

# Estudo sôbre a Alimentação Mineral do algodoeiro

## I. Marcha da absorpção do macronutrientes (Nota prévia) (\*)

J. R. SARRUGE, L. GOMES (\*\*, H. P. HAAG  
e E. MALAVOLTA

Cadeira de Química Orgânica e Biológica  
Escola Superior de Agricultura «Luiz de Queiroz»

---

\* Com a ajuda da Fundação Rockefeller (N. York) e da Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado de S. Paulo.  
\*\* Estagiária da SUDENE.

## 1. INTRODUÇÃO

A solução do problema da adubação consiste, em geral, em dar respostas às perguntas: que? quanto? quando? e como?

Os ensaios de adubação no próprio campo, complementados ou não por outros métodos de avaliar a fertilidade do solo, dão a resposta à primeira e à segunda pergunta. Em outras palavras: indicam quais os elementos cuja falta está limitando a produção, e dão as quantidades em que devem ser empregados para garantir aumentos econômicos nas colheitas.

A última questão — como? — se refere ao modo de aplicação ou de localização dos adubos; aqui também a resposta à pergunta é dada pelos experimentos de campo ou, em casos limitados, por ensaios em vasos.

A terceira pergunta diz respeito à época de aplicação dos fertilizantes. Há pelo menos duas maneiras pelas quais é possível estabelecer o momento em que um dado elemento deve ser fornecido. Uma delas consiste em fazer ensaios de campo em que um certo nutriente é aplicado em diversas épocas; a maior colheita deve necessariamente corresponder ao tratamento em que se fez a aplicação no momento mais oportuno. Outra maneira de resolver o problema está em proceder-se a análises periódicas de plantas cultivadas em vasos ou no campo para verificar em que época ou épocas se intensifica a absorção de um dado elemento; fica assim estabelecido o momento em que a necessidade fisiológica da planta em relação a dito elemento é maior e no qual, portanto, a adubação deve fornecê-lo. Esta segunda aproximação foi usada no presente trabalho a fim de se adquirir algumas bases fisiológicas para a adubação do algodoeiro.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Solo

O ensaio foi instalado no Campo Experimental da Seção Técnica de Química Agrícola da E. S. A. "Luiz de Queiroz", U.S.P., Piracicaba, S. Paulo, em solo arenoso da formação Corumbataí estudado por RANZANI (1956); a permissão para usar essa área fica aqui agradecida. A análise química de amostras superficiais compostas aparece na Tabela 2-1.

### 2.2. Condições de clima

Durante o decorrer do ensaio a queda pluviométrica e as variações na temperatura foram aquelas que aparecem na Tabela 2-2,

gentilmente fornecida pela Cadeira de Física e Meteorologia da E. S. A. "Luiz de Queiroz".

Tabela 2-1. Características químicas do solo em que foi conduzido o ensaio (Soil characteristics).

(\*) extraído com  $H_2SO_4$  0,05 N

Característica	Teor
Ph	5,3
C %	0,87
N %	0,09
$PO_4^{-3}$ eq. mg/100 g(*)	0,43
$K^+$ eq. mg/100 g	0,07
$Ca^{+2}$ eq. mg/100 g	1,91
$Mg^{+2}$ eq. mg/100 g	0,22
$Mn^{+2}$ eq. mg/100 g	0,01
$H^+$ eq. mg/100 g	1,23
$Al^{+3}$ eq. mg/100 g	1,00
S (soma de bases) eq. mg/100 g	2,34
T — S	1,23
V %	50,0

### 2.3. O ensaio

Escolhida uma área de aproximadamente 1 hectare incorporou-se em metade da mesma no mês de agosto de 1961, 1,25 t de calcário dolomítico por hectare, dose essa correspondente à necessidade de cal do solo em questão (CATANI & GALLO, 1955).

O terreno foi sulcado no espaçamento de 2 m e, no dia do plantio (17/11/1961), a parte que recebera calagem foi adubada com 200 kg de superfosfato simples e 165 kg de sulfato de potássio. Foram empregadas sementes de variedade I. A. C. 11. Após o desbaste deixou-se entre plantas a distância de 20 cm. O nitrogênio, omitido no plantio, foi fornecido em duas aplicações iguais equivalentes a 300 kg de salitre do Chile por hectare; a primeira se fez em 29/12/61 e a segunda em 30/1/62. Durante o transcorrer do ensaio foram aplicados apenas inseticidas clorados.

As amostragens periódicas iniciaram-se em 4/12/61, decorrendo em geral 2 semanas entre uma e outra. As plantas eram colhidas ao acaso, tanto na parte adubada como naquela que não recebera adubação e calagem. O número de algodoeiros arrancados variou com o desenvolvimento da cultura. No início eram

colhidos 32 pés não adubados e 16 que haviam recebido fertilizantes; nas últimas amostragens eram tomadas apenas 6 plantas de cada um dos dois tratamentos.

#### 2.4. *Métodos analíticos*

As plantas colhidas eram levadas imediatamente ao laboratório onde se procedia a uma lavagem cuidadosa das raízes com água de torneira e depois com água destilada. Anotava-se o peso fresco e em seguida punha-se o material na estufa a 90°C para secar. Separava-se então os diversos órgãos que eram pesado e triturados. O material moído era colocado em frascos de vidro com tampa plástica, devidamente rotulados.

Feito o extrato nítrico perclórico das amostras procedia-se as seguintes determinações: fósforo (colorimetria pelo metavanadato), potássio e cálcio (fotometria de chama), magnésio (amarelo de tiazol) enxôfre (gravimetria como sulfato de bário). Em outras amostras o nitrogênio era determinado por Kjeldahl em escala semi micro.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1. *Crescimento*

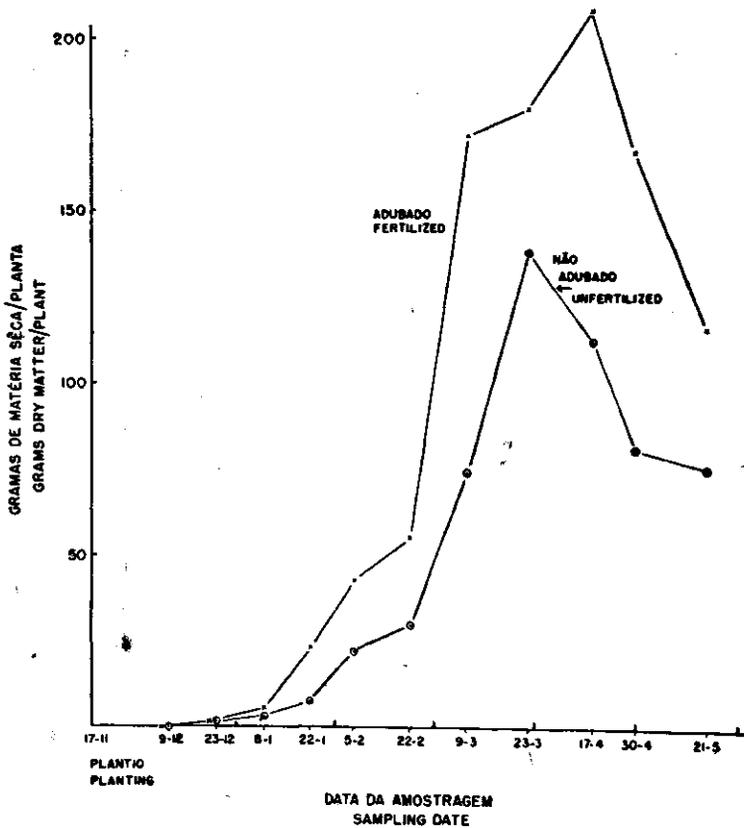
A Fig. 3-1 dá a variação no teor de matéria sêca das plantas adubadas e não adubadas em função da época da amostragem.

Verifica-se que no primeiro mês de vida o algodoeiro cresceu muito pouco. Dêsse momento em diante distinguem-se, porém, duas fases bem características de aumentos consideráveis nas quantidades de matéria sêca produzidas. A primeira delas corresponde ao período compreendido entre a 7.<sup>a</sup> e 12.<sup>a</sup> semana depois do plantio; a segunda fase corresponde, por sua vez, ao período delimitado pela 12.<sup>a</sup> e pela 15.<sup>a</sup> ou 16.<sup>a</sup> semana após a semeadura. Na Fig. 3-1 essas duas fases são descritas por linhas aproximadamente retas e que apresentam inclinações bem distintas em relação ao eixo das abcisas; se os pontos correspondentes às quantidades de matéria sêca forem unidos numa linha contínua verifica-se no limite entre um período e outro uma mudança acentuada na inflexão da curva. MENDES (1960) fez observações semelhante ao estudar o crescimento do algodoeiro em solução nutritiva.

A reta — ou segmento da reta — correspondente à segunda fase de crescimento rápido mostra um coeficiente angular bem maior do que a linha correspondente ao primeiro período; é o resul-

Dia	1961						1962							
	Novembro		Dezembro		Janeiro		Fevereiro		Março		Abril		Maio	
	Temp. °C	Chuva mm	Temp. °C	Chuva mm	Temp. °C	Chuva mm	Temp. °C	Chuva mm	Temp. °C	Chuva mm	Temp. °C	Chuva mm	Temp. °C	Chuva mm
1	---	---	27,4	---	21,4	---	22,1	---	21,7	---	23,8	---	19,2	
2	---	---	25,7	1,30	24,3	---	24,4	---	24,8	1,20	23,7	---	23,2	
3	---	---	23,8	1,20	23,7	1,30	24,4	---	24,2	3,10	24,3	---	21,9	
4	---	---	22,2	3,30	25,3	1,30	23,8	6,50	24,7	---	22,4	---	16,9	
5	---	---	20,0	---	25,1	---	22,5	5,00	24,0	1,00	22,4	---	15,4	
6	---	---	20,3	---	26,6	---	22,9	1,00	25,1	1,20	21,9	---	15,0	
7	---	---	21,3	---	26,8	---	23,8	---	25,1	---	22,1	---	15,3	
8	---	---	22,0	0,30	22,4	4,40	23,8	0,50	25,1	---	22,0	---	14,2	
9	---	---	21,5	2,00	26,4	3,00	24,3	3,40	24,8	---	18,9	---	15,7	
10	---	---	19,3	0,10	25,4	0,10	24,5	2,30	23,1	1,20	19,6	1,30	16,1	
11	---	---	20,7	---	23,7	---	24,4	0,05	22,6	10,40	21,3	---	15,5	
12	---	---	26,0	0,40	24,2	0,40	23,2	0,05	21,6	19,30	20,8	---	16,4	
13	---	---	24,3	---	26,7	---	23,4	---	23,5	4,40	20,9	---	17,3	
14	---	---	22,5	---	24,8	---	25,8	---	22,9	19,30	22,1	---	18,5	
15	6	0,20	21,7	---	24,8	1,30	25,1	---	22,7	2,40	22,1	---	18,5	
16	8	0,30	23,5	0,15	18,9	1,50	23,6	5,20	22,9	1,40	23,9	---	19,2	
17	2	---	22,2	1,20	19,2	9,40	26,1	---	23,7	1,10	23,7	2,30	23,0	
18	3	---	24,4	6,00	22,6	2,10	25,8	0,40	23,3	5,00	22,4	---	22,0	
19	3	---	23,9	0,30	23,6	4,10	24,5	2,50	23,1	4,30	22,9	---	21,2	
20	5	1,30	25,0	0,30	22,2	2,10	25,1	0,10	24,9	4,10	20,3	---	22,3	
21	4	1,00	24,8	0,30	20,5	---	25,1	---	23,9	---	18,7	---	22,7	
22	4	1,30	26,4	0,20	23,8	8,40	23,5	10,40	23,2	---	18,6	---	---	
23	1	4,10	26,1	0,05	25,5	0,05	23,8	0,30	24,1	---	18,6	---	---	
24	9	---	26,9	---	25,7	---	23,2	2,40	24,5	0,20	20,1	---	---	
25	8	2,10	24,2	---	25,7	---	23,9	0,50	24,9	---	21,4	---	---	
26	6	---	26,6	3,40	22,7	0,10	23,1	2,40	24,6	---	23,0	---	---	
27	8	0,20	20,3	4,20	22,3	---	23,3	---	24,4	---	19,3	---	---	
28	1	0,30	22,8	2,10	21,9	---	23,9	---	24,5	---	18,2	---	---	
29	3	0,05	24,9	1,20	18,1	---	---	---	25,0	---	17,2	1,40	---	
30	1	---	22,1	2,20	22,6	---	---	---	24,6	---	22,2	2,10	---	
31	---	---	21,7	---	21,9	---	---	---	24,3	---	---	---	---	

Tabela 2-2. Queda pluviométrica e temperatura diária durante o decorrer de ensaio (Rainfall and Variations in temperature).



tado sem dúvida do aparecimento dos primeiros órgãos reprodutivos e do aumento verificado na quantidade de folhas.

Por outro lado, as curvas que descrevem o crescimento das plantas adubadas ou não adubadas são razoavelmente paralelas; segue-se, pois, que a aplicação de fertilizantes não alterou, ao que parece, o hábito de crescimento do algodoeiro.

A diminuição na quantidade de matéria sêca notada 16-17 semana após o plantio deve ser causada pela queda das folhas e galhos mais velhos. Não se fez nenhuma tentativa para recuperá-los para análise.

### 3.2. Variação na quantidade de elementos absorvidos

As quantidades totais de macronutrientes absorvidos por planta, em função da época de amostragem, aparecem na Tabela 3-1.

De um modo geral verifica-se que nas primeiras sete semanas é bastante pequena a absorção dos elementos pela malvácea. Aumenta, porém, a quantidade retirada quando se inicia a primeira fase de crescimento rápido. O segundo período de crescimento vigoroso é também assinalado por uma intensa absorção de minerais. As quantidades de elementos encontradas cresceram progressivamente até 9/3/62, ou seja, até 4 meses depois do plantio; em seguida, porém, um ou outro elemento principia a aparecer nas amostras em quantidades menores: além da queda de folhas e galhos velhos, as perdas por lavagem das folhas não devem ser omitidas dessa consideração.

As plantas adubadas mostraram sempre ter retirado quantidades maiores de elemento do que as não adubadas, exceção feita para o fósforo; êsse resultado talvez se explique pelo fato que a terra do ensaio é bastante rica em P, não havendo geral reação

Tabela 3-1. Quantidades de macronutrientes absorvidas pelas plantas em função do seu desenvolvimento (Amounts of macronutrients taken up during the experimental period).

Data	Tratamento	N	P	g/planta de K	Ca	Mg	S
9/12/61	Sem adubo	0,005	0,0004	0,001	0,002	0,0006	0,001
	Sem adubo	0,008	0,0015	0,007	0,005	0,0020	0,004
23/12/61	Sem adubo	0,026	0,002	0,009	0,020	0,006	0,004
	Sem adubo	0,039	0,004	0,017	0,030	0,009	0,010
8/1/62	Sem adubo	0,101	0,018	0,032	0,085	0,017	0,018
	Sem adubo	0,150	0,018	0,082	0,098	0,024	0,048
22/1/62	Sem adubo	0,223	0,020	0,069	0,185	0,032	0,033
	Sem adubo	0,724	0,085	0,357	0,607	0,132	0,186
5/3/62	Sem adubo	0,580	0,050	0,370	0,482	0,084	0,147
	Sem adubo	1,173	0,110	0,807	0,807	0,178	0,306
22/2/62	Sem adubo	0,683	0,082	0,431	0,413	0,139	0,176
	Com adubo	1,760	0,109	0,852	0,921	0,180	0,426
*9/3/62	Com adubo	1,467	0,262	1,067	1,049	0,255	0,437
	Com adubo	3,328	0,326	2,624	2,471	0,515	1,325
28/3/62	Com adubo	2,419	0,515	2,122	1,521	0,428	0,365
	Com adubo	3,528	0,421	2,661	2,160	0,536	0,824
17/4/62	Com adubo	1,559	0,406	1,644	1,263	0,329	0,265
	Com adubo	3,428	0,336	3,121	1,975	0,572	0,719
30/4/62	Com adubo	1,321	0,392	1,018	1,124	0,180	0,258
	Com adubo	2,352	0,266	1,585	1,266	0,274	0,467
21/5/62	Com adubo	1,121	0,104	1,153	0,993	0,224	0,302
	Com adubo	1,736	0,213	1,769	1,436	0,442	0,480



### 3.3. *Extração e exportação de macronutrientes*

A Tabela 3-3 fornece as quantidades de macronutrientes contidas em 25.000 algodoeiro, população correspondente a um hectare. Os valores foram calculados com base nos teores encontrados nas plantas adubadas do presente ensaio. A colheita obtida nêsse tratamento foi estimada em 1.325 kg de algodão em carôço por hectare; as plantas não adubadas produziram apenas o equivalente a 725 kg por hectare.

Parte	N	P	K	Ca	Mg	S
Raizes	5,8	0,22	3,2	1,1	0,7	0,8
P. aérea veget.	48,8	3,92	38,6	49,5	7,2	21,9
P. aérea reprod.	28,6	4,00	23,7	11,1	4,9	10,5
Total	83,2	8,14	65,5	61,7	12,8	33,2

Tabela 3-3. Quantidades de macronutrientes totais nas plantas adubadas em 9/3/62 (kg/ha). (Amounts of macronutrients removed in kg/ha).

Verifica-se que o nitrogênio e o potássio são os elementos exigidos em maior proporção; vem em seguida o cálcio, depois o enxôfre, o magnésio e, finalmente, o fósforo. Considerando-se que apenas a parte aérea reprodutiva abandona a propriedade agrícola em forma de produto comercial verifica-se, que os elementos são exportados nas seguintes proporções aproximadas em relação ao total contido na cultura: N = 1/3, P—1/2, K—1/3, Ca—1/6, Mg—1/2, e S—1/3. É importante assinalar que o enxôfre é extraído e exportado em quantidades maiores que o fósforo.

## 4. RESUMO E CONCLUSÕES

Em solo arenoso cultivou-se o algodoeiro da variedade I.A.C. 11 sob dois tratamentos, a saber: adubação NPK + calagem e sem fertilizante. Três semanas após o plantio começou-se a tirar amostras de plantas para análise de macronutrientes nas suas diversas partes. Procurou-se determinar dessa maneira os períodos da vida da planta em que é mais acentuada a absorção dos macronutrientes, períodos êsses em que seria mais interessante fornecê-los como adubos, sempre que possível. Nas amostras colhidas fizeram-se determinações de matéria sêca e de azoto, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxôfre.

Os dados obtidos permitiram tirar as seguintes conclusões principais:

4.1. O crescimento inicial do algodoeiro é bastante lento, intensificando-se, porém, sete semanas depois do plantio. Uma segunda fase de acúmulo rápido de material sêco se inicia 3 meses após a sementeira.

4.2. A absorção dos macronutrientes é bastante pequena até o instante da floração. Nessa época, porém, aumenta consideravelmente a retirada dos sais minerais do solo. No período que vai do aparecimento das maçãs até a maturidade o algodoeiro absorve perto de 75 por cento dos macronutrientes de que necessita para completar o ciclo. Parece, por isso, indicada a aplicação tardia de alguns fertilizantes como aqueles que contêm nitrogênio e potássio.

4.3. Nas condições de ensaio, as quantidades totais de elementos extraídos por hectare pelas plantas adubadas foram:

83,2 kg de azoto (N)  
8,1 kg de fósforo (P)  
65,5 kg de potássio (K)  
61,7 kg de cálcio (Ca)  
12,8 kg de magnésio (Mg) e  
33,2 kg de enxôfre (S).

Dos macronutrientes mais considerados na adubação, N, P e K, são exportados pela colheita, respectivamente, 1/3, 1/2 e 1/3 da quantidade total retirada do solo.

## 5. SUMMARY

Cotton (variety I.A.C.11) was grown on a sandy soil under two treatments, namely: (1) NPK + lime and (2) no fertilizers. Three weeks after planting a systematic sampling of entire plants was done every other week. In the laboratory determinations of dry weight were made and afterwards the various plant partes were submitted to chemical analyses, nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), and sulfur (S) being determined. The aim of this work was to obtain information on the periods in which the absorption of the several macronutrients was more intense, this providing a clue for time of application of certain mineral fertilizers.

Data obtained hereby allowed for the following main conclusions.

5.1. The initial rate of growth of the cotton plant, judged by the determinations of dry weight, is rather slow. Seven weeks after planting and again five weeks two distinct periods of rapid growth take place.

5.2. The uptake of macronutrients is rather small until the first flowers show up. From there on the absorption of minerals is intensified. From the time in which fruits are being formed to full maturity, the crop draws from the soil nearly 75 percent of the total amount of elements required to complete life cycle. This seems to point out the need for late dressings of fertilizers, particularly of those containing N and K.

5.3. The following amounts of element in Kg/ha were absorbed by the fertilized plants:

N	—	83.2
P	—	8.1
K	—	65.5
Ca	—	61.7
Mg	—	12.8 and
S	—	33.2.

The three major macronutrients, namely, N, P and K are exported as seed cotton in the following proportions with respect to the total amounts taken up by the entire crop: N — 1/3, P — 1/2 and K — 1/3.

## 6. LITERATURA CITADA

- 1 — CATANI, R. A. & J. R. GALLO, 1955 — Avaliação da exigência em calcário dos solos do Estado de S. Paulo, mediante correlação entre o pH e a porcentagem de saturação em bases. *Rev. de Agricultura* 30:49-60.
- 2 — FRANCO, C. M. & H. P. MEDINA, 1960 — Arrastamento de potássio e fósforo pela água de infiltração do solo. *Bragantia* 19: LXXII-LXXXVI.
- 3 — MALAVOLTA, E., F. PIMENTEL GOMES, 1958 — Estudos sobre a alimentação mineral do cafeeiro. I. Resultados preliminares E.S.A. «Luiz de Queiroz», Bol. 14.
- 4 — MENDES, H. C., 1960 — Nutrição do algodoeiro. II. Absorção mineral por plantas cultivadas em soluções nutritivas. *Bragantia* 19: 435-458.
- 5 — RANZANI, G., 1956 — Levantamento da carta de solos da Seção Técnica «Química Agrícola» da Esc. Super. de Agr. «Luiz de Queiroz», Tese de Livre Docência, 36 págs. mais Tabelas e diagramas.

