

1 — INTRODUÇÃO

Ocorreu, durante os anos de 1948, 1949 e 1951, na cultura do algodoeiro, em alguns pontos do Estado de São Paulo, principalmente em solos de baixa fertilidade ou não adubados convenientemente, um avermelhamento (vermelho púrpura) das folhas dessa malvacea, por ocasião da abertura das maçãs; houve, como consequência, um decréscimo de produção nas zonas agrícolas afetadas. As folhas de situação inferior eram atingidas em primeiro lugar e caíam prematuramente; além disso, muitas maçãs não se abriam e caíam.

As opiniões dos técnicos a respeito das causas dessa anomalia eram as mais variadas; assim, segundo uns, tratava-se de intenso ataque de pulgão; para outros, o mal seria de origem fisiológica, má nutrição devida à carência de um elemento útil (ABRÃO et al., 1951), o potássio — daí a denominação de "fome de potássio" (BEMELMANS, 1951); terceiros, opinaram pelas más condições climáticas (irregularidade na temperatura durante o ano agrícola e quedas pluviométricas de distribuição desordenada) determinando uma absorção insuficiente de potássio no momento preciso; para alguns poucos (nós inclusive) em vista da literatura consultada, era o magnésio o responsável pela ocorrência (ADAMS, 1950; COOPER and WALLACE, 1937; COOPER and DONALD, 1951; ECKSTEIN, 1937; MALAVOLTA, 1951); restava apenas a prova experimental, para confirmar ou não o nosso ponto de vista.

Procedemos, desde então, a vários ensaios, a saber :

- 1.o) Em vasos, com solo (terra roxa) da região afetada;
- 2.o) Em vasos, com solo, variando o fator água;
- 3.o) Em vasos, com areia pura, em solução nutritiva, em ausência de determinados elementos;
- 4.o) Análises das folhas de material colhido nas culturas do município de Piracicaba;
- 5.o) Ensaio de campo, em terra arenosa, com as variedades Texas, Express e I. A. 817.

O 5.o ensaio é o descrito no presente trabalho. Os quatro outros foram apresentados e discutidos em 2 reuniões da Secção Regional de São Paulo, da Sociedade Botânica do Brasil (COURY e RANZANI, 1951, 1952). As conclusões dos 4 primeiros ensaios podem ser resumidas no seguinte :

- a) o "vermelhão" típico (púrpura e não alaranjado) deve ser encarado como devido à carência de magnésio;

b) também ocorreu a carência de potássio cujos sintomas são os seguintes: coloração pardo-ferruginosa nas pontas e bordos das folhas, que secam a seguir; o fenómeno ocorre da periferia para o centro, enquanto que o vermelhão aparece, quasi que ao mesmo tempo, em toda a superficie foliar, com exclusão das nervuras;

c) embora admitida a pobreza, em certos solos, desses dois elementos (K e Mg), no solo estudado, parece ser a falta d'água em determinado período (abertura das maçãs) a causa precipua da não absorção daqueles catiônios e consequente falta dos mesmos na planta; assim, com 25% do poder de embebição os fenómenos de carência foram mais acentuados, sendo insignificantes com 50% e nulos com 75%;

d) a carência de magnésio foi mais pronunciada que a de potássio;

e) a análise das fôlhas (limbos e pecíolos), de material colhido no ano agrícola 51-52, no município de Piracicaba, na Fazenda "Vai e Vem" do sr. Alcides Morais Sampaio revelou (ver Quadro I) um decréscimo porcentual de magnésio e potássio das fôlhas, a partir das verdes para as vermelhas. Esse fato indica a carência desses catiônios, que migram das partes velhas para as novas.

QUADRO I — Análise das fôlhas

LIMBO	MgO %		K2O %	
	Cinzas	Mat. verde	Cinzas	Mat. verde
1) verde	22,4320	2,5361	17,8160	2,0142
2) pintado	18,3946	1,9680	17,0100	1,2801
3) verde-vermelho	17,3227	1,6835	13,7725	1,1744
4) vermelho	16,4532	1,3763	11,0901	1,0322
<i>Pecíolo</i>				
1) verde	20,7845	2,2301	27,5853	2,9599
2) pintado	17,0772	1,6614	27,3360	2,4848
3) verde-vermelho	16,3083	1,4134	22,5986	2,1066
4) vermelho	14,6771	1,2254	19,2666	1,6089

Se fome de potássio existiu, houve também, com idêntica ou maior intensidade a de magnésio, representada pelo vermelhão típico. Aliás, há certa confusão em torno do assunto: a carência de potássio é chamada pelos americanos "cotton rust" ou ferrugem, coloração pardo-ferruginosa nos bordos e pontas

das folhas que caminha da periferia para o centro, atingindo mesmo as nervuras; os sintomas de deficiência de magnésio são a coloração vermelho-púrpura, mantendo-se verdes as nervuras e o pecíolo. Acresce salientar ainda, a dificuldade da distinção entre o vermelho-púrpura e o vermelho-alaranjado, coloração que ocorre normalmente no algodoeiro no fim do ciclo; muito alarde se tem feito com a confusão proveniente destes dois tons vermelhos (púrpura e alaranjado) um devido à deficiência de magnésio e outro, fenômeno natural dessa malvacea.

O que é fora de dúvida é que os corretivos magnesianos e os adubos potássicos não podem ser esquecidos nessa cultura e os ensaios de campo dirão a última palavra. Assim sendo, iniciamos o experimento de campo descrito a seguir.

2 — MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi realizado no campo experimental da Secção Técnica de Química Agrícola, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, Estado de São Paulo. Trata-se de um solo arenoso, cujas características são as seguintes :

Em 100 g de T. F. S. A.	pH C % N % teor trocável em e. mg.	{ PO4— K + Ca + + Mg + + valor S	5,00	bem ácido
			0,820	teor baixo
			0,059	teor baixo
			0,140	teor médio
			0,040	teor baixo
			0,240	teor baixo
			0,200	(**)
			0,48	teor muito baixo

Os resultados acima representam a média de 5 determinações com variações mínimas. Como as diferentes variedades do algodão se comportam diferentemente em relação ao "vermelhão", foram ensaiadas três variedades mais comuns e recomendadas pela Secretaria da Agricultura do Estado, nos anos recentes. São elas :

- IA — 7387 — 24940 — Texas.
- IA — 7111 — 028 — 16824 — Express
- IA — 817 — Instituto Agronômico.

Os tratamentos foram os seguintes :

- 1 — N P Ca Mg (forma solúvel) — sem Potássio
- 2 — N P K Ca — sem magnésio
- 3 — N P K Ca Mg (forma solúvel) — completa
- 4 — N P K Ca Mg (foma pouco solúvel) — Completa.

(**) A Secção de Agrogeologia do Instituto Agronômico do Estado de São Paulo ainda não possui dados suficientes que permitam uma interpretação dos resultados analíticos do magnésio.

Um dos tratamentos deixou de receber o potássio com a finalidade de ficar evidenciado o papel do magnésio. Este, por sua vez, foi adicionado nas formas solúvel e pouco solúvel em dose 2,5 vezes maior na última; a primeira forma, foi constituída pelo sulfato de magnésio e a segunda pelo calcário dolomítico. Doses em cálcio, correspondentes à da dolomita, foram adicionadas aos outros tratamentos, como cal extinta, isenta de magnésio (ver Quadro II).

QUADRO II — Adubos usados

Adubos	% elem. ferti.	Dose p/ha. kg.	Dose p/canteiro g.	Dose p/sulco g.
Salitre do Chile	15% N	167	400	(50 (Fund.) (50 (Cobert.))
Torta Algodão	5% N	500	1200	300
Superfosfato	20% P ₂ O ₅	334	800	200
Fertifos	40% P ₂ O ₅	334	800	200
Sulf. Potássio	50% K ₂ O	167	400	100
Sulf. Magnésio	15% MgO	334	800	200
Dolomita	27% CaO; 18,8% MgO	665	1596	400
Cal extinta	36,5% CaO	490	1176	295

O salitre foi aplicado metade em cobertura 50 dias após o plantio.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, (A, B, C, D), com 4 repetições; tínhamos, portanto, 16 canteiros, com a distribuição segundo o esquema do Quadro III.

Os canteiros tiveram 4 x 6 m, com 4 linhas guardando o espaçamento de 1 m. A distância entre as plantas foi de 0,5 m, tendo, pois, cada linha, 12 covas, sendo conservadas por ocasião do desbaste, duas plantas para cada uma destas últimas. Tivemos assim, em cada canteiro, 48 covas. A semeadura foi feita na proporção de 8-10 sementes por cova. Entre os diversos canteiros foi guardada uma linha de proteção ou bordadura.

Por ocasião da colheita, foram tomadas amostras para análise, de folhas dos tratamentos 1 e 2, respectivamente, sem K e sem Mg, folhas que apresentavam colorações desde normal e "pardo ferruginoso do potássio" até o "vermelhão do algodoeiro"; os resultados analíticos serão apresentados em outra ocasião.

QUADRO — Esquema experimental

1	C	3	1	D	3
2		4	4		2
1	A	2	3	B	4
4		3	2		1

3. — RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Quadro IV dá as produções em kg de algodão, por caneteiro, das 3 variedades estudadas.

QUADRO IV — Resultados

Tratamento	Bloco A	Bloco B	Bloco C	Bloco D	Total
Texas (I.A. 7387-24949)					
1	3,155	3,215	3,200	3,195	12,765
2	3,460	3,325	3,390	3,400	13,575
3	4,180	4,005	3,955	4,110	16,250
4	4,005	4,090	3,980	3,905	15,980
Express (I.A. 7111-028-16.284)					
1	2,670	2,610	2,595	2,485	10,360
2	3,025	3,000	2,800	2,960	11,785
3	3,615	3,210	3,345	3,435	13,605
4	3,440	3,015	3,355	3,535	13,345
I.A. 817 (Campinas — I. Agr. E. S. Paulo)					
1	1,905	2,005	2,125	2,120	8,155
2	1,960	2,130	2,240	2,270	8,600
3	2,305	2,220	2,380	2,295	9,200
4	2,270	2,280	2,105	2,455	9,110

Obs.: A variedade I. A. 817 teve baixa produção, menor que as outras duas variedades, devido à maior ocorrência de vermelhão.

A análise estatística dos dados se acha resumida nos Quadros V, VI e VII. Nos três casos estudados o valor F mostra que houve diferença significativa entre os tratamentos. Fazendo um teste t para as médias achamos que: as maiores produções foram obtidas quando se usou o potássio combinado ao magnésio; as colheitas conseguida em ausência de potássio foram menores do que aquelas obtidas sem adicionar magnésio; em vista do resultado enunciado em primeiro lugar é, licito dizer que, uma vez garantido o nível necessário de potássio só é possível aumentar a produção adicionando-se magnésio; as formas solúvel (sulfato) e pouco solúvel de magnésio (calcário dolomítico) são praticamente equivalentes nos seus efeitos sobre as colheitas.

A ocorrência do "vermelhão" durante o ensaio se acha tabelada no Quadro VIII. Vê-se que o "vermelhão" ocorreu de modo marcante no tratamento sem magnésio. Por outro lado a variedade mais afetada foi a I. A. 817. Houve no tratamento 1 (sem K) aparecimento de sintomas característicos da falta de potássio.

QUADRO V — Análise estatística da variedade Texas

Origem da variação	Gráus de liberdade	Somas dos quadrados	Quadrados médios	F	Significância
Blocos	3	0,046	0,015	15	< 1%
Tratamen.	3	2,295	0,765	765	< 1%
Erro (por diferença)	9	0,012	0,001		
Total	15	2,353			

QUADRO VI — Análise estatística da variedade Express

Origem da variação	Gráus de liberdade	Somas dos quadrados	Quadrados médios	F	Significância
Blocos	3	0,139	0,046?	2,85	> 5% e < 10%
Tratamen.	3	1,727	0,5756	35,5	< 1%
Erro (por diferença)	9	0,146	0,016?		
Total	15	2,012			

QUADRO VII — Análise estatística da variedade I A.
817 (Campinas)

Origem da variação	Gráus de liberdade	Somas dos quadrados	Quadrados médios	F	Significância
Blocos	3	0,087	0,029	3,62	> 5% < 1%
Tratamen.	3	0,197	0,065	8,2	
Erro (por diferença)	9	0,072	0,008		
Total	15	0,357			

QUADRO VIII — Ocorrência do "vermelhão"

Variedade	Tratamento	Plantas com vermelhão
Texas	1 — NPCaMg sem K	32
	2 — NPKCa sem Mg	140
	3 — NPKCaMg (MgSO ₄)	8
	4 — NPKCaMg (Dolomita)	6
		186
Express	1 — NPCaMg sem K	28
	2 — NPKCa sem Mg	142
	3 — NPKCaMg (MgSO ₄)	7
	4 — NPKCaMg (Dolomita)	16
		195
I.A. 817	1 — NPCaMg sem K	26
	2 — NPKCa sem Mg	169
	3 — NPKCaMg (MgSO ₄)	9
	4 — NPKCaMg (Dolomita)	12
		216

4 — RESUMO E CONCLUSÕES

Ocorreu, durante os anos de 1948, 1949 e 1951, na cultura do algodoeiro, em alguns pontos do E. S. Paulo, um avermelhamento (vermelho púrpura) das folhas daquela malvacea, por ocasião da abertura das maçãs, provocando um decréscimo de produção.

As opiniões dos técnicos a respeito das causas dessa anomalia eram as mais variadas; assim, segundo uns, era causada pelo pulgão, outros achavam que era uma doença fisiológica a que chamaram "fóme de potássio", outros ainda que era devido ao clima irregular dos anos referidos (temperatura e quedas pluviométricas de distribuição desordenada); para alguns poucos (nós inclusive) a causa era a carência de magnésio.

Procedemos a vários ensaios desde então, a saber :

- 1) Em vasos, com solo (terra roxa) da região afetada;
- 2) Em vasos, com solo, variando o fator água;
- 3) Em vasos, com areia pura, em solução nutritiva, em ausência de determinados elementos;
- 4) Análises das folhas de material colhidos nas culturas do município de Piracicaba;
- 5) Ensaios de campo, em terra arenosa, com as variedades Texas, Express e I. A. 817.

Os 4 primeiros ensaios foram discutidos em 2 reuniões da Secção Regional de São Paulo, da Sociedade Botânica do Brasil.

Em relação ao ponto n. 5, foi feito um ensaio de campo com os seguintes tratamentos :

- Tratamento n. 1 — NPCaMg sem K — MgSO₄ + cal extinta
Tratamento n. 2 — NPKCa sem Mg — cal extinta
Tratamento n. 3 — NPKCaMg completa — MgSO₄ + cal extinta
Tratamento n. 4 — NPKCaMg completa — Dolomita

A forma de sulfato de magnésio empregada é solúvel, enquanto a dolomítica é pouco solúvel, razão pela qual foi empregada esta última em doses, 2,5 vezes maior de MgO.

Fez-se ainda a aplicação de torta de algodão (matéria orgânica) na base de 500 kg por hectare. O delineamento escolhido foi o de blocos ao acaso, com 4 repetições. Os resultados do último ensaio são expostos a seguir :

- a) A variedade I.A. 817 foi a mais afetada com sensível decréscimo de produção;
- b) A ocorrência de "vermelhão" nas variedades Texas e Express foi bem menor;
- c) Nos tratamentos empregados a maior ocorrência se deu nos sem magnésio (tratamento n. 2);

d) Nos tratamentos magnesianos a ocorrência foi quasi nula;

e) Não houve superioridade na produção da forma magnesiana de sulfato de magnésio sobre a forma de dolomita;

f) E' efetivamente o magnésio o responsável, nas condições dos ensaios, pelo aparecimento de "vermelhão"; e

g) No tratamento n. 1 (sem N) houve apreciável ocorrência de falta de potássio, com os sintomas típicos dessa carência.

Folhas foram colhidas dos tratamentos 1 e 2, respectivamente sem K e sem Mg, para análises, que se acham em andamento e cujos resultados apresentaremos em outro trabalho. Os ensaios de campo, a respeito do "vermelhão" continuarão.

5 — SUMMARY

In several cotton crops areas of the State of S. Paulo it was observed, during the years of 1948, 1949, and 1951, the appearance of a purple color of the leaves; the color appears in the opening of the bolls and was correlated with a decrease of production.

The opinions concerning the cause of such abnormality were very different and sometimes contradictory; certain investigators attributed the disease to insect attack, others to bad climatic conditions whereas others to a potassium deficiency now called "fome de potássio" (potash hunger); our ideas on the subject is another one. We think that the disease is caused by lack of a suitable supply of magnesium. This opinion is largely based on the syntomatology found in the literature.

To study the problem, several experiments were carried out, namely:

1. pot experiments using soil collected in areas where the disorder had appeared;
2. pot experiments controlling the water supply;
3. sand culture experiments omitting either potassium or magnesium;

4. leaf analysis of plant material collected throughout the Piracicaba County;

5. plot experiments with the varieties Texas, Express, and I.A. 817 Campinas.

The first four experiments were discussed elsewhere.

To study the point 5 an experiment was carried out, with the following treatments :

- 1 — NPKCaMg (no K added) — Mg supplied as MgSO₄ (a soluble form);
- 2 — NPKCa (no Mg added);
- 3 — NPKCaMg (complete) — Mg supplied as MgSO₄;
- 4 — NPKCaMg (complete) — Mg supplied as dolomitic limestone (a slightly soluble form) as a rate 2.5 higher than in the treatment 1 and 3.

Organic matter as cottonseed meal was applied in the proportion of 500 kg per hectare.

The experimental design was randomized blocks with 4 replications and the results can be summarized as follows :

5.1 the I.A 817 variety was the most strongly affected by the physiological disorder, with severe decrease in yield;

5.2. the disease occurred more frequently in the minus magnesium treatment;

5.3. dolomitic limestone is so effective as magnesium sulfate in the control of the disease as well in the raising of the yield;

5.4. in the minus K treatment it was observed a marked occurrence of the typical symptoms of potassium deficiency (cotton rust);

5.5. magnesium was actually, in the experimental conditions the responsible for the purple color (vermelhão) of the cotton leaves.

6 — BIBLIOGRAFIA CITADA

- 1) ABRÃO J., A. C. Andrade e A. A. Bitancourt. 1951 — O "vermelhão" ou "fome de potássio" do algodoeiro, um desequilíbrio fisiológico entre a folhagem e a frutificação. 2.º Congresso Latino Americano de Fitogeneticistas e Fitoparasitologistas — Piracicaba, Março.

- 2) ADAMS, J. E. 1950 — Advances in Agronomy. vol. II Cotton (I). Edited by A. G. Norman — N. York.
- 3) BEMELMANS, Jacques. 1952 — "A fome de potássio" — Bol. Sup. Serv. Tec. Café — Junho, n. 304.
- 4) COOPER, H. P. and R. W. Wallace. 1937 — Results from an experiment upon the use with cotton of various sources of potash salts with and without lime and magnesium sulfate. South Carolina Agr. Exp. Sta. Ann. Rpt. 50: 129-130.
- 5) COOPER, H. P. and Leroy Donald. 1951. Hunger sign in crops, pp. 135-170. Chap. V — Washington D. C.
- 6) COURY, T. e G. Ranzani. 1951 — Sintomas de carência de potássio e magnésio no algodoeiro — IV Reunião da Secção Regional de S. Paulo da Sociedade Botânica do Brasil — Piracicaba, Outubro.
- 7) ————— 1952 — Em torno da questão "o vermelhão do algodoeiro" — III Reunião Anual da Secção Regional de S. Paulo da Sociedade Botânica do Brasil — Piracicaba, Agosto.
- 8) ECKSTEIN, O., A. Bruno and J. Turrentine. 1937 — Potash deficiency symptoms. B. Westermann & Co., N. York.
- 9) MALAVOLTA, E. 1951 — Apontamentos de Química Agrícola, pp. 69-71. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (Mimeografado).