para se depositarem nas gemas e "maçãs" e promover o seu crescimento. Durante o estágio de maior aparecimento de "maçãs" e crescimento das "maçãs" mais velhas não ocorreram nem perdas nem ganhos substanciais de matéria seca ou de minerais nos tecidos vegetativos.

Entre nós, Neves e Freire (10), baseando-se em dados colhidos na literatura e referentes a experimentos de campo, traçaram a curva esquemática da absorção do azoto pelo algodoeiro, concluindo que somente a partir do aparecimento das primeiras "orelhas" (60 dias depois do plantio) é que a planta começa a absorver esse nutriente em escala apreciável.

Como podemos verificar pelas curvas apresentadas nas figuras 6 a 12, a absorção máxima, para ambas as variedades estudadas, ocorreu dos 20 aos 60 dias do ciclo vegetativo das plantas em soluções nutritivas.

Para facilitar a comparação dos resultados obtidos com os referidos na literatura em discussão, reunimos no quadro 4 os dados numéricos que exprimem a marcha da absorção dos diferentes elementos estudados neste trabalho. Por eles verificamos que o algodoeiro foi exigente em Mg, S e Fe logo nos primeiros 30 dias do ciclo vegetativo. Relativamente ao N, P, K e Ca, acentuaram-se as exigências desta planta entre a 3.º e a 6.º décadas, isto é, entre o aparecimento dos primeiros botões florais e das primeiras "maçãs". Em resumo, pelos dados do quadro 4 podemos verificar que ao aparecerem as primeiras "orelhas" (30 dias) o algodoeiro consumiu menos de 15% do N, P, K e Ca e mais de 20% do Mg, S e Fe, em relação ao total absorvido nas 15 décadas; ao aparecer a 1.º flor (50 dias), já absorveu mais de 1/3 do total do N, P e Fe e mais de 40% do total de K, Ca, Mg e S; ao se individualizarem as primei-

QUADRO 4. — Marcha (cumulativa) da absorção mineral por algodoeiros cultivados em soluções nutritivas

Década	Elemento absorvido, em % do total (*)						
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe
1.ª -----	1,04	1,10	0,62	1,69	6,37	-----	5,00
2.ª -----	3,64	4,50	2,31	4,02	13,29	6,46	15,36
3.ª -----	14,00	13,26	11,30	13,28	23,99	20,64	18,08
4.ª -----	25,82	24,40	27,90	27,29	32,37	29,83	22,13
5.ª -----	37,89	33,95	42,83	43,82	41,14	48,74	30,36
6.ª -----	49,63	40,39	49,36	48,32	45,64	53,24	39,51
7.ª -----	57,59	47,47	57,92	57,83	49,60	58,92	46,85
8.ª -----	64,56	55,46	63,47	65,87	55,07	66,92	53,04
9.ª -----	73,71	64,58	73,20	75,17	63,38	75,06	58,45
10.ª -----	78,69	70,36	77,93	79,01	68,68	79,31	67,28
11.ª -----	85,90	78,42	86,34	85,48	76,64	85,13	75,97
12.ª -----	88,18	85,24	89,35	86,88	89,56	88,72	80,14
13.ª -----	90,75	89,55	92,82	88,06	93,30	91,05	82,22
14.ª -----	94,26	95,00	95,32	95,73	95,55	95,06	91,39
15.ª -----	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

(*) Médias dos dados obtidos para as duas variedades estudadas.

ras "maçãs" (60 dias), cêrca da metade do total de N, K, Ca e S já foi absorvida; finalmente, ao iniciar a deiscência dos frutos (120 dias), praticamente já retirou 90% do total de cada elemento.

Os nossos resultados em linhas gerais confirmam os obtidos por Dastur e Ahad (2), que encontraram a absorção máxima dos elementos durante o período de florescimento dos algodoeiros. Todavia, pelo que êsses autores informam o florescimento se deu aos 115-150 dias, ao passo que em nossas plantas ocorreu bem mais cedo, isto é, entre os 40-50 e 100 dias, com máximo aos 70 dias do ciclo vegetativo (figura 4). Confirmam ainda os obtidos num dos casos estudados por Olson e Bledsoe (11), quando aquêles autores encontraram a máxima absorção pelo algodoeiro no período **início das "orelhas"** — **início das "maçãs"**, isto é, aos 75-110 dias, com a diferença, também neste caso, que as nossas plantas passaram por tal fase dos 20-30 aos 90-100 dias, com o máximo de "orelhas" aos 50 dias (figura 3). É possível que as diferenças apontadas sejam devidas às diferentes variedades de algodoeiro usadas em cada caso, e principalmente às variações do ambiente.

Com relação aos resultados apresentados por Kudrin (6), os nossos confirmam as exigências do algodoeiro por ocasião da formação dos botões florais, todavia, ao contrário do que cita aquêl autor, também com apreciável demanda de fósforo e magnésio logo nos primeiros estágios do ciclo vegetativo (figuras 7-A e 10-A).

Joham (5) recomenda o emprêgo de pecíolos retirados da haste principal do algodoeiro, para a análise de tecidos. Tendo em vista a insuficiência de material de que poderíamos dispor, se nos limitássemos a seguir a recomendação de Joham, neste trabalho preferimos analisar os fustes integrais das plantas.

Tanto para o fuste como para as raízes, as porcentagens iniciais dos elementos analisados foram mais elevadas, decrescendo sensivelmente na época da máxima absorção dos elementos das soluções nutritivas, para em geral se estabilizarem dali por diante; para o Ca e Mg das raízes, entretanto (figuras 9-C e 10-C), as curvas representativas foram muito suaves, quase acompanhando o eixo das abcissas. Para o caso do Fe (figura 12-B, C), houve aumento da porcentagem dêste nutriente tanto no fuste como nas raízes, à medida que as plantas se tornaram mais velhas.

As nossas curvas de análise de tecidos, tanto para o fuste como principalmente para as raízes, de um modo geral acompanharam a tendência das curvas apresentadas por Dastur e Ahad (2), para N, P, K, Ca e Mg; para o Fe tivemos uma representação bem diferente da obtida por aquêles autores.

Dastur e Ahad (2) encontraram coincidência do período de máximos incrementos da matéria sêca com o do florescimento, bem como da máxima absorção mineral com êste estágio do ciclo do algodoeiro.

Os aumentos percentuais de matéria sêca das plantas cultivadas em soluções nutritivas foram representadas nas curvas da figura 2, verificando-se três épocas de incrementos máximos: 20-50, 70-80 e 115-140 dias, esta última correspondendo à maturidade da planta. O período de desenvolvimento máximo antecedeu de 10 dias ao do máximo aparecimento dos botões florais do algodoeiro; um segundo período, mais curto que o anterior, antecedeu, também de uma década, ao período da máxima apresentação das "maçãs" nas plantas.

Houve coincidência dos piques máximos das curvas de absorção de N, P, Ca, Mg e S com os incrementos máximos da matéria seca do fuste (figura 2); quando as plantas entraram no estado de maturidade, todavia, decresceu a absorção mineral, ao passo que aumentou a matéria seca calculada sobre o peso fresco do material.

5 — CONCLUSÕES

a) A absorção máxima dos nutrientes em disponibilidade nas soluções nutritivas ocorreu dos 20 aos 60 dias do ciclo vegetativo do algodoeiro, para ambas as variedades estudadas.

b) A marcha da absorção pode ser resumida da seguinte maneira:

N-P-K — máxima entre os 25-60 dias do ciclo, isto é, na época do aparecimento dos botões ("orelhas"), flôres e "maçãs", com piques secundários aos 80-110 dias, coincidindo com o pleno desenvolvimento das "maçãs";

Ca — máxima dos 20 aos 50 dias e moderada dos 70 aos 110 e aos 140 dias;

Mg — elevada dos 10 aos 50 dias e moderada dos 80 aos 120 dias;

S — em ascensão até o 50.º dia, e baixa daí em diante;

Fe — moderada aos 10-20 e 45-80 dias, e irregular fora desses períodos.

c) Foi apreciável a demanda de Mg, S e Fe nos primeiros estágios do ciclo vegetativo, tendo as plantas absorvido já 1/5 do total destes nutrientes ao aparecerem as primeiras "orelhas" (30 dias), relativamente aos respectivos totais retirados durante os 150 dias de duração do ensaio.

d) As porcentagens iniciais dos elementos na matéria seca (não o peso por planta) foram mais elevadas, decrescendo sensivelmente por ocasião da absorção máxima dos nutrientes, para de um modo geral se estabilizarem dali por diante. As variações na porcentagem de Ca e Mg nas raízes foram insignificantes durante todo o tempo de duração do ensaio; quanto ao Fe, tanto nas raízes como nos

fustes encontrou-se elevação da porcentagem à medida que as plantas se tornaram mais velhas.

e) Ambas as variedades de algodoeiro estudadas em tudo se comportaram de maneira satisfatoriamente semelhante, não tendo ocorrido discrepâncias de resultados dignas de registro.

MINERAL ABSORPTION BY COTTON PLANTS GROWING IN NUTRIENT SOLUTIONS

SUMMARY

The amount of minerals absorbed by cotton plants (*Gossypium hirsutum* L.) was determined by chemical analysis of samples from the nutrient solutions in which they were growing, collected at ten-day intervals throughout fifteen decades. The results were as follows:

(a) — in a general manner the bulk of absorption occurred between the 20th and 60th days for all nutrients;

(b) — **N-P-K** uptake was larger during the early square and early boll stages with a secondary peak observed 20 to 50 days after these stages;

(c) — maximum **Ca** uptake occurred in the 20-50 day stage, with moderate uptakes at 70, 110, and 140 days;

(d) — **Mg** absorption was higher in the first 10-50 days, and moderate afterwards;

(e) — **S** uptake increased until the 50th day and decreased afterwards;

(f) — **Fe** absorption was moderate at 10-20 and 45-80 day stages, and irregular outside these periods.

Approximately 1/5 of the total Mg, S, and Fe was taken up during the first 30-day period in the life of the plant, ending with the formation of the first square. By the time setting of the first boll occurred (60 days), approximately 1/2 of the total N, K, Ca, and S had been taken up by the plant. Finally, at the opening of the first boll (120 days), 90 per cent of the total uptake had been already absorbed by the plant, thus indicating that only 10 per cent was taken up during the final ripening and maturing period.

The N, P, K, Ca, and Mg concentrations (not the weight per plant) decreased both in shoots and roots from the beginning to the end of the vegetative cycle in nutrient solutions; Ca and Mg concentrations in roots remained almost constant, whereas Fe concentration in shoots and roots increased as the plants became older.

LITERATURA CITADA

1. CHRISTIDIS, B. G. & HARRISON, G. J. Cotton growing problems. New York, McGraw-Hill Book Co., Inc. 1955. vii, 633 p.
2. DASTUR, R. H. & AHAD, A. Studies on the periodic partial failures of Punjab-American cottons in the Punjab. III — The uptake and the distribution of minerals in the cotton plant. Ind. J. agric. Sci. 11:279-300. 1941.
3. EATON, F. M. & ERGLE, D. R. Mineral nutrition of the cotton plant. Plant Physiol. 32:169-175. 1957.

4. HOAGLAND, D. R. & ARNON, D. I. The water-culture method for growing plants without soil. Berkeley, Ca., Univ. California agric. Exp. Sta., 1938. 39p. (Circular n.º 347)
5. JOHAM, H. E. The nutrition status of the cotton plant as indicated by tissue tests. *Plant Physiol.* 26:76-89. 1951.
6. KUDRIN, S. A. Der zeitliche Verlauf des Wachstums und der Naehrstoffaufnahme durch die Baumwollpflanze. *Z. PflErnaehr. Dueng.* 13:91-93. 1929.
7. LOOMIS, W. E. & SHULL, C. A. *Methods in Plant Physiology.* New York, McGraw-Hill Book Co., Inc., 1937. xviii, 472p.
8. MEYER, B. S. & ANDERSON, D. B. *Plant Physiology.* 2nd. ed. D. Van Nostrand Co. Inc., New York, 1956. viii, 784 p.
9. MURPHY, H. F. The nitrogen, phosphorus, and calcium content of the cotton plant at pre-blooming to early boll stages of growth. *J. Amer. Soc. Agron.* 28:52-57. 1936.
10. NEVES, O. S. & FREIRE, E. S. Adubação do algodoeiro. III — Ensaio sôbre a aplicação de azôto em cobertura. *Bragantia* 16:[223]-242. 1957.
11. OLSON, L. C. & BLEDSOE, R. P. The chemical composition of the cotton plant and the uptake of nutrients at different stages of growth. *Experiment, Ga., Georgia Expt. Sta.,* 1942. 16p. (Bulletin n.º 222)
12. PECORA, E. J. & ABITBOL, J. *Composicion quimica de la planta de algodón.* Buenos Aires, Junta nacional de! Algodon, 1938. 43p. (Publicação n.º 36)
13. WHITE, H. C. The feeding of cotton. *Georgia agric. Exp. Sta.,* 1914. p. 129-144. (Bull. 108); [original não consultado; referências em 1, 9 e em E. S. R. 34:139-140. 1916]